

# CONCRETO

& Construções



IBRACON  
Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XLI

71

JUL-SET • 2013

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

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

## PESQUISAS E INICIATIVAS NA CADEIA DO CONCRETO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

ROBERTO DE SOUZA:  
CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS  
EM ALTA

MANTENEDORES

INTERCEMENT INVESTE EM  
PESQUISAS PARA REDUZIR  
IMPACTO AMBIENTAL

MERCADO NACIONAL

CRESCIMENTO  
DAS CONSTRUÇÕES  
SUSTENTÁVEIS NO PAÍS

Esta edição é um oferecimento das seguintes Entidades e Empresas

 **Abcic**  
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto



 **ENGEMIX**  
Votorantim Cimentos



**GRACE**

 **Holcim**

 **ITAMBÉ**  
Cimento para toda vida.

**LENTON**

 **MEGA concreto**

 **CIMENTO NACIONAL**

 **SCHWING Stetter**



 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO

 **T & A**  
PRÉ-FABRICADOS

 **Yiapol**  
Impregnações  
Nessa marca e proteger sua obra.

 **WCH**  
Consultoria, Equipamentos para Pré-Moldados

# Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**

DE 29 DE OUTUBRO  
A 1º DE NOVEMBRO

2013

Centro de Eventos  
ExpoGramado

Gramado | Rio Grande do Sul

55º Congresso  
Brasileiro  
do Concreto

GRAMADO | RS

INSCRIÇÕES ABERTAS!

#### TEMAS

- Gestão e Normalização
- Materiais e Propriedades
- Projeto de Estruturas
- Métodos Construtivos
- Análise Estrutural
- Materiais e Produtos Específicos
- Sistemas Construtivos Específicos
- Sustentabilidade

#### CURSOS

##### PROGRAMA MASTER PEC

- Concreto reforçado com fibra (Ravindra Gettu e Antonio Figueiredo)
- Estruturas pré-fabricadas de concreto (Carlos Franco e Íria Doniak)
- Projeto e Execução de Radier (Fábio Albino de Souza)
- Tecnologia de aditivos e adições para concreto (Genidésio Santos)

#### IX FEIRA BRASILEIRA DAS CONSTRUÇÕES EM CONCRETO

#### PALESTRANTES CONFIRMADOS

- Alberto Delgado Quiñones (Tecnosil Materiais de Construção)
- Alio Kimura (TQS Informática)
- Borge Johannes Wigum (Universidade de Ciência e Tecnologia da Noruega)
- Dan Frangopol (Universidade Lehigh, EUA)
- Fábio Biondini (Escola Politécnica de Milano, Itália)
- Sérgio Hampshire (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
- Suely Bueno (Abece)
- Ravindra Gettu (Instituto Indiano de Tecnologia)
- Ruy Oyamada (Outec Engenharia)

#### EVENTOS PARALELOS

- III Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária e Rodoviária
- Seminário de Sustentabilidade



#### ESTANDES E PATROCÍNIOS

Arlene Lima  
Tel.: 11 3735-0202 | arlene@ibracon.org.br

#### REALIZAÇÃO



www.ibracon.org.br  
facebook.com/ibraconOffice  
twitter.com/ibraconOffice

#### APOIO



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

## ADITIVOS



## RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

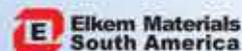


Claver Reinforcement Brasil

## ARMADURA



## ADIÇÕES



## EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Estrada



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



Sua Universidade Completa. Sua Carreira

## JUNTAS



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



# JUNTE-SE A ELAS

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

## PRÉ-FABRICADOS



## FORMAS



## CONSTRUTORAS



## CIMENTO



## AGREGADOS



## CONCRETO



## GOVERNO





**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**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE**  
José Marques Filho

**DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE**  
Julio Timerman

**DIRETOR 1º SECRETÁRIO**  
Antonio Domingues de Figueiredo

**DIRETOR 2º SECRETÁRIO**  
José Tadeu Balbo

**DIRETOR 1º TESOUREIRO**  
Claudio Sbrighi Neto

**DIRETOR 2º TESOUREIRO**  
Carlos José Massucato

**DIRETOR TÉCNICO**  
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

**DIRETOR DE EVENTOS**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**  
Ana Elisabete Paganelli Guimaraes A. Jacintho

**DIRETOR DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA**  
Hugo da Costa Rodrigues Filho

**DIRETOR DE MARKETING**  
Ricardo Lessa

**DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS**  
Arcindo Vaquero Y Mayor

**DIRETOR DE CURSOS**  
Iria Licia Oliva Doniak

**DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA**  
Roseni Cezimbra



**CRÉDITOS CAPA**  
EcoBERRINI (SP)  
GBC BRASIL

## seções

- 7 Editorial
- 8 Coluna Institucional
- 9 Converse com IBRACON
- 10 Encontros e Notícias
- 21 Personalidade Entrevistada: Roberto de Souza
- 37 Mercado Nacional
- 82 Mantenedor
- 91 Entidades da Cadeia
- 95 Acontece nas Regionais
- 100 Agenda de Eventos



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

ISSN 1809-7197  
Tiragem desta edição: 5.500 exemplares  
Publicação Trimestral distribuída gratuitamente aos associados

JORNALISTA RESPONSÁVEL  
Fábio Luis Pedroso - MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO  
Arlene Regnier de Lima Ferreira  
arlene@ibracon.org.br  
Hugo Rodrigues  
hugo.rodrigues@abcp.org.br

PROJETO GRÁFICO E DTP  
Gill Pereira  
gill@elementto-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO  
office@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora  
Preço: R\$ 12,00  
As ideias emitidas pelos entrevistados ou em artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não expressam, necessariamente, a opinião do Instituto.

Copyright 2013 IBRACON.  
Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL  
■ Paulo Helene  
(PhD, ALCONPAT, EPUSP)

COMITÊ EDITORIAL - MEMBROS  
■ Arnaldo Forti Battagin  
(cimento & sustentabilidade)  
■ Eduardo Barros Millen  
(protendido)  
■ Guilherme Parsekian  
(alvenaria estrutural)  
■ Inês Laranjeira da Silva Battagin  
(normalização)  
■ Iria Licia Oliva Doniak  
(prefabricados)  
■ José Tadeu Balbo  
(ensino)  
■ Julio Timerman  
(pontes)  
■ Nelson Covas  
(informática no cálculo estrutural)  
■ Ronaldo Vizzoni  
(pavimentação)  
■ Setmo Chapira Kuperman  
(barragens)  
■ Suely Bacchereti Bueno  
(cálculo estrutural)



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

## OBRAS EMBLEMÁTICAS

29 Edifício Harmonia 57 – sistema integrado de manejo de água

## PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

- 41 Aproveitamento dos resíduos de concreiteira
- 46 Concreto autoadensável com resíduos industriais
- 53 Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento
- 60 Argamassas fotocatalíticas com titânia para redução de óxidos de nitrogênio
- 67 Estudo de caso da captura de CO<sub>2</sub> pelo concreto por carbonatação
- 74 Avaliação do Ciclo de Vida aplicada às estruturas de concreto

## ESTRUTURAS EM DETALHES

84 Falhas decorrentes de incompatibilização de projetos

## NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

93 Projeto de revisão da ABNT NBR 6118/2013





## Prestando contas

**A**o final de nossa gestão à frente do Instituto Brasileiro do Concreto no período de 2011 a 2013, é importante prestar contas aos nossos associados sobre as diversas atividades desenvolvidas. Antes de mais nada, gostaria de agradecer o apoio e o trabalho voluntário e abnegado dos nossos diretores, que, diante de suas possibilidades, doaram seu precioso tempo e prestígio ao nosso Instituto. Sem eles, seria impossível alcançarmos as realizações dos últimos anos. Um agradecimento especial também deve ser estendido aos nossos funcionários e secretarias pela sua dedicação e motivação no desenvolvimento de suas atividades.

Podemos iniciar o nosso relato pela própria Revista Concreto & Construções. Ela foi totalmente reformulada e sua qualidade editorial avançou bastante com o apoio dos seus oferecedores. O trabalho incansável do nosso Diretor de Publicações (Eng. Hugo Rodrigues) e do Presidente do Comitê Editorial (Prof. Paulo Helene) foi imprescindível para evolução alcançada.

Também avançamos bastante na reorganização dos nossos cursos e dos nossos comitês técnicos. Neste sentido, o apoio e a competência das Diretorias Técnica (Eng<sup>a</sup> Inês Battagin) e de Cursos (Eng<sup>a</sup> Íria Doniak) têm sido

fundamentais para o IBRACON. Certamente, as sementes que foram lançadas neste período frutificarão com vigor nos próximos anos, trazendo importantes conquistas para nosso Instituto. Cabe aqui ressaltar o trabalho da nossa Diretoria de Certificação (Eng<sup>a</sup> Roseni Cezimbra), que tem promovido uma ampla reorganização interna de nosso programa de certificação e qualificação de mão de obra. Um setor vital para o IBRACON e para o nosso país.

Não podemos esquecer da dedicação do nosso Diretor de Eventos (Eng. Luiz Prado) e todos os membros dos comitês científico e organizador do nosso Congresso Brasileiro do Concreto. Nosso congresso chega à sua 55<sup>a</sup> edição, sempre trazendo recordes de participação e novidades nas competições estudantis e nos cursos técnicos oferecidos durante sua realização. O evento em Gramado não será diferente. Aproveitamos para agradecer o apoio da nossa Regional do Rio Grande do Sul, liderada pelo competente Prof. Bernardo Tutikian, pelo oferecimento de mais uma etapa do nosso evento. E já podemos ir nos programando para o próximo ano em Natal. Em 2014, retornamos com toda garra ao Nordeste do Brasil.

Nossas finanças estão sob controle, sempre administradas de forma competente e regrada pelos nossos Diretores Tesoureiros (Eng. Cláudio Sbrighi e Carlos Massucato). A eles, nosso reconhecimento pelo excelente trabalho realizado ao longo dos últimos anos. O IBRACON só é viável graças ao seu trabalho transparente e preciso. O mesmo pode ser estendido para o trabalho feito pelo Prof. José Luiz Antunes de Oliveira e Souza, editor da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (Riem), agora indexada na base Scielo, e pelo Eng. Julio Timerman, que encampou e participa das atividades do Programa de Certificação e Qualificação de Pessoal do IBRACON.

Temos procurado divulgar as atividades do IBRACON cada vez mais por meio de cooperação com nossos associados mantenedores e coletivos e também com nossas entidades parceiras. Cabe destacar, neste sentido, o apoio da ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), da ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem), da SOBRATEMA (Associação Brasileira de Tecnologia para a Construção e Mineração), da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), da ABMS (Associação Brasileira de Mecânica dos Solos) e do CBT (Comitê Brasileiro de Túneis), da ABPE (Associação Brasileira de Pontes e Estruturas), e tantas outras, que nos possibilitaram participar e apoiar importantes eventos para o nosso setor ao longo deste ano. Dentre eles, cabe destacar a Road Expo, a Construction Expo e o Concrete Show. Em todos eles, o IBRACON procurou estar presente para divulgar o Concreto por meio dos nossos livros e revistas, dos nossos cursos e nossas atividades técnicas de normalização e certificação. Também em relação ao trabalho de divulgação, temos procurado reestruturar e valorizar o trabalho de nossas Regionais. Foram introduzidas novas regras de gestão por meio de planos de atividades e relatórios anuais e também lançamos o nosso Kit Regional, com material de apoio para os dirigentes locais. Com isso, temos procurado incentivar cada vez mais o desenvolvimento de atividades locais por meio de workshops, de cursos e qualificação de mão de obra. Exemplos disso são as novas administrações à frente das Regionais do Rio de Janeiro e do Pará.

Contudo, o IBRACON tem muito mais a realizar e conquistar no futuro. Estou certo que, com o trabalho dedicado de nossos diretores e do apoio incondicional dos nossos associados e parceiros, teremos importantes realizações futuras no nosso incansável trabalho para o aprimoramento do CONCRETO e da cadeia da Construção no nosso país.

Meu sincero agradecimento a todos que me auxiliaram a doar minha singela contribuição neste sentido como seu Presidente. Para mim, tem sido uma honra participar do crescimento e fortalecimento do nosso Instituto Brasileiro do Concreto!

**Túlio N. Bittencourt**

PRESIDENTE DO IBRACON E PROFESSOR DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP •

# Um congresso inesquecível

O 55º Congresso Brasileiro do Concreto (CBC) tem tudo para ser lembrado pelos participantes por longos anos, não apenas pelo reencontro dos amigos, pela alegria e disposição dos alunos nos concursos estudantis, pela qualidade dos artigos e das apresentações. Como ocorre tradicionalmente, o Conselho do IBRACON elegeu para a realização do próximo CBC um local aprazível, repleto de atrações turísticas, para unir o útil ao agradável.



Sob a bandeira “Ações concretas para o futuro da construção em concreto no Brasil”, são esperados cerca de 1.200 participantes nos debates, naquele que é o maior fórum técnico anual dedicado ao concreto.

Os congressos do IBRACON a cada ano suplantam as expectativas dos organizadores. Um exemplo digno de menção é a quantidade de resumos e artigos. Neste ano, foram submetidos mais de 1000 resumos e mais de 500 artigos. Para analisá-los, é preciso contar com a colaboração de mais de 70 professores e especialistas, que dedicam boa parte de seu tempo livre nas revisões. Estes profissionais são os verdadeiros “carregadores de piano” do CBC.

Como convidados para as palestras, destacam-se os professores Ravindra Gettu, Dan Frangopol e Sergio Hampshire, bastante conhecidos dos frequentadores dos CBC's, além dos professores Alberto Quiñones, da Espanha, Borge Wigum, da Noruega e Fabio Biondini, da Itália, Rui Oyamada e Suely Bueno, o que, no mínimo, garante apresentações técnicas interessantes. Por exemplo, serão abordados assuntos como a nova NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto, Reação Álcali-Agregado, Segurança e Manutenção de Pontes e Nanossílica, entre outros.

Os já tradicionais Seminários de Sustentabilidade, das Grandes Construções e o Simpósio de Infraestrutura enfatizam assuntos e obras de grande relevância e envergadura, tais como: os recentes projetos de usinas hidrelétricas em construção, pela Camargo Correa, e o Terminal de Contêineres da Embraport, pela Odebrecht.

Este ano serão ministrados quatro cursos: “Concreto Reforçado com Fibras” pela RILEM, “Tecnologia de Aditi-

vos e Adições para Concreto”, “Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto” e “Projeto e Execução de Radier”.

Serão levados a cabo os divertidos concursos estudantis, que trazem alegria e jovialidade ao evento. O lado gastronômico também não foi descuidado e, já que estaremos em um local famoso pelas suas delícias, foi selecionado o melhor da região.

Mas a escolha de Gramado se pautou, também, pelos aspectos turísticos das Serras Gaúchas, para entre-

ter os acompanhantes e os congressistas. As Serras Gaúchas se dividem em três regiões culturais: a Região Gaúcha, a Alemã e a Italiana. Gramado encontra-se na Região Gaúcha, que foi a única região das serras que não sofreu a influência dos imigrantes europeus e a cultura gaúcha permanece predominante, se assemelhando à região dos pampas. Em cidades próximas, as fábricas de couro e características gaúchas, como a criação de gado e a vida no campo são marcantes, completadas pela paisagem, formada pelos cânions de Itaimbenzinho, Fortaleza e Malacara. Uma visita à Cascata do Caracol, em Canela, é um programa imperdível.

Gramado possui muitas atrações, destacando-se dentre elas um sem número de museus, tais como o Museu do Chocolate, o Museu de Minerais e Pedras Preciosas, o Museu do Perfume, o Museu de Cera e, até mesmo, um museu dedicado a carros antigos, o Hollywood Dream Cars. A Casa do Colono recria o estilo de vida dos primeiros gaúchos na região. No Parque Knorr, no centro da cidade, pode-se visitar a primeira casa da região em estilo bávaro, totalmente decorada com motivos natalinos. O Mini Mundo é a “filial” da Legoland da Dinamarca, no Brasil.

Finalmente, os congressistas poderão participar do famoso “Natal Luz” de Gramado, que tem seu início em 1º de novembro.

De fato será difícil esquecer o 55º CBC!

**Luiz Prado Vieira Júnior**  
DIRETOR DE EVENTOS DO IBRACON ●

# CONVERSE COM O IBRACON

PESQUISA SOBRE PROCESSOS VERBAIS NOS CAPÍTULOS DO LIVRO “CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA”

Caro Geraldo,

Tenho a satisfação de comunicar que o primeiro artigo resultante da primeira etapa da pesquisa linguística com os capítulos do livro “Concreto: ciência e tecnologia” está publicado na revista D.E.L.T.A., um importante periódico na área de Linguística no Brasil. O artigo está disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/delta/v28nspe/a03v28nspe.pdf>

No projeto de pesquisa, investigo aspectos da linguagem em uso em contextos específicos, sob a perspectiva de uma teoria chamada Linguística Sistêmico-Funcional. Várias pesquisas estão sendo realizadas com diferentes “corpora”: notícias, reportagens e artigos científicos de diferentes áreas (Economia, Administração, Química, Letras). A revisão dos capítulos do referido livro despertou-me o interesse em investigar aspectos

da língua portuguesa na escrita da área de Engenharia. Percebi alguns usos de verbos e estruturas léxico-gramaticais bastante interessantes na escrita dos engenheiros. Estamos buscando compreender como a linguagem é usada nas diferentes áreas do conhecimento e profissões, a fim de poder colaborar na orientação do processo de produção textual nas diferentes áreas.

A pesquisa prossegue e, em breve, mais artigos poderão vir a ser disponibilizados à comunidade científica da área de Letras e de outras áreas interessadas em estudos da linguagem. Agradeço mais uma vez a disponibilização dos arquivos que serviram de “corpus” para essa pesquisa.

Atenciosamente,

CRISTIANE FUZER – PROFESSORA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Olá Cris,

Meus parabéns, li o teu artigo e

gostei muito apesar do texto conter muitos jargões que não são da área de engenharia, mas deu para compreender bem o contexto deste primeiro texto. É muito interessante essa análise que fizeste o que dá para perceber realmente o tipo de linguagem de comando que utilizamos (estabelecer, recomendar ....) porque, a maioria como pesquisadores e professores, devem seguir as normas e os regulamentos que enquadram cada tema.

Mantenha-me informado dos próximos artigos.

Mais uma te felicito pelo artigo publicado em periódico classificado como Qualis A1 pela CAPES na área de Linguística, o que para nós, da Engenharias I, nem sempre é fácil.

Grande abraço,

Geraldo Cechella Isaia Professor na Universidade de Santa Maria e editor do livro “Concreto: ciência e tecnologia”

## REGISTRO

PRESIDENTE DO IBRACON FALA DO PROBLEMA DA FALTA DE INFORMAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DE OBRAS DE ARTE NO PAÍS

O presidente do IBRACON, Prof. Túlio Bittencourt, em entrevista na edição 39 da Revista Grandes Construções, abordou o tema da recuperação de pontes e viadutos e da importância em se conservar o patrimônio público.

Na entrevista, Bittencourt destacou a dificuldade em se recuperar a história das pontes e viadutos no país, de se ter acesso aos projetos estruturais originais, bem como a dificuldade em saber como essas estruturas foram construídas e usadas ao longo de seu tempo de vida.

Com isso, concluiu que “se não tivermos informações detalhadas sobre como elas (pontes e viadutos) foram concebidas e deterioradas ao longo do tempo, nosso esforço para conservá-las e reabilitá-las será sempre muito maior”.

Túlio alertou também para o problema da fadiga na maioria das pontes e viadutos nacionais em razão de sua idade avançada.

A entrevista na íntegra foi gravada e veiculada no Construção Hoje Notícias e pode ser acessada no link [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=E8K8gxXpn4g](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=E8K8gxXpn4g).

➤ Cursos

## Cálculo de pilares de concreto armado

- ➔ **Palestrante:** Alio Ernesto Kimura (TQS Informática)
- ➔ **Datas:** 13 e 14 de setembro
- ➔ **Local:** Federação do Comércio de Brasília – DF
- ➔ **Carga horária:** 16 horas
- ➔ **Promoção:** ABECE

O curso aborda os principais aspectos teóricos do cálculo de pilares de concreto armado de forma prática, principalmente no que se refere à análise das imperfeições geométricas e dos efeitos de segunda ordem.

## Projeto de estruturas de concreto com o auxílio de modelos de bielas e tirantes

O curso visa contribuir para a difusão de modelos de bielas e tirantes no dia a dia de projeto, com o intuito de mostrar ao engenheiro que o dimensionamento e o detalhamento das estruturas de concreto podem ser feitos de forma simples e racional, em substituição às abordagens empíricas.

- ➔ **Palestrante:** Daniel Miranda dos Santos (EGT Engenharia)
- ➔ **Datas:** 27 e 28 de setembro
- ➔ **Local:** ABECE São Paulo – SP
- ➔ **Carga horária:** 12 horas
- ➔ **Promoção:** ABECE

## A INDÚSTRIA DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NO BRASIL TEM VIABILIZADO IMPORTANTES PROJETOS.



**As vantagens deste sistema construtivo, presente no Brasil há mais de 50 anos:**

- Eficiência Estrutural;
- Flexibilidade Arquitetônica;
- Versatilidade no uso;
- Conformidade com requisitos estabelecidos em normas técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas);
- Velocidade de Construção;
- Uso racional de recursos e menor impacto ambiental.

CONHEÇA NOSSAS AÇÕES INSTITUCIONAIS E AS EMPRESAS ASSOCIADAS.

## Projeto de pisos industriais

O curso apresenta o estudo de dosagem do concreto para pisos, os principais aspectos de dimensionamento e caracterização dos pisos de concreto, a normalização brasileira sobre revestimentos de alto desempenho, as principais patologias dos revestimentos de alto desempenho, os tipos de revestimento e o tratamento de juntas.

- **Palestrantes:** Eng. Danilo de Oliveira da Silva (Sika), Eng. Geniclécio Santos (Sika) e Eng. Eduardo Tartuce (MixDesign)
- **Data:** 26 de Setembro
- **Local:** Rio de Janeiro - RJ
- **Carga horária:** 9 horas
- **Promoção:** IBRACON

## Pré-fabricados de concreto: uma abordagem completa da fábrica aos canteiros de obras

- **Palestrante:** Carlos Franco (CAL-FAC Consultoria e Engenharia)
- **Data:** 8 de Outubro → **Local:** Brasília - DF
- **Data:** 12 de Novembro → **Local:** Recife - PE
- **Data:** 19 de Novembro → **Local:** Campinas - SP
- **Carga horária:** 8 horas
- **Promoção:** Abcic

O curso mostra uma visão sistêmica do processo construtivo com pré-fabricados de concreto: projeto, produção, montagem e suas interfaces, controle de qualidade, normalização, Selo de Excelência Abcic, sustentabilidade e BIM (*Building Information Modeling*).



# 35 anos de trabalho, dedicação e desenvolvimento nos serviços de concretagem

As associadas da ABESC oferecem serviços de concretagem diferenciados, químicos para construção, equipamentos para transporte, mistura e lançamento de concreto, sempre com foco na:

- Rígida observância das Normas Técnicas
- Garantia e Certificação da Resistência do Concreto
- Economia e produtividade resultante da prestação de Serviços em grande escala
- Preparação de concretos especiais, bombeáveis, auto adensáveis sem mão de obra, para paredes de concreto, fundações, hélice contínua, pisos industriais, permeáveis e sustentáveis, urbanos, rodoviários e muito mais, inclusive com a instalação de Centrais em canteiros de obra.

Consulte nossas associadas: [www.abesc.org.br](http://www.abesc.org.br)  
[abesc@abesc.org.br](mailto:abesc@abesc.org.br) - tel. 11 - 3709-3466



➤ Cursos

## Inovações em Sistemas de Impermeabilização

Curso oferece visão geral da impermeabilização e apresenta as membranas líquidas de poliuretano, as membranas líquidas de poliureia, as mantas de PVC e TPO e o tratamento de fissuras com sistemas de injeção.

- ➔ **Palestrantes:** Eng. Romeu Martinelli (Sika) e Sérgio Cardoso Pousa (Proiso Projetos e Consultoria)
- ➔ **Data:** 10 de Outubro
- ➔ **Local:** Rio de Janeiro - RJ
- ➔ **Carga horária:** 8 horas
- ➔ **Promoção:** IBRACON

## Inovações em sistemas de recuperação de estruturas

- ➔ **Palestrante:** Eng. Michel Haddad (Sika)
- ➔ **Data:** 24 de Outubro
- ➔ **Local:** Recife - PE
- ➔ **Carga horária:** 9 horas
- ➔ **Promoção:** IBRACON

Curso aborda os aspectos de durabilidade no contexto da NBR 6118 e da EN 1504, os principais avanços no estudo da corrosão de armaduras em estruturas de concreto, os inibidores de corrosão, a proteção catódica, a ancoragem e colagem estrutural, as argamassas e grautes especiais, os sistemas de proteção para estruturas de concreto e o reforço de estruturas com sistemas compósitos de fibras de carbono.

**CIMENTO NACIONAL.**  
O CIMENTO COM A FORÇA DO BRASIL  
É SEMPRE UMA GARANTIA DE  
QUALIDADE NA SUA OBRA.



O **Cimento Nacional** tem maior rendimento na aplicação, com grande aderência, alta resistência, qualidade constante e uniforme. É cimento forte, moderno, de alta tecnologia, com a tradição do **Grupo Ricardo Brennand**.

Com o **Cimento Nacional** você tem qualidade superior e alta performance em todo tipo de aplicação.

[www.cimentonacional.com.br](http://www.cimentonacional.com.br)  
CAC - 0800 201 0021

**QUALIDADE  
BRENNAND  
CIMENTOS**



- Palestrante: Eng. Genicléio Santos (Sika)
- Data: 18 de Outubro → Local: Rio de Janeiro - RJ
- Data: 30 de Outubro → Local: Gramado - RS (durante o 55º Congresso Brasileiro do Concreto)
- Carga horária: 8 horas
- Promoção: IBRACON

## Tecnologia de Aditivos e Adições para Concreto

O curso aborda o histórico da aplicação de aditivos e adições para concreto, a normalização nacional e internacional sobre aditivos e adições, os tipos de aditivos, os tipos de adições e estudos de caso.

## Concreto reforçado com fibras

O curso apresenta uma breve história do concreto reforçado com fibras, os conceitos básicos de fibras, da interação fibra-matriz, dos compósitos e seu comportamento, os métodos de ensaio, os métodos de dosagem, as aplicações e as novas tendências.

- Palestrantes: Antonio Figueiredo (Escola Politécnica da USP) e Ravindra Gettu (Instituto Indiano de Tecnologia)
- Dados: 29 e 30 de Outubro
- Local: Gramado - RS (durante o 55º Congresso Brasileiro do Concreto)
- Carga horária: 10 horas
- Promoção: IBRACON

- Palestrantes: Íria Doniak (Abcic) e Carlos Franco (CAL-FAC Consultoria e Engenharia)
- Data: 31 de Outubro
- Local: Gramado - RS (durante o 55º Congresso Brasileiro do Concreto)
- Carga horária: 8 horas
- Promoção: IBRACON

## Estruturas pré-fabricadas de concreto

O curso oferece uma visão sistêmica do sistema construtivo com pré-fabricados de concreto: considerações sobre projeto, normalização, logística, controle de qualidade, tecnologia e aplicações.

# Soluções completas que constroem o Brasil do futuro

### A Votorantim Cimentos oferece soluções completas para todas as etapas de sua obra!

Com o maior portfólio de produtos e serviços para construção civil, a Votorantim Cimentos oferece cimento, concreto, argamassas, britas e areia, atendendo com excelência às mais exigentes obras e clientes espalhados pelo Brasil.

CONSTRUIR É REALIZAR.



0800 7019898  
[www.mapadaobra.com.br](http://www.mapadaobra.com.br)



➤ Cursos

## Projeto e Execução de Radier

O curso introduz os conceitos e a origem do termo “radier”, bem como apresenta noções básicas sobre o concreto, os tipos de solo e de aço, os projetos para laje sobre solos, o método de elementos finitos, ensaio CBR, ensaio de Proctor, cálculo do módulo de reação do subleito, a metodologia de cálculo de laje de concreto simples, armado e protendido sobre solo e sua análise estrutural, além da execução do radier.

- ➔ **Palestrante:** Fábio Albino de Souza (EBPX)
- ➔ **Data:** 1 de Outubro ➔ **Local:** Gramado – RS (durante o 55º Congresso Brasileiro do Concreto)
- ➔ **Carga horária:** 8 horas
- ➔ **Promoção:** IBRACON

## Intensivo de tecnologia básica do concreto

- ➔ **Palestrantes:** Rubens Curti (ABCP) e Flávio André da Cunha Munhoz (ABCP)
- ➔ **Data:** 19 a 21 de Novembro
- ➔ **Local:** ABCP, São Paulo – SP
- ➔ **Carga horária:** 18 horas
- ➔ **Promoção:** ABCP

O curso apresenta os conhecimentos sobre os materiais constituintes do concreto, suas propriedades, dosagem, produção, transporte, aplicação, controle tecnológico e critérios de aceitação, com vistas a tirar o maior proveito dos benefícios desse material.

# consultoria e projetos estruturais



*viabilização de tráfego de cargas especiais*

*recuperação e reforço de edificações*



*adequação funcional de obras de arte*

*projetos de obras de arte*



*soluções de qualidade*

## A técnica de edificar – 12ª edição

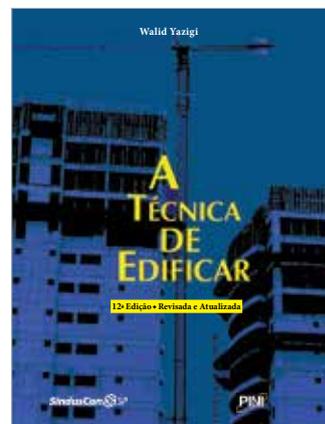
→ Autor: Walid Yazigi → Editora: PINI

Com o objetivo de auxiliar o construtor ao alcançar a qualidade total, exigência que vem crescendo em função da competitividade do mercado imobiliário brasileiro e do Código de Defesa do Consumidor, a obra traz um enfoque exaustivo da técnica de construir edifícios.

Destinado a estudantes de engenharia, arquitetura e tecnologia e aos profissionais do setor de edificações, o trabalho abrange todas as áreas da construção de edifícios de médio porte, desde levantamento topográfico do terreno até gestão da manutenção da edificação.

Muitas das informações no livro foram extraídas do Manual de Normas Recomendadas para o Canteiro e Especificações para Obras, da construtora do autor, responsável pela construção de mais de 5000 moradias e 100 obras, entre prédios de escritórios e industriais, hospitais e shopping centers.

→ Informações: [www.pini.com.br](http://www.pini.com.br)



## Tecnologia do Concreto – 2ª edição

→ Autores: A.M. Neville e J.J. Brooks → Tradutor: Ruy Alberto Cremonini → Editora: Bookman

Este livro apresenta todos os aspectos da tecnologia do concreto: o concreto como material estrutural; o cimento; os agregados; a qualidade da água para amassamento e cura; a dosagem; o concreto fresco; a resistência do concreto e as outras propriedades mecânicas; a elasticidade e fluência; a deformação e fissuração sem carregamento; a permeabilidade e durabilidade; a resistência ao gelo-degelo; a mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto; os aditivos; os problemas de temperatura em concretagem; a cura; os concretos especiais; entre outros. “Obra atual, original e completa, que apresenta de forma clara os conceitos e princípios básicos para o bom conhecimento e uso do concreto em estruturas, com segurança, durabilidade e sustentabilidade”, opina o Prof. Paulo Helene sobre a obra.

→ Informações: [www.grupoa.com.br](http://www.grupoa.com.br)

## LENTON® Concrete Reinforcement Products

A ERICO oferece uma linha completa para conexão de barras para sistemas de concreto armado. Os engenheiros da ERICO possuem experiência e recursos necessários para ajudá-lo a selecionar a solução mais adequada para uma variedade de aplicações.

- **Produtos Desenvolvidos com Alta Qualidade**
- **Desempenho Testado e Aprovado**
- **Suporte Especializado – Projeto e Aplicação**
- **Atende ou Excede Requisitos das Normas Brasileiras e Internacionais**



- 1 LENTON® TERMINATOR
- 2 LENTON® QUICK WEDGE
- 3 CADWELD®
- 4 LENTON® INTERLOK
- 5 LENTON® Taper Threaded Couplers
- 6 LENTON® SPEED SLEEVE
- 7 LENTON® FORM SAVER
- 8 LENTON® LOCK



➤ Livros

## Mãos a obra pro

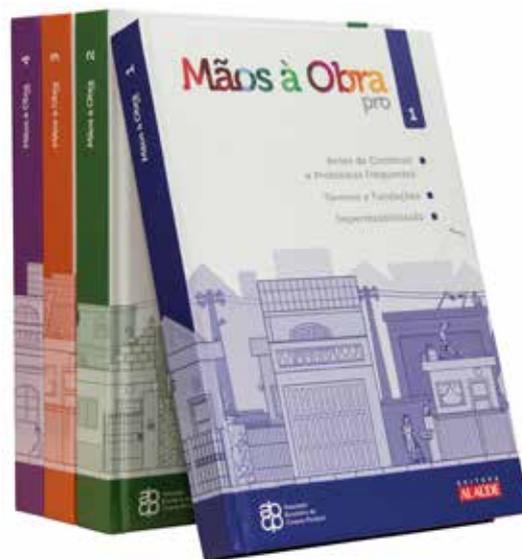
➔ **Editora:** Alaúde

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), com o apoio de dezoito entidades e especialistas do setor da construção civil, desenvolveu o Guia Mãos a obra pro, que explica o passo a passo das etapas de construção e reforma de uma residência, desde as fundações à cobertura, passando por pisos, revestimento e tubulações elétricas e hidráulicas.

Em quatro volumes, a obra aborda os conceitos básicos dos sistemas construtivos, ressaltando sua importância no conjunto de toda a construção, e apresenta orientações sobre quantificação, planejamento e execução, a fim de auxiliar o dimensionamento correto dos serviços e a boa realização da obra.

Escrito com colaboração de 50 especialistas, o guia reúne informações para ajudar o profissional a aplicar a boa técnica, reduzir o desperdício nas obras e contribuir para a construção de moradias com mais qualidade.

➔ **Informações:** [www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)



**Especialista** em produtos químicos para construção e materiais para impermeabilização, a Grace Construction Products produz soluções e tecnologias inovadoras para mercados globais.

**Linha de Produtos:**

- Aditivos para Concreto.
- Aditivos para Cimento.
- Sistemas para Impermeabilizações e
- Barreiras de Ar e Vapor.

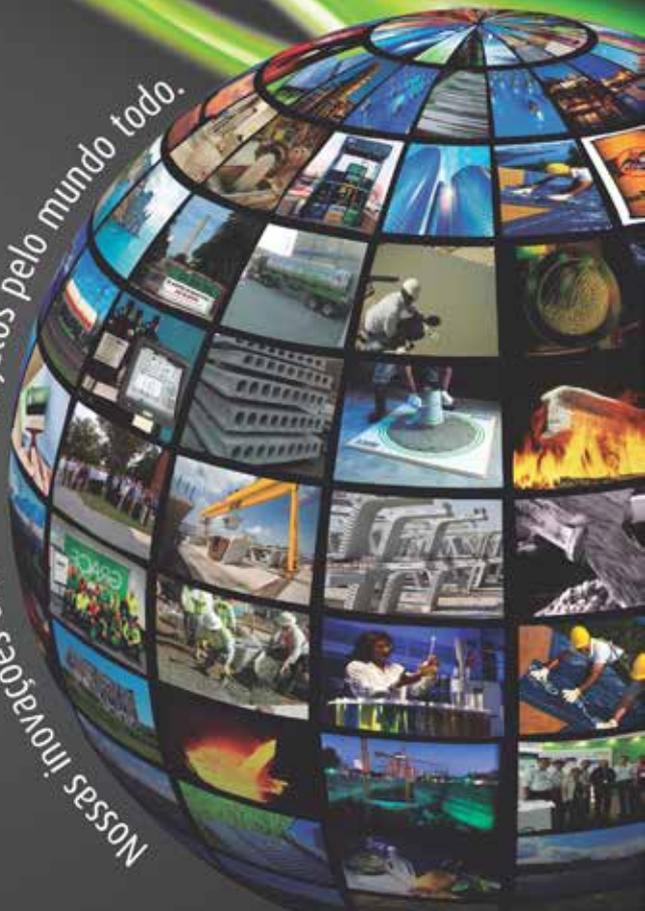


- Unidade Recife
- Unidade Bahia
- Unidade Rio de Janeiro
- Unidade São Paulo



[www.grace.com](http://www.grace.com)

Nossas inovações concretizam projetos pelo mundo todo.



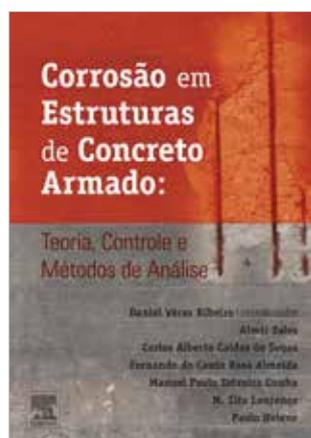
# Guia Metodológico para inventário de emissões de gases de efeito estufa na construção civil – setor Edificações

Elaborado pelo Comitê de Meio Ambiente (COMASP) do SindusCon-SP (Sindicato das Construtoras de São Paulo), o Guia propõe uma metodologia padrão para as construtoras e incorporadoras elaborarem inventários dos gases do efeito estufa emitidos na construção de edificações.

Seus principais objetivos são: contribuir para o avanço do tema de gestão de gases de efeito estufa (GEE) no setor construtivo, em consonância com as legislações nacional, estaduais e municipais; promover um modelo prático e transparente de gestão de carbono para o mercado; fomentar a discussão e convergência de conceitos e metodologias para permitir melhor comparabilidade e clareza nos inventários corporativos de emissões de GEE no setor.

O Guia está disponível para download no site:

[www.sindusconsp.com.br](http://www.sindusconsp.com.br)



## Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise

→ **Coordenador:** Daniel Vêras Ribeiro

→ **Autores:** Almir Sales, Carlos Alberto Caldas de Sousa, Fernando do Couto Rosa Almeida, Manuel Paulo Teixeira Cunha, Zita Lourenço e Paulo Helene

→ **Editora:** Elsevier

O livro aborda o tema da deterioração das estruturas de concreto armado, discutindo os efeitos da ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto, entre os quais: a carbonatação, a corrosão de armaduras, a reação álcali-agregado, a corrosão bacteriana, a lixiviação e eflorescências, a ação de cloretos e outros sais, etc. Trata também dos métodos de proteção e aumento da durabilidade das estruturas de concreto armado, bem como as técnicas de avaliação e monitoramento da corrosão de armaduras, e de reabilitação de estruturas.

→ **Informações:** [www.elsevier.com.br](http://www.elsevier.com.br)



## Holcim. Paixão pelo desenvolvimento urbano e pelo futuro do Brasil.

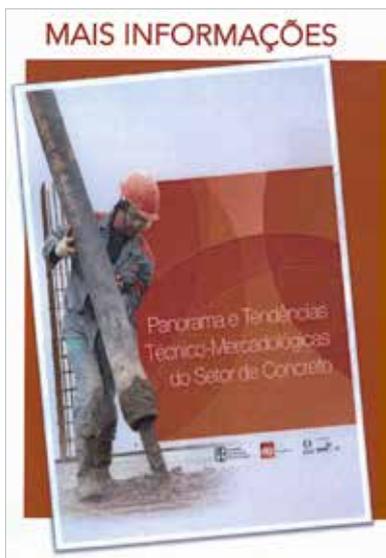
A Holcim promove o desenvolvimento urbano em todo o mundo, investindo na mais avançada tecnologia. No Brasil, a Holcim também leva a qualidade dos produtos e serviços às mais importantes obras, que fazem parte da construção do País. Com um portfólio amplo e diversificado, a Holcim está à sua disposição, nas pequenas construções e nos grandes empreendimentos.

 Livros

## Panorama e Tendências Técnico-Mercadológicas do Setor do Concreto

Pesquisa inédita realizada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), UBM Brazil, promotora da Feira Concrete Show e e8 Inteligência revela cenário do mercado brasileiro de concreto, segmento que cresceu 180% de 2005 a 2012, apenas com relação à produção do concreto preparado em centrais.

O levantamento contemplou mais de 300 entrevistas com profissionais de todos os elos da cadeia do concreto, dentre as quais 86 entrevistas diretas, com participação de 250 empresas de todo Brasil, entre concreteiras (60), construtoras (123),



laboratórios de concreto (25) e projetistas (44). Nele são exploradas questões, tais como: características de uso e especificação do concreto, principais mudanças ocorridas nos últimos cinco anos, fatores para escolha do fornecedor, principais indutores de inovações e as tendências para os próximos cinco anos.

O resultado é um perfil da cadeia produtiva do concreto, com números do setor e visão de seus agentes, bem como projeção de tendências técnico-mercadológicas da cadeia do concreto.

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



MASSA CINZENTA.  
TUDO SOBRE O MERCADO  
DA CONSTRUÇÃO CIVIL,  
AGORA NAS REDES SOCIAIS.



Curta, compartilhe, siga e acompanhe.



[cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta](http://cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta)



[cimentoitambe.com.br](http://cimentoitambe.com.br)

## ➤ Eventos

### Concrete Show South America 2013

O Instituto Brasileiro do Concreto participou, conjuntamente com outras entidades do setor construtivo brasileiro, do Concrespaço, na *Concrete Show South America 2013*, um dos maiores eventos da América Latina em soluções para a cadeia produtiva do concreto, que aconteceu de 28 a 30 de agosto, no Centro de Exposições Imigrantes.

O Instituto marcou também presença no evento com um

estande, onde pôde divulgar suas atividades, especialmente o 55º Congresso Brasileiro do Concreto, o Programa Master PEC de Educação Continuada e seu Núcleo de Certificação de Pessoal para controle tecnológico do concreto, além de estreitar relacionamentos com parceiros, empresas e profissionais interessados na missão do IBRACON.

### Prêmio Saint-Gobain Habitat Sustentável

O Prêmio Saint-Gobain foi criado para reconhecer e premiar propostas inovadoras que ampliam o conceito de sustentabilidade na construção civil.

O objetivo é envolver arquitetos, engenheiros, profissionais e estudantes para que desenvolvam soluções sustentáveis para o setor da construção civil no campo econômico, social e ecológico.

Em sua primeira edição, o tema central é Habitat Sustentável, abrangendo projetos sustentáveis de arquitetura, urbanismo e obras em construção que integrem o maior número de critérios ambientais, econômicos e sociais estabelecidos pelo Grupo Saint-Gobain em sua matriz de sustentabilidade. As inscrições vão até 30 de setembro.

Mais informações: <http://www.premiosaintgobain.com.br/>



#### A experiência de quem saber fazer.

A Mega Concreto chega com uma equipe motivada e liderada por profissionais experientes que gostam de desafios. Não é a toa que muitas das histórias do concreto no Brasil foram escritas por eles e pelo visto escreverão muitas mais.

#### Nossa estrutura

- 120 m<sup>3</sup>/h de produção de concreto de qualidade.
- Produção e entregas informatizadas.
- Precisão e rapidez no atendimento.
- Estrutura eficiente de pós-venda.
- Soluções para obras de pequeno, médio e grande porte.
- Usinas de canteiro.

11 3616.2244 [www.megaconcreto.com.br](http://www.megaconcreto.com.br)



➤ Eventos

## ENECE 2013

A Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE realiza nos dias 17 e 18 de outubro, no Milenium Centro de Convenções, seu 16º Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural – ENECE 2013, sob o tema “Um olhar de interação – Novas considerações para o projeto estrutural”.

Na abertura do evento, será realizada a cerimônia de entrega do 11º Prêmio Talento Engenharia Estrutural, que homenageia profissionais da área de projetos estruturais em quatro categorias: infraestrutura; edificações; obras de pequeno porte; e obras especiais. As inscrições estão abertas.

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

## 14º Congresso Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

Com 330 trabalhos técnico-científicos recebidos, será realizado de 01 a 06 de dezembro, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).

Destaques para o Simpósio Brasileiro de Desastres Na-

turais, Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Simpósio de Obras de Infraestrutura, Simpósio sobre Resíduos Sólidos e Áreas Contaminadas, Simpósio sobre Mineração e Materiais de Construção e Simpósio de Gestão Ambiental.

Mais informações: <http://www.acquacon.com.br/14cbge>

A revista CONCRETO & Construções presta-se à divulgação das obras do setor construtivo, sem qualquer endosso.

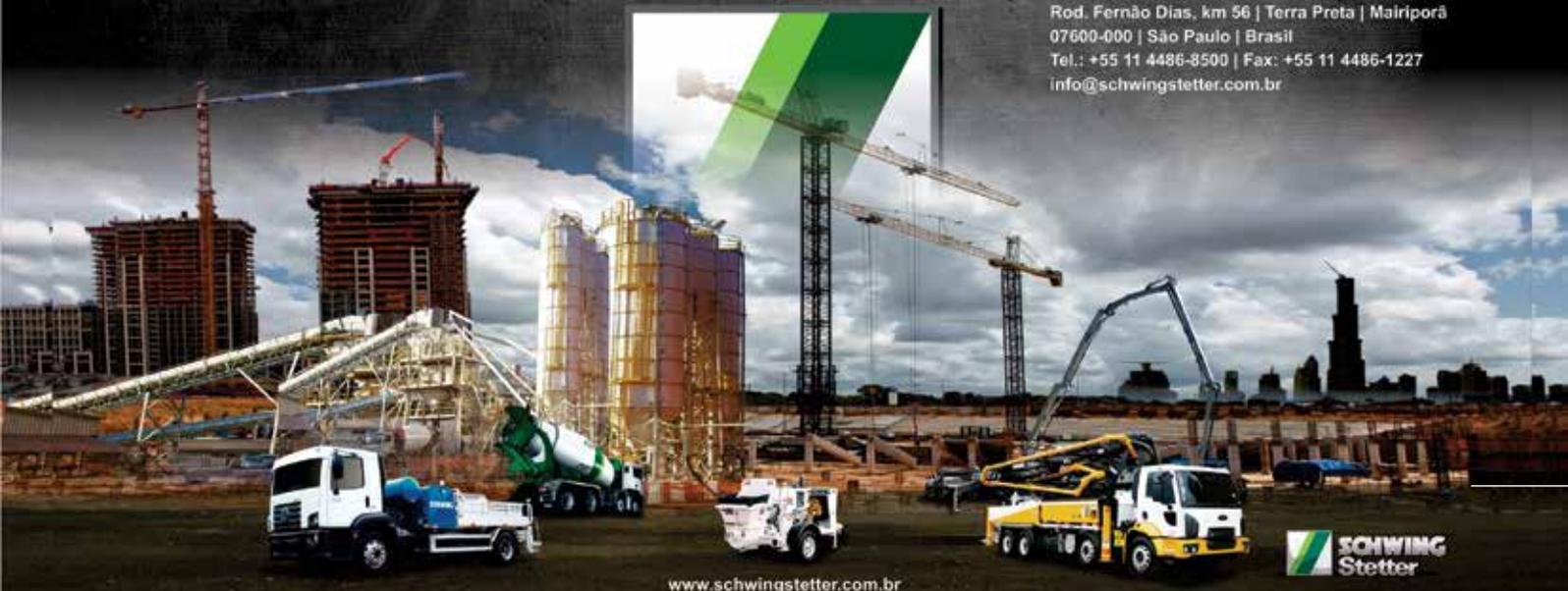
# SCHWING-Stetter

# Faz a Diferença

Confiança, produtividade, experiência, inovação e satisfação, são os principais conceitos que resumem todos os diferenciais dos equipamentos, serviços e peças SCHWING-Stetter.

Enquanto a globalização e interconexão são fatores de principal importância para qualquer mercado, o grupo SCHWING-Stetter mantém sua filosofia de foco no cliente, superando suas expectativas através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de seus produtos, procurando sempre inovar e aperfeiçoar o desempenho e a segurança dos equipamentos. Com essa filosofia e equipamentos aprovados nas principais obras do Brasil e do mundo desde 1934, a marca SCHWING-Stetter é sinônimo de credibilidade e segurança, baixo custo de manutenção, alto valor de revenda e competência técnica para qualquer projeto.

Rod. Fernão Dias, km 56 | Terra Preta | Mairiporã  
07600-000 | São Paulo | Brasil  
Tel.: +55 11 4486-8500 | Fax: +55 11 4486-1227  
[info@schwingstetter.com.br](mailto:info@schwingstetter.com.br)



# Roberto DE SOUZA

**E**ngenheiro civil, mestre e doutor em Engenharia pela Escola Politécnica da USP. Em sua carreira profissional, passou pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), na divisão de tecnologia de edificações, onde participou, dentre vários projetos de pesquisa, do desenvolvimento do conceito de desempenho aplicado às edificações, cujos resultados serviram para fundamentar o projeto da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575/2013), recém-publicada.

Atualmente, é diretor-presidente do Centro de Tecnologia de Edificações (CTE), empresa de consultoria especializada em gestão, qualidade, inovação, tecnologia e sustentabilidade na construção.

Roberto de Souza é autor de oito livros técnicos focados em Qualidade, Tecnologia, Gestão, Sustentabilidade e Inovação no setor da construção civil.

**IBRACON – CONTE-NOS UM POUCO DE SUA CARREIRA PROFISSIONAL, DESDE A ESCOLHA DE INGRESSAR NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL ATÉ CHEGAR A OCUPAR O CARGO DE PRESIDENTE DO CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES?**

**DE SOUZA** – Eu fiz engenharia civil na Poli (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), tendo me formado em 1973, por uma questão de vocação. Meu pai tinha duas



“

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É  
O DESENVOLVIMENTO COM DIMENSÃO  
ECONÔMICA, AMBIENTAL E SOCIAL

”

construtoras, de modo que eu cresci dentro das obras, criando um gosto pela engenharia civil. Na Poli, fiz ainda o mestrado e o doutorado.

Minha carreira teve dois grandes momentos. Eu trabalhei no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) durante 14 anos, na área de tecnologia de edificações. Entrei em 1976, como pesquisador, assumi os cargos de chefe de laboratório e de agrupamento, e cheguei à diretoria da divisão de edificações.

Neste período, participei da montagem dos laboratórios de conforto térmico e acústico, de resistência ao fogo e de segurança estrutural, além de controle de qualidade. Participei também do projeto de desenvolvimento de sistemas. Minha dissertação de mestrado abordou o conceito de desempenho aplicado às edificações. Isto há vinte e sete anos! O IPT foi pioneiro no Brasil em desenvolver o conceito de desempenho aplicado às edificações, para o antigo BNH (Banco Nacional de Habitação), dentro de um projeto denominado “Formulação de critérios de desempenho para a habitação popular”.

Neste projeto, desenvolvemos um laboratório de sistemas hidráulicos com o objetivo de fazer pesquisas para a economia de água em edificações, bem como um laboratório de sistemas elétricos para fazer pesquisas para economizar energia elétrica, aspectos relacionados ao meio ambiente quando ainda nem existia a palavra “sustentabilidade”.

Nesta época o Dr. Cláudio Sbrighi e o Prof. Paulo Helene, hoje diretores do IBRACON, faziam parte da equipe do IPT engajados na área de Patologia e Tecnologia do Concreto. Em 1990, resolvi sair do IPT para fundar o CTE (Centro de Tecnologia de Edificações), empresa de consultoria com foco de atuação em tecnologia da construção, gestão da qualidade, gerenciamento de projetos e obras, desenvolvimento e avaliação de sistemas construtivos e inovações tecnológicas (como o BIM

– Building Information Modelling) e sustentabilidade, tema que assumiu uma importância muito grande nos últimos sete anos.

Hoje, o CTE é uma empresa com 200 colaboradores, ocupando um papel de liderança no mercado: com 1600 empresas preparadas para a certificação ISO 9000, entre construtoras e incorporadas, empresas de projetos e fabricantes de materiais; mais de 400 obras gerenciadas ou em processo de gerenciamento, com relação a prazos, custos e qualidade; 230 empreendimentos em processo de consultoria na área de sustentabilidade, dentre os quais 53 empreendimentos já certificados como *Green Building*. Temos também atuado na área de capacitação de profissionais, onde, em cursos e eventos promovidos pelo CTE, já passaram mais de 25 mil profissionais. Temos ainda uma área de aplicativos web, como gerenciamento eletrônico de projetos, gerenciamento da qualidade e inspeção de obras via tablet e celular.

**IBRACON – LEVANDO EM CONTA SUA EXPERIÊNCIA DE SETE ANOS ATUANDO NO RAMO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL, POR QUE O TEMA VEM ASSUMINDO, NA SUA OPINIÃO, UM PAPEL CADA VEZ MAIS IMPORTANTE NO MUNDO CORPORATIVO E NOS NEGÓCIOS DAS EMPRESAS DO SETOR DE CONSTRUÇÃO?**

**DE SOUZA** – Hoje, a sustentabilidade é uma tendência mundial. Chegou-se à conclusão de que o modelo de desenvolvimento do capitalismo, se, por um lado, traz progresso, por outro, é predatório ao meio ambiente e causa também a exclusão social e a pobreza. Por volta da década de 70, instalou-se uma discussão mundial sobre como promover um desenvolvimento sustentável, que seria o desenvolvimento com dimensão econômica (trazendo resultados financeiros para as empresas), com dimensão ambiental (com preservação dos recursos naturais) e



GR Jundiaí  
(Jundiaí/SP)  
– Certificado  
LEED CS Silver –  
Empreendedor: GR  
Properties.

com dimensão social (com responsabilidade social das empresas, o que envolve a segurança do trabalhador, a geração de empregos e renda, a inclusão social, o desenvolvimento das comunidades locais, etc.). Esse novo paradigma do desenvolvimento sustentável rebateu no setor de construção, por ser este um setor com grande impacto ambiental (consumindo recursos naturais, água e energia elétrica, e emitindo CO<sub>2</sub>) e social (empregando muitas pessoas). Em alguns países, como Alemanha, Inglaterra, Japão e Estados Unidos, começou-se a procurar definir o que seriam empreendimentos sustentáveis e a pensar em como incorporar no desenvolvimento dos projetos, dos materiais e das obras

as dimensões da eficiência energética, da economia de água, do uso de materiais reciclados e do conforto térmico, acústico e luminoso.

Esses conceitos vieram embrionariamente das décadas de 70 e 80, foram incorporados nas normas ISO 9000 (focada na qualidade) e ISO 14000 (focada em meio ambiente) e emplacaram fortemente nos anos 2000, quando surgiu a palavra “sustentabilidade” e os modelos de certificação ambiental de empreendimentos (modelos francês, alemão, inglês, japonês, australiano e americano).

#### **IBRACON – QUAIS AS DIFERENÇAS ENTRE O MODELO AMERICANO E O FRANCÊS?**

“

OS MODELOS DE CERTIFICAÇÃO SÃO  
NORMAS DE DESEMPENHO AMBIENTAL PARA  
EMPREENDIMENTOS, QUE ORIENTAM AS OBRAS  
DESDE O MOMENTO DE SUA CONCEPÇÃO

”

“ TANTO O LEED QUANTO O ACQUA TRABALHAM COM AS MESMAS DIMENSÕES: ECONOMIA DE ENERGIA E ÁGUA, CONFORTO AMBIENTAL, USO DE MATERIAIS RECICLADOS, GESTÃO DE RESÍDUOS E INSERÇÃO DO EMPREENDIMENTO NA CIDADE ”

**DE SOUZA** – Em linhas gerais, os modelos de certificação são normas de desempenho ambiental para empreendimentos, que orientam as obras desde o momento de sua concepção e projeto, para, ao final, tendo sido atendidos os variados aspectos ambientais

contemplados, receber a certificação classificatória. O modelo americano chegou ao Brasil em 2006, quando um empreendimento brasileiro recebeu a certificação de *Green Building* (Edifício Verde). Naquele ano, o CTE criou sua unidade de sustentabilidade, para tratar dessa

questão dos empreendimentos sustentáveis. O modelo americano (Leed – Liderança em Energia e Projeto Ambiental) acabou por ter uma presença forte no país. Para se ter uma ideia do crescimento: em 2006, era apenas um empreendimento certificado e, hoje, há 800 empreendimentos registrados para a certificação, entre os quais 100 já foram entregues – destes, o CTE deu consultoria para 53.

Há uns quatro anos, com a iniciativa da Fundação Vanzolini, chegou ao Brasil o Modelo Aqua (Alta Qualidade Ambiental), baseado no modelo francês, cujo foco é também a certificação de empreendimentos sustentáveis, mas com metodologia um pouco diferente. No modelo americano, a certificação ocorre por pontuação e, ao final do processo, o empreendimento é classificado em Prata, Ouro ou Platina quanto ao nível de certificação. No modelo francês, a certificação é mais focada em desempenho e acontece em três momentos: na concepção, no projeto e no final da obra. O modelo Aqua tem hoje cerca de 150 empreendimentos registrados no



Empreendimento Eldorado Business Tower (São Paulo/SP) – Certificado LEED CS Platinum – Empreendedores: Gafisa e São Carlos Empreendimentos e Participações

país. Mas, tanto o Leed quanto o Aqua trabalham com as mesmas dimensões: economia de energia e água, conforto ambiental, uso de materiais reciclados, gestão de resíduos e inserção do empreendimento na cidade.

O importante a se destacar é que, em seis anos, tivemos um salto em processos de certificação de edificações no país. Hoje, todos os estádios de futebol que sediarão a Copa do Mundo de 2014 são certificados (o CTE preparou 6 deles), bem como todos os equipamentos que serão usados nas Olimpíadas de 2016. A certificação é uma tendência em edifícios comerciais do tipo “triple way”, bem como em hotéis, shopping centers e centros de logística. O conceito está se espalhando para o desenvolvimento de bairros sustentáveis e para os edifícios existentes. Hoje, já existem escritórios de projetistas de arquitetura, de estruturas e de sistemas prediais especializados em construções sustentáveis. Várias construtoras são especializadas em construções sustentáveis e há iniciativas da cadeia de fornecedores de materiais e equipamentos focadas em sustentabilidade. Já existem experiências internacionais de rodovias verdes, com preocupações de se trabalhar a sustentabilidade em projetos de infraestrutura, mas ainda é inicial. Hoje, as construções sustentáveis estão focadas nas edificações.

### **IBRACON – EM TERMOS QUANTITATIVOS, QUAIS OS IMPACTOS AMBIENTAIS ALCANÇADOS PELAS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS?**

**DE SOUZA** – Em primeiro lugar, a economia de água e energia. Comparando edifícios de escritórios do tipo “triple way”, o *Green Building* tem potencial de economia em seu custo operacional em torno de 30 a 35% em relação ao custo operacional de um edifício não certificado. Em segundo lugar, a coleta seletiva de lixo, que ainda precisa ser complementada pela atuação mais ativa do poder público e do terceiro setor quanto à destinação deste lixo, para gerar negócios. Hoje, no Brasil, os municípios

estão se preparando, com seus planos diretores, para a coleta e disposição seletiva dos resíduos. Por outro lado, as cooperativas de reciclagem que recolhem os resíduos de obras e os transformam num negócio têm se multiplicado. A cadeia da construção vai se organizando aos poucos: já existe a reciclagem de materiais de construção, como argamassas, concreto, cerâmicas, para seu reuso em outras obras.

Em terceiro lugar, do ponto de vista urbano, o *Green Building* incentiva o uso da bicicleta, com bicicletário, o que acaba contribuindo para a questão urbana da mobilidade.

### **IBRACON – EM TERMOS GERAIS, O QUE SÃO AS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS?**

**DE SOUZA** – O empreendimento sustentável é aquele concebido, projetado e executado segundo diretrizes de sustentabilidade, que irão minimizar os impactos ambientais e economizar recursos naturais ao longo de sua vida útil, assim como propiciar ao usuário melhores condições de conforto, melhor qualidade de vida e maior produtividade no trabalho.

O que embasa os empreendimentos sustentáveis são os modelos de certificação, que estabelecem as normas e diretrizes de projeto, execução e uso. Por exemplo, a certificação “Gold” do Leed para um empreendimento significa que ele atende a uma série de parâmetros sustentáveis especificados pelo Leed.

Do ponto de vista da engenharia é o seguinte: temos uma norma; a edificação atende os princípios da norma; então, a edificação é sustentável. Daqui a 20 anos, as referências devem ser outras, porque estaremos em estágio mais avançado. E assim vamos deixando um legado melhor para as futuras gerações em termos de desenvolvimento. Este é o movimento!

### **IBRACON – NESTE CONTEXTO DE ESTARMOS RUMANDO EM DIREÇÃO À SUSTENTABILIDADE, QUAL É O**

“ O *GREEN BUILDING* TEM POTENCIAL DE ECONOMIA EM SEU CUSTO OPERACIONAL EM TORNO DE 30 A 35% EM RELAÇÃO AO CUSTO OPERACIONAL DE UM EDIFÍCIO NÃO CERTIFICADO ”

“QUANDO SE INDUSTRIALIZA, SE REDUZ DESPERDÍCIO, ELEVA-SE A QUALIFICAÇÃO E REMUNERAÇÃO DOS OPERÁRIOS, AUMENTA-SE A VELOCIDADE DE CONSTRUÇÃO DA OBRA, DE MODO QUE ELA ENTRA EM USO E OPERAÇÃO MAIS RAPIDAMENTE”

### **PAPEL DOS SELOS DE CERTIFICAÇÃO EMITIDOS POR ASSOCIAÇÕES, COMO O SELO DE EXCELÊNCIA DA ABCIC, DO QUAL O CTE FOI CONSULTOR DE DESENVOLVIMENTO?**

**DE SOUZA** – Encarando o termo “sustentabilidade” como um grande arcabouço conceitual, que diz respeito à qualidade, conformidade e durabilidade dos produtos, os selos, como o da Abcic (Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto) e o da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), contribuem para a sustentabilidade. Eles são selos de conformidade dos produtos (tubos de concreto, blocos intertravados, pré-fabricados) com as normas de referência, verificando que eles estão sendo produzidos segundo as diretrizes das normas técnicas brasileiras (quanto à resistência à compressão, à permeabilidade, ao controle dimensional) e, assim, são produtos de qualidade. Neste sentido, a não conformidade não é sustentável.

Por exemplo, o Selo Abcic, que ajudamos a conceber, desenvolver e implementar, estabelece padrões de conformidade dos produtos com a norma brasileira de pré-fabricados e verifica o estágio tecnológico das empresas de pré-fabricados, inclusive com alguns parâmetros de meio ambiente, de segurança do trabalho e de satisfação do cliente. Assim, ele está na direção da sustentabilidade. E mais: ele incentiva a industrialização, o que é também uma atitude sustentável. Porque quando se industrializa, se reduz desperdício, eleva-se a qualificação e remuneração dos operários (trabalhando o aspecto da inclusão social), aumenta-se a velocidade de construção da obra, de modo que ela entra em uso e operação mais rapidamente. Aqui temos uma outra discussão: o da sustentabilidade como grande arcabouço conceitual e as iniciativas que ajudam no processo, tais como: atendimento às normas técnicas brasileiras; qualificação de mão de obra; introdução da inovação; a boa gestão das empresas; planejamento de projetos e obras; etc.

A sustentabilidade empresarial é outro movimento que vem ocorrendo em nível mundial e está chegando ao Brasil, que diz respeito à questão: como eu incorporo a sustentabilidade no DNA empresarial? Neste aspecto, entra a ética, a transparência, o combate à corrupção, as relações trabalhistas, a responsabilidade social, ou seja, uma série de questões de postura empresarial perante a sociedade e o meio ambiente. O Instituto Ethos tem um trabalho focado nestas questões.

As construções sustentáveis são a dimensão técnica da engenharia e da arquitetura. As empresas do setor construtivo podem também ter a seguinte preocupação: como desenvolver uma linha de produtos sustentáveis; como, nos processos de produção, posso economizar energia e água?

### **IBRACON – AS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO (EPD) APLICAM-SE AS ESTRUTURAS DE CONCRETO?**

**DE SOUZA** – O que seria a sustentabilidade da estrutura de concreto? É sua durabilidade, parâmetro incluído na Norma de Desempenho. É o que incorporou de materiais (tipo de cimento, de aço, etc.), como foi construída, quanto gerou de emissões de CO<sub>2</sub>, fatores que entram na análise do ciclo de vida dos materiais que compõem estrutura, desde a extração desses materiais, seu transporte e preparação, a execução da estrutura, sua projeção de vida útil, como vai ser demolida e descartada. Conceitualmente o modelo é aplicável, mas ainda é incipiente no país, que mal tem declaração ambiental do produto.

### **IBRACON – SUA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ABORDOU O TEMA DO DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES E, NO IPT, VOCÊ ESTEVE ENVOLVIDO EM GRUPO DE PESQUISA PARA FORMULAÇÃO DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO PARA AS EDIFICAÇÕES,**



Hospital Albert Einstein Unidade Perdizes (São Paulo/SP) – Certificado LEED NC Silver – Empreendedor: HIAE Hospital Israelita Albert Einstein

### QUE CRIOU A BASE PARA A NORMA DE DESEMPENHO PUBLICADA RECENTEMENTE. COMO A NORMA DE DESEMPENHO PODE INCENTIVAR AS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO PAÍS?

**DE SOUZA** – Ela pode ajudar no sentido de estar focada em edificações residenciais, introduzindo na agenda de projetos e construção dessas edificações critérios como conforto térmico, acústico e de iluminação, que acabam por favorecer a sustentabilidade.

### IBRACON – COMO O CONCRETO PODE CONTRIBUIR PARA CONSTRUÇÕES MAIS SUSTENTÁVEIS?

**DE SOUZA** – Por exemplo, o concreto de alto desempenho permite fazer estruturas mais altas, mais esbeltas, com menos materiais e mais velocidade, gerando mais economia.

Uma das principais atitudes que o setor tem que assumir é a questão da industrialização, como no caso dos pré-moldados, que já comentei, onde o concreto poderá contribuir significativamente. Por exemplo, o Programa Minha Casa Minha Vida, sobre o qual fiz uma pesquisa há um ano e meio para meu livro, usa fundamentalmente o concreto: o sistema construtivo predominante é alvenaria estrutural, seguida pelos sistemas das paredes de concreto (sistema inovador) e dos pré-fabricados de concreto. Ou seja, o concreto tende a impulsionar a industrialização e a industrialização é uma atitude sustentável, porque gera menos desperdícios, menos retrabalho, eleva a qualificação da mão de obra e a produtividade, aumenta o controle da qualidade. Fiz uma palestra na Abcic há uns dois anos, onde abordei a industrialização como um vetor de sustentabilidade.

“ O CONCRETO TENDE A IMPULSIONAR A INDUSTRIALIZAÇÃO, O QUE É UMA ATITUDE SUSTENTÁVEL, PORQUE GERA MENOS DESPERDÍCIOS, MENOS RETRABALHO, ELEVA A QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA E DA PRODUTIVIDADE, E AUMENTA O CONTROLE DA QUALIDADE ”

**IBRACON – UM PROBLEMA TÍPICO NOS CANTEIROS DE OBRAS É A INCOMPATIBILIDADE DE PROJETOS, JUSTAMENTE PELA FALTA DE UMA VISÃO INTEGRADA DOS DIVERSOS ASPECTOS DE UMA EDIFICAÇÃO, O QUE GERA DESPÉRDÍCIOS DE MATERIAIS, DE TEMPO E DE DINHEIRO. O QUE O CTE TEM FEITO PARA RESOLVER ESSE PROBLEMA?**

**DE SOUZA –** O CTE trabalha com gerenciamento de obras, e esbarra neste problema dos projetos, mesmo nos empreendimentos sustentáveis. Nossa atuação hoje se dá em dois níveis: uma equipe trabalha com coordenação e gerenciamento de projetos, para sua compatibilização e integração e cumprimento de prazos; temos uma outra equipe focada na implantação da metodologia BIM (Modelagem da Informação para a Construção), que permite integrar todos os projetos, numa espécie de construção virtual em três dimensões na fase de projeto, tornando possível verificar todas as interferências na tela do computador e resolver as incompatibilidades. E posteriormente linkar o projeto com o orçamento, planejamento e gerenciamento da obra, chegando até a fase

de uso e operação da edificação. Será inconcebível pensar, daqui a quinze anos, a construção brasileira sem o BIM. Nos Estados Unidos e na Europa, o BIM já faz parte da cultura construtiva (nos projetistas, incorporadores, construtores).

**IBRACON – DE QUE FORMA AS ENTIDADES DO SETOR PODEM PARTICIPAR PARA DISSEMINAR E INCENTIVAR A SUSTENTABILIDADE NO SETOR CONSTRUTIVO BRASILEIRO?**

**DE SOUZA –** O papel das entidades é, em primeiro lugar, difundir conhecimento e, em segundo, promover o engajamento de seus associados, das empresas associadas, dos profissionais associados no movimento da sustentabilidade, que é uma tendência que não tem volta.

**IBRACON – O QUE VOCÊ FAZ NO SEU TEMPO LIVRE?**

**DE SOUZA –** Corro, faço ginástica, escuto música, cuido do meu filho de nove anos, viajo. Fomos, eu e ele, numa viagem de quinze dias na Bahia recentemente. Leio também: literatura, livro técnico, livro empresarial, o que cair nas mãos. ●



Sikafloor® 263 SL



Sikafloor® 2530 W



Sikafloor® 363 BR



Sikafloor® 2430 CL



Sikafloor® 264



Sikafloor® 263 SL



Sikafloor® 390 AS



Sikafloor® 325



Sikafloor® Purcem

## Seja qual for o seu negócio a Sika tem soluções completas em pisos industriais:

Indústrias, Centros Logísticos, Hospitais, Aeroportos, Estacionamentos, Shoppings.

Não importa qual é a atividade da sua empresa, nós temos a solução completa:

- Pinturas epóxi
- Autonivelante epóxi
- Argamassado epóxi
- Pintura de poliuretano
- Autonivelante de poliuretano
- Pintura condutiva
- Autonivelante condutivo
- Revestimentos para salas limpas
- Pintura uretânica
- Autonivelante uretânico
- Argamassado uretânico
- Lábios poliméricos
- Selantes de poliuretano, epóxi e poliuréia para pisos

Entre em contato: [construcao.marketing@br.sika.com](mailto:construcao.marketing@br.sika.com)

## Agregue Valor ao Seu Projeto!

- Produtos em acordo com a NBR14050
- Suporte a projetos e especificações
- Detalhes prontos para inserir em seu projeto
- Aplicadores referenciados
- Treinamentos
- Referências locais e globais
- Mais de 100 anos de experiência



Empresa associada:



# Sistema integrado de manejo de água: o caso do Edifício Harmonia 57

FABIANA DIAS – JORNALISTA  
MAIS ARGUMENTO

GUILHERME CASTAGNA – ENGENHEIRO CIVIL E PERMACULTOR  
FLUXUS DESIGN ECOLÓGICO

LÍGIA PINHEIRO E SOLUÇÕES PARA CIDADES (ABCP) – COLABORAÇÃO

O edifício localizado na Rua Harmonia, nº 57, no bairro da Vila Madalena, na Zona Oeste da capital paulistana, foi construído num terreno de 500 m<sup>2</sup>, para fins comerciais. Está organizado em dois blocos, com, respectivamente, dois e três pavimentos, interligados por uma área comum. No subsolo, dado o caráter comercial da edificação, foi construída uma garagem subterrânea, rebaixando o nível do terreno.

Com intensa circulação de pessoas, a edificação

foi projetada prevendo alto consumo de água.

O local situado numa baixada da Vila Madalena, próximo ao Rio Verde, em área extremamente pavimentada, constantemente sofre com alagamentos. Além disso, está sob a presença de lençol freático

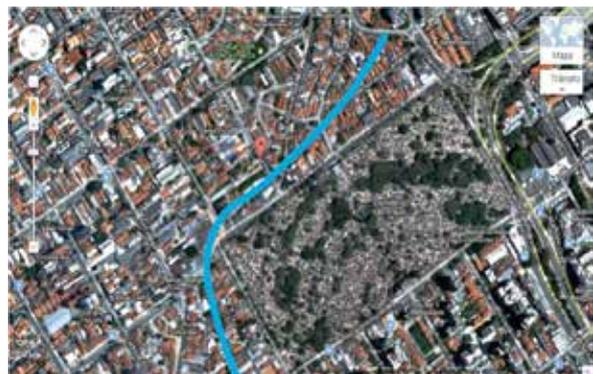


Figura 1 – Edificação situada em área sujeita a alagamentos: vista aérea indica percurso do córrego que passa sob a região



Figura 2 – Vista do segundo pavimento para o jardim interno

FOTOS: FELIPE PEREIRA BARROS

elevado, o que – em função da necessidade de construção no subsolo – exigiu um sistema eficaz de drenagem para viabilidade da construção.

Este contexto levantou algumas questões-chave que regiram o projeto e a obra com relação à água: (1) a constatação do alto nível do lençol freático, que contrastava com a intenção de construir a garagem

subterrânea, (2) forte desejo de reduzir ao máximo a colaboração do empreendimento com as rápidas enchentes que acontecem na região, (3) a projeção de consumo elevado de água não potável, estimada em 3 mil litros/dia, e (4) a disponibilidade de água de chuva em boa quantidade como fator climático na cidade de São Paulo.

Com a intenção de transformar os problemas em solução, percebeu-se a importância e exequibilidade de se realizar um sistema que pudesse aproveitar a abundância de água do lençol freático, de qualidade apropriada para consumo não-potável, conforme os ensaios iniciais, e a água de chuva que cai sobre o terreno.

Pode-se perceber durante o projeto que a disponibilidade de água de drenagem seria praticamente suficiente para o abastecimento ao longo do ano e que suas características qualitativas atendiam os critérios básicos de uso não-potável mediante pequenos ajustes. Decidiu-se por incorporar elementos multifuncionais ao projeto: o telhado verde, o canteiro drenante e o paisagismo vertical realizado sobre argamassa composta de cimento, areia e argila expandida.

Optou-se por deixar visíveis os principais elementos do projeto de manejo de água como função inspiradora e educativa. As cisternas de anéis de concreto aparentes situam-se na lateral direita, na entrada do

edifício. A tubulação de água foi deixada à vista, pintada na cor verde, estendendo-se sobre toda a estrutura de concreto coberta pelas plantas na lateral. No trajeto pela Rua Harmonia, o telhado verde sobre a laje fica evidente, ressaltando a construção.

O resultado deste sistema proporciona uma redução do consumo de água da rede de abastecimento, minimiza a contribuição da construção para



Figura 3 – Telhado verde sobre laje de concreto proporciona conforto termo-acústico



Figura 4 – Cisternas feitas em anéis de concreto no pavimento térreo armazenam a água captada na chuva e no telhado verde para reaproveitamento no sistema



Figura 5 – Caixas elevadas posicionadas na laje distribuem água por todo o sistema

alagamentos na região e produz uma sensação térmica agradável, com temperatura média menor que a temperatura na rua em cerca de 2 a 3°C. Além disso, gerou um ambiente esteticamente bonito e destacado na paisagem da megalópole.

## 1. O QUE É O SISTEMA?

O sistema de drenagem combinado com aproveitamento de água de chuva está baseado na coleta e armazenamento de água em tanques construídos com anéis de concreto. A água coletada é tratada para consumo não potável na própria edificação, sendo o restante direcionado para galeria pluvial local.

A função da solução principal é apro-

veitar parte da água da drenagem, decorrente do rebaixamento de nível de terreno localizado sobre lençol freático alto, para fins não potáveis.

O sistema foi idealizado para reduzir a vazão de drenagem à vazão de pré-implantação (pré-urbanização), de acordo com a compatibilidade ao projeto arquitetônico, com a utilização de medidas compensatórias diversas, cada qual com funções específicas a cumprir.

Seguindo a estratégia de integração da água no ambiente construído, foi possível reter, integrar e melhorar a qualidade dos grandes volumes captados numa sequência de elementos de projeto instalados a partir da cobertura.

Com a finalidade de aproveitar a água de chuva e reduzir a taxa de escoamento superficial (que contri-



Figura 6 – Paisagismo vertical aplicado à parede central da edificação: funcionalidade de contribuição para microclima ameno somada ao valor estético gerado

bui para enchentes), foi executado um telhado verde sobre a laje da edificação, cujo excedente de água é encaminhado para o sistema principal de armazenamento e tratamento de água para uso não potável. O telhado verde atende, ainda, à necessidade de oferecer conforto termo-acústico.

Também foram implantados canteiros drenantes, que proporcionam que parte da água da chuva que cai sobre o solo seja reabsorvida lentamente pelo lençol freático.

Aproveitando a abundância da água disponível, criou-se também uma forma de melhoria do microclima e do conforto térmico na edificação a partir do emprego de irrigação sobre paisagismo vertical, com plantas estruturadas sobre uma camada de argamassa de cimento e argila expandida, aplicadas sobre as paredes laterais externas. O paisagismo vertical integra-se ao sistema por ser uma das principais fontes de emprego da água não potável gerada pelo ciclo.

A aplicação das técnicas indicadas proporciona:

- manutenção da vazão da drenagem de água em parâmetros equivalentes aos da vazão de pré-desenvolvimento ou pré-implantação;
- redução de despesas com fornecimento de água tratada e tratamento de esgoto;
- diminuição do consumo da água potável proveniente da rede tradicional de abastecimento;
- reutilização de água abundante que seria desperdiçada;
- melhora das condições térmicas e acústicas dos edifícios;
- melhoria da qualidade do ar com retenção da poeira atmosférica e umidificação do ar;
- mínima contribuição às enchentes;
- redução de dependência de fontes externas para



Figura 7 – Cisterna 3 - Nível de água é controlado com boia elétrica (C)

- atendimento de consumo;
- produção de oxigênio ( $O_2$ ) e retenção de gás carbônico ( $CO_2$ );
- retenção da poluição difusa;
- aumento do espaço útil;
- criação de habitat para fauna local.

## 2. COMO O SISTEMA FUNCIONA?

O sistema de manejo de água é projetado como um ciclo e, por isso, não necessariamente há um único início do processo. Apenas com a finalidade de estabelecer uma visão sobre o processo, tomamos como base aqui seu início na entrada de água no sistema por três fontes: a água de drenagem, o excedente de água de chuva captado no telhado verde e a água proveniente dos canteiros drenantes que reabastece o lençol freático.

Construções executadas onde o nível do lençol freático é elevado requerem a implantação de sistemas de drenagem, que mantêm as construções isentas da presença de água. Apesar de imprópria para consumo potável, estas águas que geralmente são descartadas na rede pública de águas pluviais ou mesmo em sarjetas, podem ser usadas para diversos fins não potáveis, mediante uma avaliação e ajuste de sua qualidade, e um controle periódico realizado ao longo de sua operação, garantindo a segurança dos usuários.



Figura 8 – Sistema de bombeamento conduz água do reservatório subterrâneo para as caixas elevadas (E)

## 2.1 O PROCESSO (AS LETRAS CORRELACIONAM-SE COM O INFOGRÁFICO QUE RESUME O PROCESSO, AO FINAL DESTE TRECHO)

(A) A água de drenagem do lençol freático é acumulada num poço subterrâneo, em anéis de concreto. Recalcada por uma bomba submersa, a água de drenagem (B) passa por um sistema de injeção de ozônio em seu trajeto até um (C) conjunto de três cisternas em anéis de concreto, onde acontece a precipitação do ferro oxidado pelo ozônio, sedimentado ao longo do percurso entre as cisternas. O nível de água de drenagem no interior da cisterna é limitado por uma boia elétrica, de tal forma que sempre há espaço livre para recebimento da água de chuva excedente do telhado verde, o que colabora na retenção de água no empreendimento, já que essa água cuja fonte é a chuva passa a ser aproveitada junto à

água de drenagem.

(D) Ao final do trajeto na 3ª cisterna, a água segue por gravidade para um reservatório no subsolo, construído com blocos de concreto, onde é periodicamente recirculada pelo sistema de injeção de ozônio, e então (E) bombeada para caixas elevadas, passando por um filtro de contato. (F) A partir das caixas elevadas, o sistema abastece todos os pontos de consumo não potáveis da edificação (irrigação, vasos sanitários, limpeza de área externa e lavagem de veículos).

O mesmo circuito ocorrerá com as (G) águas de chuva

captadas pelo telhado verde, ainda que estas não contenham ferro em sua composição. Após captada pelo sistema de drenagem da cobertura, a água é direcionada por condutores verticais até as cisternas e, então, entram no mesmo ciclo descrito acima.

A terceira fonte de entrada de água no sistema é a partir da (H) chuva que cai no solo, atingindo os canteiros drenantes. Esta água é absorvida pela terra, de forma lenta, e abastece o lençol freático, para então acessar o sistema



Figura 9 – Cisternas recebem excedente de água do telhado verde (G)

a partir da drenagem.

Todo o paisagismo vertical elaborado sobre uma camada de argamassa aplicada sobre as paredes externas do prédio é adequadamente (I) irrigado com a água captada, gerando conforto térmico e microclima agradável. Da mesma maneira como foi usada para irrigação, a água é encaminhada a partir da caixa elevada (I) para vasos sanitários, limpeza e lavagem de carros.



Figura 10 – Sistema de irrigação utiliza água não-potável do manejo para paisagismo vertical (I)

### 3. APLICAÇÕES INDICADAS DO SISTEMA

O sistema aplica-se especialmente a situações em que são realizadas edificações em terrenos sobre lençol freático alto e em que haja o objetivo de aproveitar

a água drenada para consumo não potável.

Indica-se ainda para aproveitamento de água com a intenção de melhorar o conforto térmico e o microclima e em situações em que seja necessário estimular a

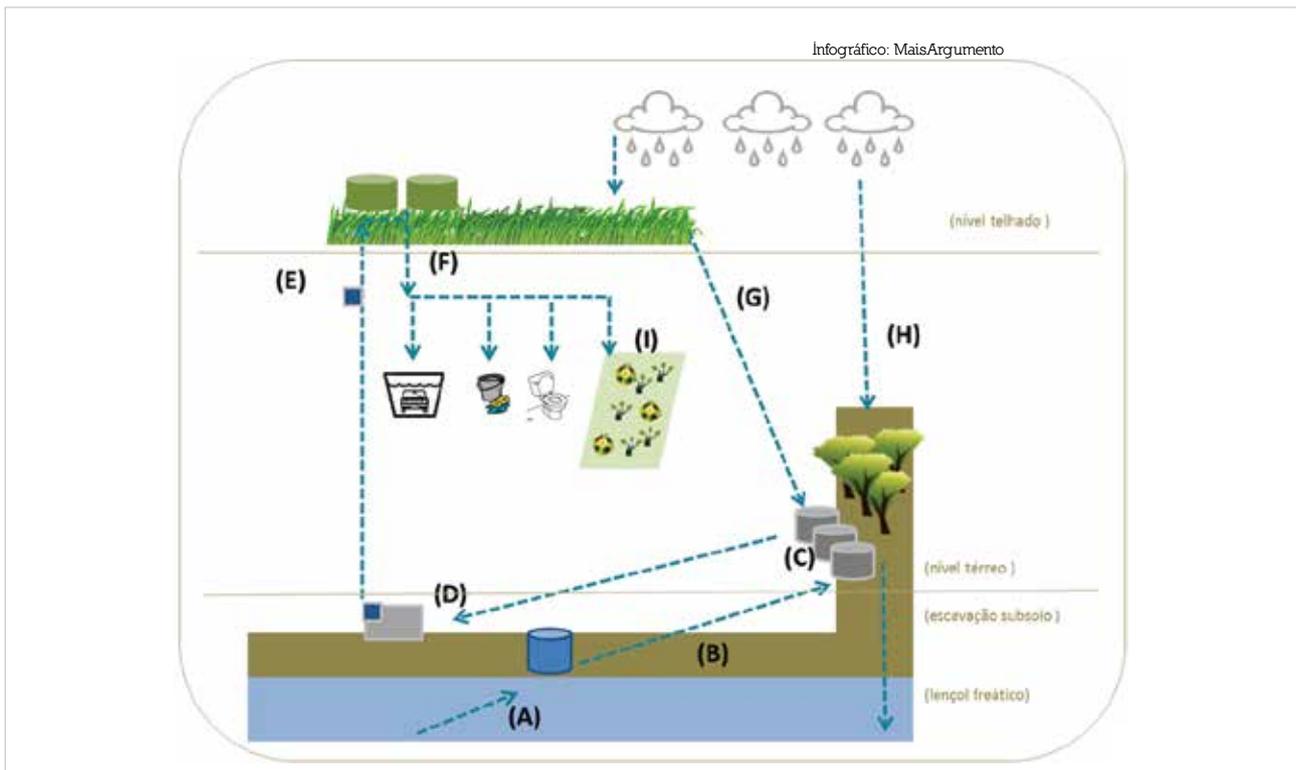


Figura 11 – Uma visão sobre o ciclo

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das técnicas aplicadas no sistema

Componentes	Vantagens	Desvantagens
<b>Uso de poço e cisterna em anéis de concreto para drenagem do lençol freático alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Baixo custo do produto</li> <li>→ Praticidade</li> <li>→ Replicabilidade</li> <li>→ Disponibilidade do produto em praticamente todo território brasileiro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Peso das peças maiores do que 1m de diâmetro exige uso de ferramentas apropriadas para manuseio;</li> <li>→ Baixo aproveitamento do espaço em virtude do formato circular</li> </ul>
<b>Telhado verde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aumenta o tempo de vida útil da impermeabilização de lajes de concreto;</li> <li>→ Melhora conforto térmico e acústico</li> <li>→ Reduz efeito das ilhas de calor</li> <li>→ Melhora qualidade do ar com retenção de poeira atmosférica e produção de oxigênio;</li> <li>→ Reduz volume de água de chuva drenado do empreendimento</li> <li>→ Ajustável a diferentes condições de suporte estrutural da cobertura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Requer manutenção específica, de acordo com o tipo de plantas utilizadas, podendo exigir irrigação em épocas de baixo índice pluviométrico, e corte/podas periódicas</li> </ul>
<b>Canteiros drenantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Facilidade de execução</li> <li>→ Viabiliza filtragem de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Restrição de espaço</li> </ul>
<b>Paisagismo vertical com uso de argamassa e vermiculita</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aplicações em lugares com pouco espaço</li> <li>→ Baixa manutenção</li> <li>→ Oferecer conforto térmico pra dentro do edifício</li> <li>→ Melhoria do microclima no entorno da edificação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Investimento inicial alto</li> <li>→ Dependendo do tipo de planta escolhido haverá maior necessidade de irrigação</li> </ul>

recarga do lençol freático, por meio da promoção de lenta reabsorção de água pelo solo.

Sua indicação aumenta onde há a disponibilidade de água de chuva.

A escolha das técnicas que compõem um sistema de manejo de água sempre deve ser avaliada e adaptada conforme as especificidades, intenções e possibilidades locais. Embora este seja um sistema cujas técnicas estejam bastante intrincadas, é possível criar sistemas com combinações de técnicas diferentes, mantendo a função da solução principal de drenar, armazenar, tratar e utilizar água do lençol freático e da chuva para consumo não potável.

Pode ser usado em:

- Construções sobre lençol freático alto;
- Edificações com alta demanda para uso de água não potável;
- Edifícios residenciais e comerciais de pequeno porte;
- Equipamentos públicos (tais como escolas, unidades de saúde, etc);
- Residências unifamiliares.



Figura 12 – Vista do pátio e pavimentos da edificação que é utilizada como uma boutique

## FICHA TÉCNICA DO PROJETO ARQUITETÔNICO DO EDIFÍCIO HARMONIA 57

- **Projeto de manejo integrado de água e instalações hidráulicas:** Guilherme Castagna e URBE Engenharia
- **Projeto arquitetônico (obra):** Triptyque - Greg Bousquet, Carolina Bueno, Guillaume Sibaud e Olivier Raffaelli
- **Coordenador de obra:** Tiago Guimarães (Triptyque)
- **Paisagismo:** Peter Webb
- **Mestre de obra:** Aparecido
- **Irrigação:** Hidrosistemas, Eng. Agrícola Guilherme Silva Coelho
- **Projeto estrutural:** Rika/Eng. Rioske Kanno
- **Construtora:** Bassani Arquitetos Construtores
- **Local:** Rua Harmonia, 57 - Vila Madalena

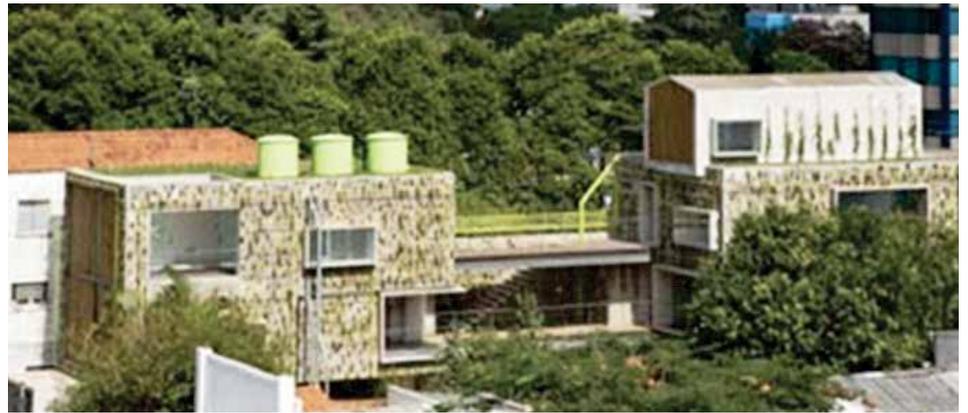


Figura 13 – Edifício Harmonia 57: vista lateral do prédio na subida da Rua Harmonia

São Paulo- SP, Brasil

■ **Área do terreno:** 500 m<sup>2</sup>

■ **Elaboração do projeto:** 2007- 2008

■ **Construção:** 2008 ●

A maior linha de produtos químicos para construção civil

# Obras bem protegidas. Sempre.

A Viapol oferece soluções customizadas para todo tipo de obra, com proteção e eficácia.

operamarketing.com.br

www.viapol.com.br  
SP (11) 2107-3400  
BA (71) 3507-9900



Associado ao Instituto Brasileiro de Impermeabilização



Nossa marca é proteger sua obra

# O crescimento da construção sustentável no Brasil

MARCOS CASADO - DIRETOR TÉCNICO E EDUCACIONAL  
GREEN BUILDING COUNCIL (GBC BRASIL)

Desde 2007, ano de início das atuações do GBC aqui no Brasil, até hoje o crescimento da procura pelo selo *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)* cresceu exponencialmente. O País já conta com cerca de 770 empreendimentos em busca do selo e 109 empreendimentos já certificados. Além disso, de acordo com o ranking mundial sobre o tema, o Brasil possui posição de destaque, é o 4º colocado atrás, apenas dos EUA, China e Emirados Árabes, mas, se continuar com o expressivo crescimento, ao final deste ano, alcançará o terceiro posto com certa facilidade.

Todos esses dados mostram a importância que o Brasil tem dado para as questões de sustentabilidade, não só no âmbito de construções, mas também na criação de novas tecnologias e novos produtos com menores impactos ambientais. Hoje, por exemplo, é possível achar facilmente no mercado tintas, adesivos e selantes com baixo teor de *VOC (Volatile Organic Compounds)*, lâmpadas e equipamentos elétricos mais eficientes, madeira certificada, vários revestimentos com conteúdo reciclado, etc.

## 1. ENTENDENDO A CONSTRUÇÃO VERDE E CERTIFICAÇÃO LEED

Aqui no Brasil, a maioria dos empreendimentos que buscam ou buscaram a certificação são comerciais e/ou administrativos (cerca de 47%) e, para receber a certificação, o empreendimento deve atender critérios que avaliam o tipo de terreno, a localização, a infraestrutura local, o uso racional de água, eficiência energética, qualidade do ar interno, reciclagem e diversas outras medidas que garantam eficiência operacional ao usuário e preservação do meio ambiente, antes, durante e após a obra. Ao atingirem esses principais quesitos, os empreendimentos, então, estão aptos para receberem a certificação LEED, que é dividida

em níveis prata, ouro e platina, dependendo da pontuação conquistada pela obra ao todo.

Desde 2011, o GBC Brasil trabalha no projeto Referencial Casa, que é específico para residências sustentáveis. É um trabalho dividido em comitês técnicos e temáticos e, além de suprir a demanda do setor, tem o principal objetivo de criar parâmetros nacionais de sustentabilidade para residências unifamiliares ou multifamiliares, de baixo, médio e grande porte, que buscam viabilidade econômica, redução do impacto ambiental e a conscientização de todos os envolvidos no setor. O GBC Brasil vê esta movimentação com bons olhos, pois, hoje em dia, não existe um selo específico para este tipo de construção no País, diferentemente dos Estados Unidos que têm como prática comum este tipo de certificação, pela chancela do U.S.GBC.

Tabela 1 – Ranking mundial da Certificação Leed

Posição/País	Registros	Certificados
1º EUA	45.744	16.145
2º China	1.306	373
3º Emirados Árabes	815	78
4º Brasil	769	109
5º Canadá	491	174
6º Índia	440	171
7º México	356	50
8º Alemanha	323	62
9º Turquia	329	39
10º Chile	202	31
11º Itália	199	41
12º Coréia do Sul	198	36
13º Qatar	183	8
14º Espanha	171	45
15º Arábia Saudita	155	3

CBC BRASIL



Rochaverá Corporate Tower (SP)

cobertura de um prédio localizado no bairro Jardins, em São Paulo, será a primeira residência a ser finalizada.

O duplex de 460m<sup>2</sup> possui grandes investimentos em automação dos sistemas elétricos e hidráulicos, tais como: luminárias com sensores de presença e controle remoto, medição individualizada em todos as prumadas hidráulicas do apartamento, além de marcenaria com 100% de madeira certificada, piso de bambu (também certificado), tintas e vernizes de baixo teor de VOC e cerâmicas e acabamentos específicos com conteúdo reciclado. Possui ar condicionado com maior eficiência e, na cobertura, possui pisos porosos e vegetação nativa completando o acabamento da varanda. Este apartamento ficará disponível para visitação após a finaliza o da obra e, futuramente, os proprietários pretendem vendê-lo.

Dentro do Referencial existem nove projetos-piloto e, ainda este ano, alguns já será inaugurados. Inclusive, no início de setembro, o Apartamento Sustentável, uma

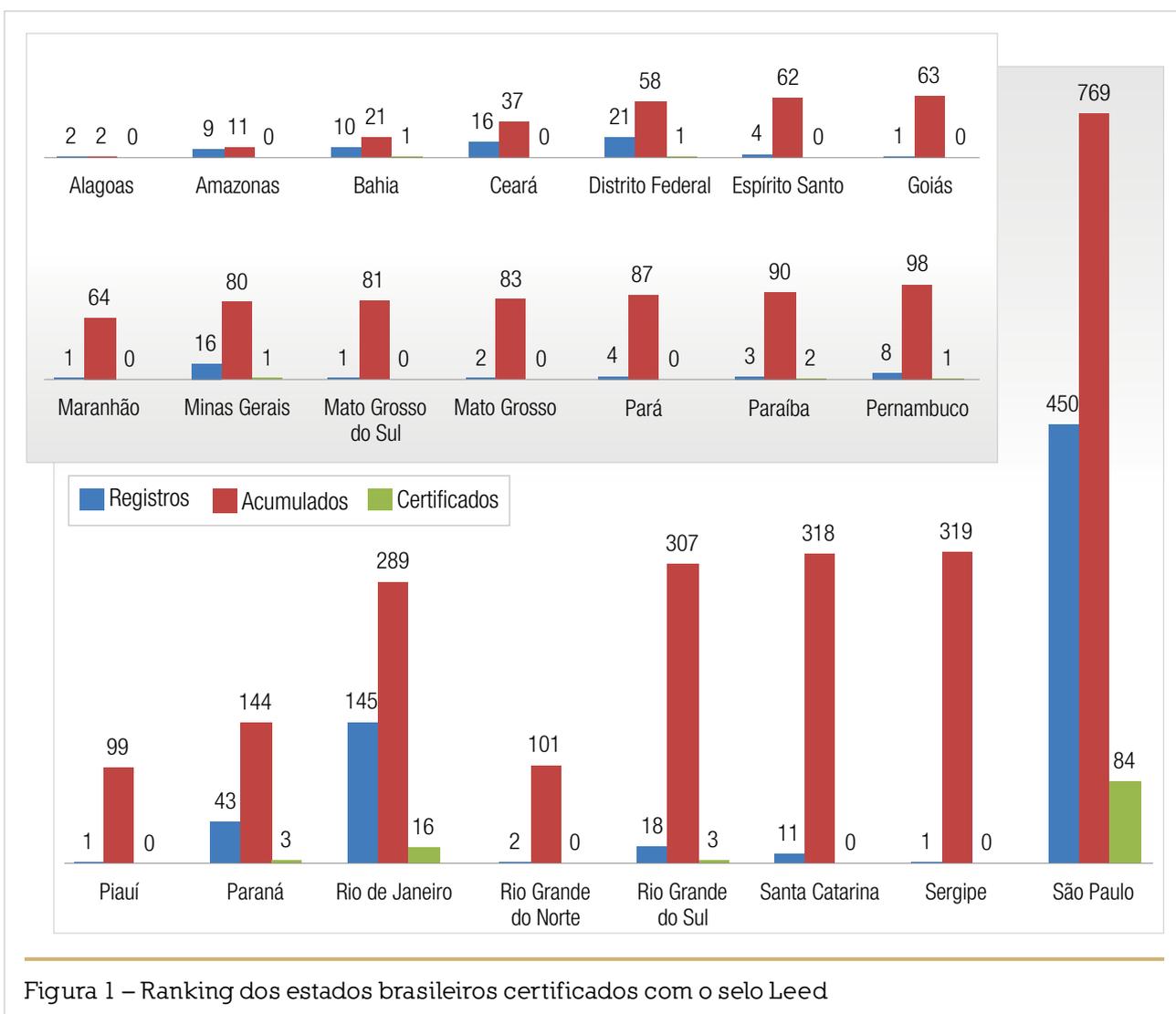


Figura 1 – Ranking dos estados brasileiros certificados com o selo LEED

## 2. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL PROMOVIDA PELO GBC BRASIL

A Conferência Internacional Greenbuilding Brasil & Expo é o principal momento no calendário anual do GBC Brasil, por se tratar de um evento de elevado nível técnico e profissional, no qual serão reunidos membros, parceiros, órgãos públicos, delegações internacionais, além de jornalistas que cobrem o setor da construção civil diariamente. Os três dias de evento serão repletos de palestras de importantes figuras nacionais e internacionais do setor de construção, dentre eles: arquitetos; engenheiros; formadores de opinião; investidores e responsáveis por certificações de edificações de tipologias diversas. Além disso, inúmeras visitas técnicas serão realizadas nos projetos que usam ou usaram métodos de construção debatidos no evento. Desta maneira, os conceitos discutidos são vistos na prática e *in loco* pelos visitantes e interessados.

A Conferência, nas últimas edições, cresceu em importância e dimensão. As duas primeiras edições, por exemplo, foram instaladas em apenas 500 m<sup>2</sup>. Já no ano passado, este número subiu para 6.500 m<sup>2</sup>. Neste ano, o evento está ainda maior: serão 8.000 m<sup>2</sup> de área. Os números de público comprovam o reconhecimento, a saber, entre o público visitante de 2012, 45% pretendia conhecer as tendências do mercado, ver novos produtos ou serviços e encontrar novos parceiros; 67% dos visitantes possuíam poder de decisão final na compra dos produtos e serviços e 74% ocupavam cargos de liderança nas empresas de atuação.

O evento deste ano, contará com 120 patrocinadores nacionais e internacionais e, segundo os organizadores, a expectativa é que receba mais de 1600 congressistas e 7400 visitantes e compradores qualificados. Em 2013, a conferência aconteceu entre os dias 27 e 29 de agosto, no pavilhão vermelho do Expo Center Norte, na Zona Norte de São Paulo.

## 3. POLÍTICAS PÚBLICAS

O GBC Brasil observa, ultimamente, uma boa movimentação do poder público ao incentivar, cada vez mais, práticas sustentáveis no setor da construção, que se beneficia ainda pela proximidade de grandes eventos, como a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016.

O Rio de Janeiro, por exemplo, é o segundo estado brasileiro a ter mais empreendimentos certificados com o selo LEED e edificações que buscam a certificação, atrás apenas do estado de São Paulo. A cidade abraçou bem o tema da sustentabilidade na construção civil. Isso pode ser comprovado, por exemplo, com o Qualiverde, legislação que dá concessões e benefícios às construções verdes, de modo a promover o incentivo à adoção de práticas sustentáveis e à redução de emissão de gases de efeito estufa. Um exemplo recente e

bem sucedido de empreendimento verde na capital carioca é o estádio do Maracanã, cuja certificação deve sair até o fim do ano, após a conclusão das auditorias de desempenho, assim como estão em certificação também as instalações definitivas do Parque Olímpico da Barra, como o Centro de Tênis e o Velódromo, e também os Museus do Amanhã e o Museu da Imagem e Som, que estão em construção.

Além disso, o Rio de Janeiro possui certificação para as duas Torres Corporativas do Edifício Ventura Tower no centro, o Edifício da Universidade Petrobras na Cidade Nova e a Loja da Starbucks do Shopping Rio Sul.

## 4. OPORTUNIDADES ECONÔMICAS RELATIVAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Hoje em dia, o mercado da construção civil tem tido uma rotatividade importante, principalmente no quesito de se buscar soluções inovadoras e revolucionárias na hora de construir sustentável. A principal delas é a forma de projetar, pois este tipo de construção implica buscar uma boa sinergia entre os vários atores: projetistas, arquitetos, engenheiros, construtores, operadores, clientes e financiadores. Isso é o que o GBC chama de Gestão Integrada de Projetos.

Outro ponto importante está relacionado à cadeia de suprimentos e fornecedores de produtos e serviços, que vêm rapidamente se adequando às exigências e abastecendo o mercado com novos tipos de materiais com maior eficiência energética, definindo menor impacto à saúde das pessoas e incorporando conteúdos reciclados na sociedade. Percebemos



EcoBerrini (SP)

GBC BRASIL

essas mudanças com a criação de novas lâmpadas de alta eficiência e inteligentes, tintas com baixo teor de VOC's, elevadores de baixo consumo, dentre outros inúmeros produtos.

Além disso, outro ponto de grande importância para geração de oportunidades neste setor está baseado em um dos principais pilares de atuação do GBC Brasil, que é o de formação e educação. Com o Programa Nacional de Educação, o GBC oferece MBA's em construção sustentável para profissionais das diversas áreas de atuação do setor. Os cursos são de grande valia, pois abordam, de forma técnica e focada, todos os principais aspectos a serem considerados no planejamento, desenvolvimento de projetos, execução, operação e manutenção de empreendimentos sustentáveis. Até hoje, mais de 47 mil profissionais já passaram pelo Programa, que é avaliado com uma satisfação de 95%. O corpo docente tem elevada capacitação e experiência na área e o curso inclui a disciplina preparatória para os exames de credenciamento LEED GA e LEED AP. O GBC Brasil acaba de lançar junto ao Inbec (Instituto Brasileiro de Educação Continuada) e à Unicid (Universidade Cidade de São Paulo) um novo MBA em Cidades, Bairros e Condomínios sustentáveis.

## 5. PROJEÇÕES PARA O SETOR EM 2014, SEGUNDO O GBC BRASIL

Para 2014, em nossa visão, existe uma projeção de crescimento cada vez maior, por conta do conhecimento mais fundamentado destes conceitos pelo setor em geral, além do aumento da oferta de profissionais e produtos pelo mercado, que vêm barateando os custos da construção sustentável. Quando foi iniciada a certificação LEED aqui no Brasil, o custo para concepção de uma edificação sustentável era 30% maior do que um empreendimento comum. Hoje esse número varia entre 1% e 7%, ou seja, com o passar do tempo, e o acesso a novas tecnologias com preços mais acessíveis, os custos a mais tornam-se irrelevantes, também por conta do rápido retorno financeiro que este tipo de construção proporciona.

Apenas como base, um empreendimento sustentável chega a reduzir em 30% o consumo de energia, 50% de água e geram 80% menos resíduos sólidos (em todos os processos da obra), além disso, o custo para manutenção, em toda a vida útil do empreendimento, não passa de 9%. Outro dado relevante é que o preço de revenda aumenta em torno de 10% a 20% do preço inicial. ●



## Desenvolvimento e Sustentabilidade.

PARA A T&A, ESTES SÃO OS CONCEITOS QUE CONCRETIZAM O FUTURO.

Da tecnologia à gestão de negócios, a T&A está atenta ao seu papel socioambiental, transformando diretrizes corporativas em benefícios para toda a sociedade. O sistema de pré-fabricados de concreto é industrializado, tornando-se um grande aliado do meio ambiente, devido à eliminação de entulhos nos canteiros de obras e a redução do desperdício de matérias-primas. **T&A. Concretizando o futuro.**



# Resíduos da concreteira: o aproveitamento do problema

---

LUIZ DE B. P. VIEIRA – COORDENADOR DE PROJETOS  
ENGEMIX-VOTORANTIM CIMENTOS BRASIL LTDA

ANTONIO D. DE FIGUEIREDO – PROFESSOR ASSOCIADO  
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

---

## 1. O PROBLEMA

**A**tualmente, muitas empresas do setor da construção civil vêm buscando uma adequação às exigências de uma construção mais sustentável e eficiente. Este fato ocorre atrelado à redução dos custos de produção e à melhoria da qualidade de produtos e serviços.

É consenso que o volume de concreto desperdiçado, apesar de bem menor do que o para outros materiais na construção civil, é muito relevante, causando um severo impacto ambiental e financeiro à sociedade. Entretanto, muitos dos envolvidos no processo de construção não conseguem quantificar o impacto dessa perda, uma vez que o concreto desperdiçado ou é incorporado à estrutura, ou é descartado em aterros, ou devolvido ao fornecedor.

O volume de concreto produzido que retorna às concreteiras e é descartado como resíduo é estimado em 2% pela ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem). Os números internacionais não diferem muito do que se observa no Brasil: a FIHP (Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado) estima esse número em 3% e a ERMCO (European Ready Mixed Concrete Organization) estima em 1%.

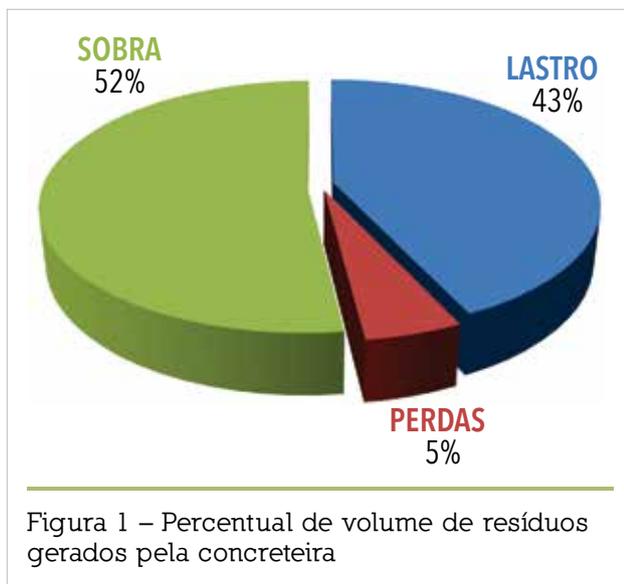
Baseado nos volumes de cimento despachados para as concreteiras apresentados pelo SNIC (Sindi-

cato Nacional da Indústria do Cimento), o Brasil atualmente produz cerca de 30 milhões de metros cúbicos de concreto ao ano neste setor. Assim, 2% deste volume equivalem a 600 mil metros cúbicos que se tornam resíduo.

Lidar adequadamente com essa enorme quantidade de resíduo é um desafio. Isto exige das concreteiras um alinhamento a um modelo de gestão mais moderno e sustentável, capaz de garantir continuidade e crescimento dos negócios no longo prazo. Além disso, a questão da gestão do resíduo tornou-se mais séria desde 2010, com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ou seja, cuidar dos resíduos tem demanda legal.

## 2. RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE CONCRETO

O concreto excedente da obra tem duas maneiras peculiares de destinação: aterros e a devolução do material para a concreteira. Todo custo relativo ao transporte do resíduo da obra até a destinação final e disposição em aterro é pago pelo construtor. Se o resíduo é devolvido para a concreteira, essa responsabilidade passa para a mesma. Assim, com o aumento na austeridade de gastos e do rigor no manejo de resíduos na obra, o volume de concreto que é devolvido às concreteiras tem aumentado pro-



gressivamente. Portanto, a boa gestão de resíduos é essencial para qualquer concreteira atuar de forma responsável.

Um amplo estudo realizado com 109 concreteiras, em 12 estados brasileiros, quantificou o volume de resíduo da produção dessas unidades. Eles podem ser oriundos, fundamentalmente, de perdas do processo produtivo e dos resíduos gerados durante a fase de entrega e lançamento do concreto. Dos 95% dos resíduos gerados na fase de entrega são decorrentes de devoluções de sobras e de lastro, que correspondem respectivamente a 52% e 43% do volume total de descarte efetuado pela concreteira; 5% apenas dos resíduos surgem devido a perdas do processo produtivo, tais como: materiais que caem no pátio, concretos com abatimento inadequado e que são descartados ainda na concreteira, e toda matéria-prima utilizada

no desenvolvimento de estudos de dosagem e controle da produção (Figura 1).

Entende-se por lastro o material que fica impregnado no interior da betoneira após o descarregamento total do concreto. Por outro lado, a sobra é definida como qualquer volume residual que não é descarregado na obra e que é devolvido à concreteira.

O volume de lastro varia de acordo com algumas características do concreto, como, por exemplo, o abatimento do concreto. Estudos demonstraram que, cada lavagem de lastro gera entre 30 a 200 kg de resíduo. Como cada betoneira efetua cerca de quatro viagens ao dia, a continuidade deste processo faz com que o volume de lastro se torne muito significativo. A retirada do lastro é necessária para evitar que o mesmo venha a aderir às facas internas do balão e, assim, prejudique a eficiência de homogeneização do equipamento (Figura 2).

A sobra ocorre pontualmente. O motivo mais corriqueiro está ligado à diferença entre o volume de concreto pedido frente ao volume efetivamente consumido para a execução da estrutura na obra. No levantamento realizado, constatou-se que quase 80% das devoluções são ocasionadas porque o pedido da obra traz um acréscimo implícito e 12% ocorrem por se ter excedido o tempo de aplicação. O conhecimento destes valores é fundamental para o estabelecimento de uma política de gestão de resíduos.

### 3. INICIATIVAS PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS

Algumas ações são desenvolvidas por concreteiras para mitigar o problema dos resíduos, entre as mais



usuais estão a conscientização do cliente, a utilização das sobras em melhorias na própria concreteira e a produção de artefatos de concreto.

Apesar de nobre e de possibilitar uma aproximação benéfica entre o fornecedor e o cliente, a conscientização do cliente sobre a importância de se reduzir o desperdício não traz grandes resultados, afinal, nem sempre o foco dos envolvidos está na sustentabilidade, mas na redução do custo global da obra.

Outra iniciativa corriqueira é a utilização das sobras de concreto para melhorias na concreteira (concretagem do pavimento, confecção de blocos para separação de baias, etc.). Esse tipo de ação é muito útil, mas limitada, já que a demanda por melhorias da central é sempre finita.

A utilização do resíduo para produção de artefatos de concreto também é frequentemente adotada. Para isso, é necessário criar uma unidade de fabricação específica na concreteira. No entanto, há grandes dificuldades para que esse tipo de iniciativa tenha o porte necessário para se tornar significativa na resolução do problema resíduo como, por exemplo:

- A produção e comercialização de artefatos demandam investimentos e estrutura específica para que o processo funcione adequadamente;
- A qualidade é difícil de ser mantida a custos baixos, uma vez que as composições da sobra variam, demandando inserção de matérias primas de forma a adequá-las à produção de artefatos;
- O *business core* da concreteira é o fornecimento do concreto e isso faz com que a produção de artefatos seja relegada a um segundo plano, reduzindo sua eficácia;
- O sistema de tributação nacional é diferenciado: enquanto o concreto é uma prestação de serviço, sendo tributado pelo ISS, o artefato é um produto e é tributado por IPI, trazendo implicações jurídicas e contábeis.

As iniciativas carecem de fundamentação técnica, apesar de bem intencionadas, não conseguindo gerar reduções significativas. Por isso, algumas metodologias mais sofisticadas foram desenvolvidas para permitir a gestão efetiva do resíduo devolvido às concreteiras.

## 4. METODOLOGIAS PARA A ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Os métodos mais promissores para tratar resíduos em concreteira estão apresentados na Tabela 1. Eles podem ser utilizados tanto no caso de sobras como no caso do lastro, sendo escolhidos em função do estado físico do concreto.

### 4.1 ADITIVO ESTABILIZADOR DE HIDRATAÇÃO (AEH)

O reaproveitamento através do uso de aditivos estabilizadores de hidratação (AEH) é uma possibilidade que tem se mostrado muito favorável. Neste método, um aditivo que atua inibindo temporariamente a hidratação do cimento é aplicado ao concreto fresco, o que possibilita o aumento do tempo de pega do concreto, viabilizando reaproveitá-lo em outro carregamento.

O uso de AEH requer conhecimento técnico e a adequação do sistema de pesagem para viabilizar o seu uso. Entretanto, é certo que quem domina o uso deste produto consegue auferir ganhos significativos, pois o custo do aditivo é baixo frente ao custo de disposição do resíduo em aterro e ao valor de matérias-primas que são reaproveitadas. Para cada real gasto com AEH, é possível recuperar algo entre 4,5 e 12 reais em matéria-prima. Em estudo recente (VIEIRA, FIGUEIREDO, 2013), comprovou-se que há ganho do ponto de vista econômico para o reaproveitamento de resíduo em concreteiras. Constatou-se ganho de 2% no custo de produção decorrentes da economia de matéria-prima. A redução do custo de retirada e disposição de resí-

Tabela 1 – Métodos para eliminação do resíduo em concreteira

Material	Métodos mais promissores
Concreto fresco	Reaproveitamento do concreto com a utilização de aditivo estabilizador de hidratação (AEH)
	Recuperação de concreto através da separação do agregado por lavagem
Concreto endurecido	Reciclagem através da britagem de concreto endurecido para a produção de agregado

duos diminuiu em 74% e o custo de água adquirida de terceiros foi reduzido em quase 65%. O custo de diesel por volume transportado foi reduzido em 8% devido à menor perda de tempo na lavagem das betoneiras. No entanto, concretos com adiantado grau de hidratação, normalmente aqueles cujo tempo de carregamento supera os 150 minutos, estabelecidos na ABNT NBR 7212, não podem ser estabilizados.

O uso de AEH também possui riscos, pois o excesso de aditivo poderá causar um grande retardo na pega e a falta poderá causar o endurecimento do concreto dentro do caminhão betoneira. Por isso, é necessária a realização de estudos prévios e a capacitação da equipe da concreteira, para gerir bem adequadamente o reaproveitamento.

#### 4.2 SEPARAÇÃO POR LAVAGEM FORÇADA

A recuperação de agregados por processo mecânico consiste na passagem do concreto fresco em um reciclador que, por lavagem com água sob pressão, separa os agregados da pasta. Neste processo, a parcela de cimento e água (lama “slurry”) é descarregada em depósitos de água residual. Já, os agregados (mistura de areia e brita) são descarregados em baias de agregado residual e podem ser reutilizados, tão logo verificada a sua adequação. Alguns equipamentos mais modernos possuem sistemas de separação que, através do peneiramento, separam os agregados em duas parcelas denominadas de areia residual e brita residual, o que facilita sua reaplicação. Existem equipamentos com distintas capacidades, que podem ser selecionados em função da demanda de cada concreteira. Entretanto, a devolução simultânea de várias cargas pode dificultar o processo devido à excessiva geração de lama.

A própria lama pode ser reutilizada para a mistura de novos concretos. No entanto, estudos demonstraram que o excesso de material dissolvido na lama resulta no aumento da demanda de água do concreto e interfere negativamente na resistência. Assim, é necessário verificar o teor máximo de lama a ser dosado em cada categoria de resistência de concreto.

#### 4.3 BRITAGEM DE CONCRETO ENDURECIDO

A reciclagem do concreto endurecido pode ser feita pela britagem, onde o material é reduzido a dimensões similares à dos agregados. Isto possibilita a reintrodução deste resíduo na confecção de concretos especialmente dosados para tal.

Existem vários modelos de britadores disponíveis no mercado. A seleção do equipamento deve visar produzir um agregado reciclado com propriedades que viabilizem seu uso nas concreteiras.

O britador mais utilizado na cominuição de concreto endurecido é do tipo mandíbula, o que se deve à menor geração de finos. Há possibilidade também de utilizar peneiras que removam o material mais fino do agregado reciclado.

Não há grandes obstáculos técnicos para a implantação de um sistema de produção de concreto que utilize agregados oriundos da britagem de concretos endurecidos. Isto porque a planta necessária para a cominuição do concreto não possui diferenças significativas em relação às utilizadas na produção de agregados provenientes de fontes naturais.

Naturalmente, a viabilidade financeira da reciclagem de agregado na concreteira deve ser avaliada. É necessário que o ganho com a diminuição dos custos com o uso destes agregados e da retirada e disposição de resíduos seja maior que os custos relativos à aquisição, instalação e depreciação do equipamento, além dos custos de operação e manutenção do novo sistema.

Seja qual for o método adotado, é necessário realizar um estudo prévio de qualidade para evitar incrementos excessivos de consumo de cimento para compensar perdas de desempenho ocasionadas pela reintrodução do resíduo de concreto ou para minimizar os riscos do reaproveitamento com AEH.

## 5. CONCLUSÕES

Iniciativas como a utilização de sobras em melhorias nas concreteiras, conscientização de construtores e produção de artefatos de concreto são pouco efetivas para resolver de forma consistente o problema dos resíduos. Assim, é necessária a utilização de ou-

tras metodologias que viabilizem reduções significativas na grande quantidade de resíduos que atualmente retornam para as concreteiras.

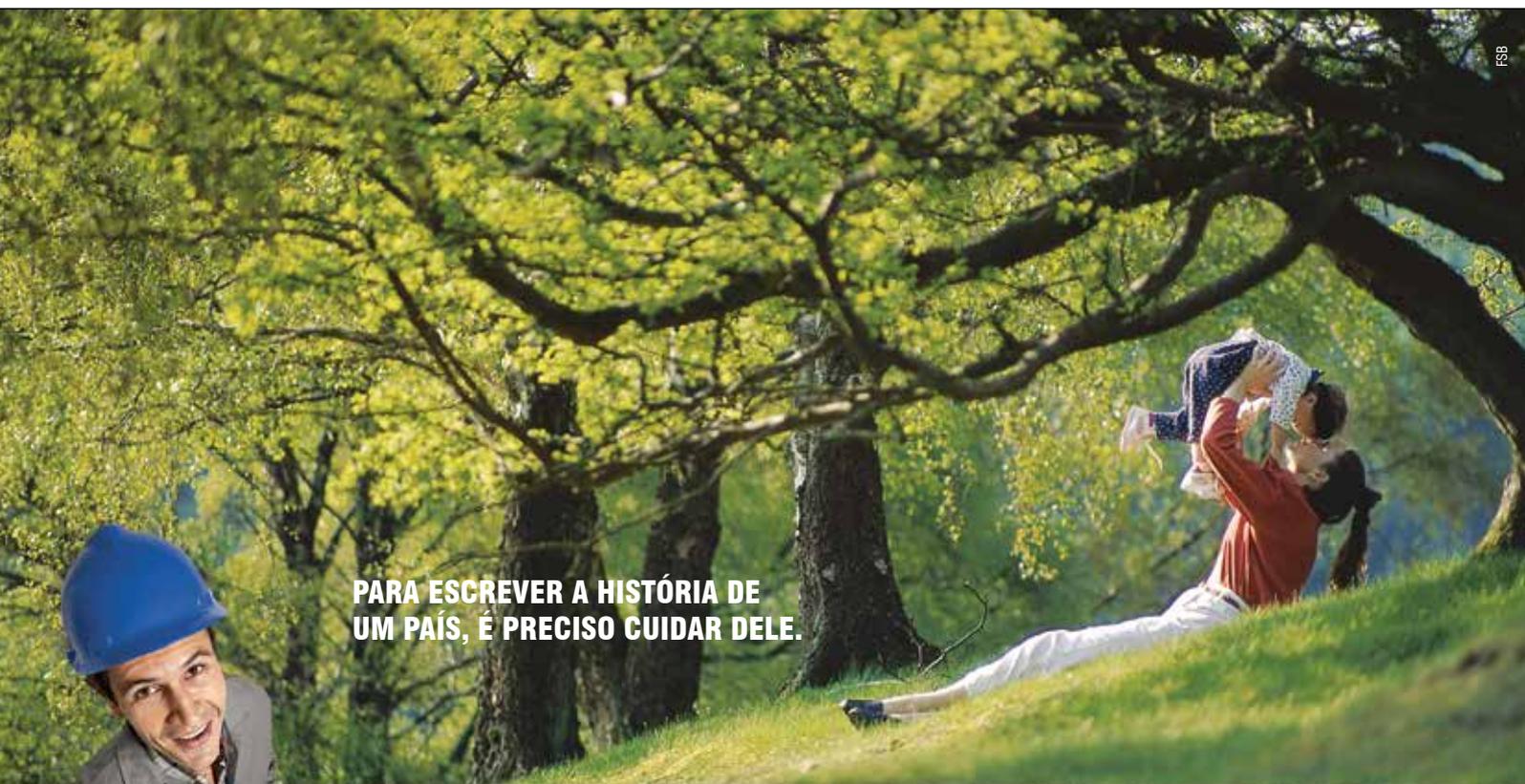
As técnicas atuais mais promissoras consistem na utilização de AEH e de equipamentos de reciclagem do concreto, seja no estado fresco ou endurecido. O caso específico do uso de AEH, apesar de demandar extensa pesquisa prévia, tem fácil implantação em concreteiras de todos os portes gerando ganhos sig-

nificativos com economia de matéria-prima e com a redução do custo de disposição de resíduos. Entretanto, esse método não elimina a totalidade de resíduos de produção.

Os métodos que utilizam equipamentos para reciclagem do concreto, em alguns casos, conseguem ser aplicados de forma vantajosa pelas concreteiras. Entretanto, isso dependerá basicamente dos custos envolvidos e do porte da concreteira.

## Referências Bibliográficas

- [01] ABESC. (2003). Concreto Dosado em Central - Meio Século de Serviços ao Brasil. São Paulo: Opera.
- [02] FIHP. (2011). hormigón premezclado en Iberoamérica con el fin de promover el desarrollo sostenible. Asamblea FHIP 2011. Brasília: ABESC.
- [03] IBRACON. (2009). Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. CONCRETO & Construções - Revista Oficial do IBRACON, 15.
- [04] ERMCO. (2011). European Ready Mixed Concrete Organization. Acesso em 01 de 06 de 2012, (ERMCO: <http://www.ermco.eu>)
- [05] VIEIRA, L. B. P., FIGUEIREDO, A. D. Reaproveitamento do concreto com uso de aditivo estabilizador de hidratação em concreteira. 55º Congresso Brasileiro do Concreto do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Gramado, 2013. ●



**PARA ESCREVER A HISTÓRIA DE  
UM PAÍS, É PRECISO CUIDAR DELE.**

**Para um país crescer, é preciso investimento. Mas é necessário também pensar no meio ambiente, na sociedade e nas futuras gerações.**

**A indústria do cimento investe em qualidade e utiliza as tecnologias mais avançadas para promover um desenvolvimento sustentável. Colabora ainda para tornar o meio ambiente mais limpo com o co-processamento: a destruição de resíduos industriais e pneus em seus fornos.**

**Onde tem gente tem cimento.**

# Concreto autoadensável: avaliação do efeito de resíduos industriais em substituição à areia

---

CLÁUDIA GUIA DA SILVA - TECNÓLOGA EM CONTROLE DE OBRAS  
ALBÉRIA CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE - PROFESSORA  
INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO - IFMT/CAMPUS CUIABÁ

SANDRA MARIA DE LIMA - PROFESSORA  
INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - IFRN/CAMPUS NATAL

---

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto autoadensável (CAA) surgiu no Japão, na década de 80, como uma variação do concreto de alto desempenho (CAD). Para os japoneses, o alto desempenho está intrinsecamente relacionado à facilidade de se trabalhar com o concreto (TRABALHABILIDADE), ou seja, em se empregar o mínimo esforço para lançar, espalhar e adensar o material. Além dessas facilidades, o CAA minimiza a poluição sonora causada pelas concretagens em obras. Todas essas características são somadas à durabilidade do CAA, uma vez que o mesmo é uma variação do CAD.

Sendo assim, o CAA pode ser definido como um concreto de alto desempenho com excelente deformabilidade no estado fresco e alta resistência à segregação. Este concreto possui a capacidade de se moldar nas fôrmas sem vibração, passando coeso, por meio das armaduras (CATOIA *et.al.*, 2009). EFNARC (2002) *apud* Tutikian e Dal Molin (2007) relata que um concreto só poderá ser considerado autoadensável se apresentar três características simultaneamente: fluidez, coesão e resistência à segregação.

Posto isso, verifica-se algumas palavras-chaves relacionadas ao conceito do CAA. A primeira delas é trabalhabilidade. Reis *et.al.* (2009) definem a trabalhabilidade do concreto

fresco como a propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto fresco, com perda mínima de homogeneidade. A manipulação está relacionada à mistura, ao transporte, ao lançamento e espalhamento em fôrmas, ao adensamento, todas essas operações não deverão causar perda de homogeneidade ou segregação no concreto. Os autores ainda enfatizam que a trabalhabilidade é relativa, pois depende das condições de operação e manipulação supracitadas. Dentre essas condições estão as dimensões das fôrmas, a densidade de armaduras, etc.

Outra palavra-chave relacionada ao CAA é coesão. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a coesão do concreto define a sua resistência à exsudação e à segregação, ou seja, é um índice simultâneo de capacidade de retenção de água e da capacidade de retenção do agregado graúdo na massa do concreto fresco. A segregação é definida como sendo a separação dos componentes do concreto fresco de tal forma que a sua distribuição não seja mais homogênea, enquanto a exsudação é um fenômeno cuja manifestação externa é o aparecimento de água na superfície após o concreto ter sido lançado e adensado, porém antes de ocorrer a pega (início da solidificação do concreto).

Helene e Alencar (2008) mostram a importância e a

influência dos finos para o CAA através de estudos em diversos traços, e concluem que a coesão dos CAA está relacionada à quantidade de finos, cimento e adições, sendo que a correção da coesão do concreto fresco por substituição de finos pozolânicos ou não pozolânicos correspondentes será tanto maior quanto menos rico forem os traços de concreto.

Por fim, a fluidez descreve a facilidade de mobilidade da mistura. A fluidez é a propriedade que caracteriza a capacidade do concreto autoadensável de fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços, de modo a escoar pela fôrma e passar por entre as armaduras, sem obstrução do fluxo ou segregação (FURNAS, 2004).

Entretanto, para alcançar e manter essas características, a dosagem do concreto autoadensável deve contemplar materiais com características também específicas, tais como: aditivos superplastificantes e/ou modificadores de viscosidade; adequação da dimensão máxima característica dos agregados graúdos; uso de adições minerais pozolânicas; e uso de materiais finos alternativos, como resíduos industriais (TUTIKIAN, 2004).

Segundo Mehta (1999), a tecnologia do concreto, para ser considerada não impactante à natureza, deve seguir três elementos básicos: a conservação da matéria-prima, uma durabilidade maior das estruturas e um planejamento holístico do processo.

Levy e Helene (1997) estudaram de modo pioneiro o aproveitamento de entulho de construção civil para a fabricação de agregados de argamassa e concreto. Desde então, muitos outros trabalhos foram desenvolvidos nessa linha e hoje já existem fábricas para reciclagem desses materiais.

Neste sentido, no desenvolvimento deste trabalho foram utilizados finos procedentes de: resíduo de cerâmica vermelha; pó de recauchutagem de pneus; e pó de pedra oriundo de britagem de rochas.

A viabilidade do uso desses materiais no CAA foi avaliada a partir da fluidez e da coesão apresentada pelos concretos nos ensaios “slump-flow test”, “V-funnel” e “L-box”. O objetivo foi obter concretos autoadensáveis com características semelhantes ao CAA convencional, usando esses resíduos industriais em substituição parcial da areia natural. Adicionalmente, a qualidade dos concretos foi avaliada por meio de ensaios de resistência mecânica nas idades de 3, 7, 28 e 91 dias e também por meio de ensaios para determinação da absorção de água e índice de vazios nas mesmas idades.

## 2. MATERIAIS E METODOLOGIA

### 2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram escolhidos de acordo com a disponibilidade existente na região de Cuiabá (MT, Brasil), sendo utilizados agregados naturais do tipo calcário, em diferentes granulometrias.

Os materiais aglomerantes utilizados foram o cimento do tipo CPIV 32-RS (Sinop, MT) e a sílica ativa, em substituição de 10% do cimento. Os aditivos químicos do tipo superplastificante e plastificante foram adicionados nos teores de 2% e 0,7%, respectivamente, em relação à massa de cimento.

Os resíduos industriais utilizados foram: cerâmica vermelha moída, procedente de telhas e blocos cerâmicos; pó de pneu resultante do processo de recauchutagem; e pó de pedra oriundo da britagem da rocha calcárea. Todos esses resíduos foram peneirados, classificados e, na dosagem dos concretos, foi usada somente a fração passante na peneira de malha 1,2 mm. Na Tabela 1, são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados e resíduos industriais utilizados no estudo.

Tabela 1 – Características dos agregados naturais utilizados

Propriedades		Diâmetro máximo (mm)	Módulo de finura	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária solta (kg/m <sup>3</sup> )	Massa unitária compactada (kg/m <sup>3</sup> )
Agregados	Areia	1,2	1,75	2,64	1620	1670
	Brita 19mm	19	6,68	2,64	1490	1630
	Brita 9,5mm	9,5	5,15	2,64	1460	1610
	Brita 6,3mm	6,3	4,58	2,64	1430	1540
Resíduo industrial	Pó cerâmico	-	-	2,60	-	-
	Pó de pneu	-	-	2,20	-	-
	Pó de pedra	-	-	2,70	-	-



Figura 1 – Exsudação do concreto

## 2.2 DOSAGEM DO CONCRETO

A fim de se obter as características desejáveis ao CAA, optou-se por utilizar o método de dosagem proposto pelo grupo de pesquisadores do LMABC – EESC/USP (CATOIA, et.al; 2009). Este método consiste em dosar uma argamassa com propriedades que atendam aos requisitos de fluidez e viscosidade necessárias para atribuir ao concreto o autoadensamento. Após determinar o traço da argamassa composta por cimento, sílica ativa e três tipos de areia (1 média, 1 fina e 1 muito fina) e por o aditivo superplastificante, adiciona-se a composição de agregados graúdos (brita 1 e brita 0) à argamassa até obter-se as características necessárias para a produção do CAA.

No caso dos ensaios desenvolvidos nesta pesquisa, para o concreto de referência (sem resíduos), o uso de

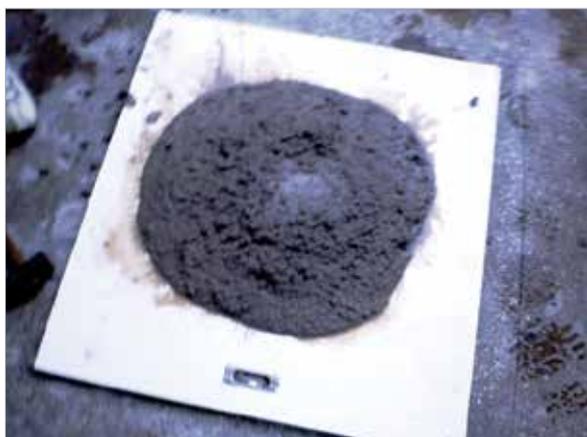


Figura 2 – Segregação do concreto



Figura 3 – Formação de “pelotas” na preparação da argamassa

areia média em conjunto com a areia fina levou à exsudação e segregação do concreto (Figuras 1 e 2). Após várias tentativas, somente com o uso de 100% de areia fina conseguiu-se uma trabalhabilidade e coesão ideais.

Ao final do estudo de dosagem, definiu-se o traço unitário 1:3:2,6 (aglomerante:areia:brita) a ser utilizado em todos os concretos. A proporção entre as britas foi 50/30/20 (brita 19 mm / brita 9,5mm / brita 6,3mm), determinada por meio de empacotamento experimental, a fim de obter a combinação com maior massa unitária e menor índice de vazios.

Nos traços de concreto contendo resíduos de cerâmica e de pó de pedra, diversos teores de substituição da areia foram testados até se obter um valor que resultasse em boa trabalhabilidade e coesão. No caso da borracha de pneu,



Figura 4 – Detalhe das “pelotas” formadas, contendo cimento e areia em seu interior

Quadro 1 – Identificação dos traços de concreto de concreto

REF	RCV	RPP	RBP
CAA de referência com 100% areia natural	20% de Resíduo de cerâmica vermelha em substituição da areia (em massa)	24,7% de Resíduo de pó de pedra em substituição da areia (em massa)	10% de Resíduo de borracha de pneu em substituição da areia (em volume*)

\* Devido à diferença das massas específicas entre a areia e a borracha, a substituição foi feita em volume.

optou-se por um teor de 10% em substituição volumétrica da areia, uma vez que valores maiores podem levar a consideráveis reduções na resistência à compressão do concreto (Albuquerque, 2009). No Quadro 1, encontra-se a identificação dos traços de concreto e as respectivas faixas de substituição da areia natural pelos resíduos industriais.

No caso da dosagem experimental do RCV em particular, é importante denotar o procedimento de mistura do resíduo. A simples adição do pó cerâmico à betoneira levou à formação de “pelotas” de cimento e areia envoltos em uma camada impermeável de argila (Figuras 3 e 4). A posterior adição das britas não desfez as “pelotas” formadas. Para a obtenção de uma mistura homogênea, foi realizada uma dissolução preliminar do pó cerâmico em uma fração da água de amassamento do concreto (Figura 5). Em seguida, iniciou-se a preparação da argamassa de cimento e areia (Figura 6). Só então o pó cerâmico dissolvido foi



Figura 5 – Dissolução do pó cerâmico em uma parte da água de amassamento



Figura 6 – Preparação da argamassa com cimento e areia

adicionado à argamassa de areia e cimento (Figura 7), para que fossem misturados até sua completa homogeneização (Figura 8) e, posterior, adição das britas (Figuras 9 e 10).

No caso dos resíduos de pó de pedra e de borracha de pneu, sua adição diretamente à argamassa não comprometeu a dissolução e a homogeneização dos materiais (Figuras 11 e 12).

Durante a dosagem dos traços experimentais, foram avaliados a trabalhabilidade, fluidez e coesão dos concretos por meio dos ensaios de “slump-flow test”, funil V e caixa L. Os parâmetros de referência para estes ensaios foram, respectivamente: espalhamento de 60 a 70cm, tempo de escoamento menor que 10s, e relação  $h_2/h_1$  maior ou igual a 0,8 (Tutikian, 2004).

Para cada traço, foram moldados 30 corpos de prova a fim de avaliar seu comportamento quanto à resistência à compressão, resistência à tração por compressão diâmetro e módulo de elasticidade, além de características referentes à durabilidade, tais como: absorção, massa específica e índice de vazios. Todos os ensaios foram realizados



Figura 7 – Adição do pó cerâmico dissolvido à argamassa de areia e cimento



Figura 8 – Homogeneização da argamassa

conforme os procedimentos das normas técnicas vigentes.

### 3. RESULTADOS

Na Tabela 2, têm-se os resultados dos ensaios realizados nos concretos fresco e endurecido. Observa-se que os traços RCV e RPP apresentaram resultados muito próximos ao concreto de referência, inclusive com melhor fluidez. O RBP, por sua vez, apesar de apresentar excelentes características no estado fresco, resultou em resistências à compressão muito baixas, o que pode ser atribuído à elevada incorporação de ar no concreto, que é denotada pela sua baixa massa específica.

Quanto às características no estado fresco, à exceção da relação ( $h_2/h_1$ ) do concreto de referência, todos os concretos analisados alcançaram os índices mínimos de fluidez



Figura 9 – Adição da brita à mistura



Figura 10 – Aspecto final do concreto RCV

especificados pela literatura para concretos autoadensáveis. Esse comportamento, entretanto, quando da utilização dos resíduos industriais, demandou maior quantidade de água na mistura, resultando em relações água/cimento mais altas que no concreto de referência.

Nas amostras de concreto endurecido, como era esperado, observou-se o aumento da resistência, da rigidez e da massa específica com a idade de ensaio.

Os concretos RCV e RPP, apesar de demandarem maior relação água/cimento, apresentaram menor índice de vazios e desempenho mecânico equivalente ao concreto de referência. Uma provável explicação para esse comportamento seria o efeito microfíler dos resíduos utilizados. O pó de pedra e o pó de cerâmica vermelha podem ter atuado preenchendo os vazios ocasionados pelo acréscimo no consumo de água, ao ponto de reduzir o índice de vazios e, conseqüentemente, a absorção de água. Desse modo, a microestrutura mais fechada pôde contrabalancear a queda da resistência, que seria a consequência esperada do



Figura 11 – Adição do pó de pedra à argamassa de areia e cimento

Tabela 2 – Resultados dos ensaios com concreto fresco e endurecido

Propriedades do concreto fresco									
Traço		REF		RCV		RPP		RBP	
		Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
Propriedades do concreto fresco	Slump flow (mm)	643	15	653	25	627	6	637	15
	Funil - V (s)	4	-	2	-	4	-	2	-
	Caixa - L (h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub> )	0,74	-	0,83	-	0,80	-	1,0	-
	Relação água /cimento	0,64	-	0,88	-	0,74	-	0,98	-
	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	2290	-	2220	-	2350	-	2030	-
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	5,2	0,07	6,4	0,42	8,1	0,35	2,1	0,45
	7 dias	13,1	0,52	15,7	0,14	20,6	0,16	5,8	1,45
	28 dias	25,3	0,16	24,6	0,06	28,1	0,29	10,4	0,41
	96 dias	29,2	1,24	28,1	0,14	32,0	0,60	12,5	0,21
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	3 dias	0,8	0,10	1,1	0,01	1,1	0,15	0,5	0,08
	7 dias	1,2	0,16	1,3	0,08	2,1	0,52	0,9	0,08
	28 dias	2,3	0,25	2,7	0,06	2,6	0,23	1,3	0,04
Módulo de deformação (GPa)	3 dias	20,0	3,11	15,3	1,91	17,2	0,64	*	-
	7 dias	23,7	6,29	16,6	1,91	25,2	0,99	11,7	1,10
	28 dias	28,2	0,57	24,0	5,28	28,6	0,71	15,5	0,89
Absorção por imersão (%)	3 dias	6,0	0,49	6,9	0,01	5,5	0,10	11,3	0,11
	7 dias	4,4	0,89	4,6	0,07	4,9	0,11	6,8	0,12
	28 dias	7,0	0,78	4,5	0,05	5,0	0,01	7,1	0,15
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	3 dias	2,485	0,02	2,440	-	2,490	0,01	2,200	0,01
	7 dias	2,395	0,02	2,375	0,02	2,480	0,01	2,130	0,01
	28 dias	2,515	0,02	2,385	0,02	2,480	0,01	2,150	0,01
Índice de vazios (%)	3 dias	13,01	0,83	13,77	0,97	12,03	0,21	20,62	0,21
	7 dias	12,90	1,98	10,07	0,42	10,83	0,20	12,66	0,25
	28 dias	14,96	1,35	9,765	0,04	10,96	0,02	13,23	0,25

\* O limite de resistência muito baixo não permitiu a execução do ensaio.

aumento da relação água/cimento. Além desse fator, um possível efeito pozolânico dos resíduos de cerâmica vermelha e do pó de pedra pode ter colaborado para os resultados obtidos. Contudo, uma análise minuciosa da microestrutura seria necessária para confirmar a presença de produtos de hidratação relativos à ação pozolânica desses materiais.

#### 4. CONCLUSÕES

Foram dosados concretos autoadensáveis com e sem substituição parcial da areia natural por resíduos industriais. Observou-se que a utilização dos resíduos de cerâmica vermelha e dos resíduos de pó de pedra é viável para a produção de concretos autoadensáveis.

O uso de resíduos de borracha de pneu, entretanto, apesar de resultar em excelentes características no estado fresco, levou a uma brusca redução da resistência mecânica, inviabilizando o uso desse resíduo no teor praticado nesta pesquisa. Teores mais baixos de borracha de pneu, em combinação com aditivos que não contribuam para a incorporação de ar, podem levar a resultados mais animadores.

Cabe ressaltar que existem algumas peculiaridades e cuidados a serem tomados no uso dos resíduos industriais no tocante ao procedimento de mistura, a fim de se obter uma boa dissolução dos mesmos e uma mistura homogênea do concreto.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas do IFMT, pelo apoio financeiro.

Aos estagiários do Laboratório de Concreto do Departamento de Construção Civil do IFMT-Campus Cuiabá, pela colaboração no preparo do concreto e nos ensaios.



Figura 12 – Adição da borracha de pneu à argamassa de areia e cimento

## Referências Bibliográficas

- [01] ALBUQUERQUE, A.C. Estudo das propriedades de concreto massa com adição de partículas de borracha de pneu. Tese de Doutorado. UFRGS/PPGEC. 2009.
- [02] ALENCAR, R. S. A; HELENE, P.R.L. Dosagem de concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados. Dissertação de Mestrado. USP (POLI). 2008.
- [03] CATOIA, T.; PEREIRA, T.A.C; CATOIA, B.; SANCHES JR, J.E.R; CATAI, E.; LIBORIO, J.B.L. Concreto auto adensável de alta resistência mecânica e baixo consumo de cimento. Concreto e Construções. São Paulo, ano XXXVII, n.55, jul-ago-set, 2009.
- [04] FURNAS. Concreto – Determinação da habilidade de preenchimento do concreto auto-adensável utilizando-se o cone de Abrams (slump flow test) – Método de ensaio. Manual da qualidade, p.1-6, 2004.
- [05] LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. Reciclagem de entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concretos. USP (POLI). 1997.
- [06] METHA, P.K. Concrete technology for sustainable development – an overview of essential principles. In: Livro: Concrete Technology for Sustainable Development in the Twenty First Century. Ed: P.K.Metha, Cement Manufactures' Association, Índia, 1999.
- [07] MEHTA, P.K e MONTEIRO, P.J.M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [08] REIS, F.A.; BARBOSA, M.P; MACIEL, G.F. Determinação e avaliação da viscosidade plástica e da tensão crítica de concretos usando o ensaio do tronco de cone modificado. Concreto e Construções. São Paulo, ano XXXVII, n.55, jul-ago-set, 2009.
- [09] TUTIKIAN, B.F. Método para dosagem de concretos auto-adensáveis. 2004. 149p. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFRGS. Porto Alegre.
- [10] TUTIKIAN, B.F. e DAL MOLIN, D.C. Concreto auto-adensável. São Paulo: Pini, 2007. ●

## Equipamentos WCH, a solução para sua fábrica de Pré-Moldados.



**WCH**  
Consultoria, Equipamentos para Pré-Moldados

Weiler - C. Holzberger Industrial Ltda.  
Rua Alfa, 400 - CEP 13505-620 - Distrito Industrial - Rio Claro - Brasil  
Tel. ++55 (19) 3522 5900 Fax: ++55(19) 3522 5905  
www.wch.com.br e-mail: wch@wch.com.br

# Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento

MARKUS SAMUEL REBMANN - ENGENHEIRO CIVIL - MESTRE  
 JEFFERSON BENEDICTO LIBARDI LIBORIO - PROFESSOR DOUTOR  
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS - EESC-USP

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação consciente dos recursos naturais disponíveis é um tema atual e necessário. O crescimento econômico experimentado por países em desenvolvimento tem elevado continuamente o consumo mundial de cimento, prevendo-se que em 2050 se alcance a marca de seis bilhões de toneladas/ano. O necessário aumento de fabricação de clínquer gera alguns problemas de sustentabilidade.

Vários estudos apontam para a possibilidade de produção de concretos com teores reduzidos de cimento, tendo-se já comprovada a viabilidade mecânica. Concretos com resistência acima de 55 MPa foram obtidos com consumos de cimento abaixo de 290 kg/m<sup>3</sup> (CATOIA et al, 2008; ISAIA e GASTALDINI, 2009; REBMANN, 2011).

Por muito tempo, durabilidade foi correlacionada com resistência, mas, devido ao progresso na tecnologia do cimento e do concreto, passou a ser possível obter boas resistências mesmo com concretos com maior relação água/cimento. Estes concretos mais permeáveis aos agentes agressivos passaram a ter durabilidade reduzida.

As dúvidas sobre a durabilidade de concretos com baixo consumo de cimento e as previsões de crescimentos de consumo justificam esta pesquisa. Possivelmente, novos limites para consumos mínimos de cimento possam ser estabelecidos, baseados não apenas em critério de resistência, mas, sobretudo, de desempenho.

### 1.1 INDICADORES DE BAIXO CONSUMO DE CIMENTO

O consumo de cimento é tradicionalmente expresso em massa de cimento por volume de concreto (kg/m<sup>3</sup>). Esta forma, porém, não tem relação com as características do concreto resultante. Melhor indicativo de consumo é aquele que relaciona a quantidade necessária de cimento para produzir certa quantidade de um parâmetro escolhido, permitindo, assim, avaliar o desempenho obtido. O principal parâmetro de referência dos concretos é a resistência à compressão aos 28 dias.

Damineli et al. (2010) realizaram levantamento de grande quantidade de publicações nacionais e internacionais para avaliar em que níveis de consumo se encontram os concretos atualmente produzidos. Avaliaram o consumo total de aglomerantes e de emissão de CO<sub>2</sub> em relação à resistência à compressão aos 28 dias, tendo encontrado consumos relativos de aglomerantes variando de 4,3 a 29kg.m<sup>-3</sup>.MPa<sup>-1</sup>.

Diversas normas técnicas, nacionais e internacionais, estabelecem consumos mínimos de cimento. No Brasil 260 a 360 kg de cimento por m<sup>3</sup> são exigidos, dependendo da classe de agressividade ambiental (ABNT NBR 12655:2006). Alguns pesquisadores tem questionado este tipo de especificação, pois desconsideram as atuais possibilidades técnicas. Wassermann et al. (2009) mostraram que a diminuição no consumo de cimento não é acompanhada por nenhum

efeito negativo na durabilidade, pelo contrário, há até melhorias em alguns aspectos. Sugerem, assim, que as recomendações de consumos mínimos de cimento pelas normas devam ser revistas.

### 1.2 PRODUÇÃO DE CONCRETOS COM BAIXO CONSUMO DE CIMENTO

A busca simultânea por ganhos de resistência e diminuição de consumo de cimento é obtida pelo ajuste de uma série de fatores. Cita-se principalmente:

- 1 – Redução do consumo de água: possível com emprego de superplastificantes de alta eficiência, compatíveis com o tipo de cimento empregado;
- 2 – Melhoria da zona de interface agregado-pasta e refinamento da estrutura de poros: alcançados com o uso de superplastificantes e uso de adições minerais capazes de contribuir com efeito pozolânico e/ou filer;
- 3 – Escolha adequada dos agregados: formatos e granulometrias inadequadas podem conduzir à necessidade de volume superior de pasta e formação de zonas de interface mais porosas;
- 4 – Redução do volume de pasta: com o emprego de técnicas para empacotamento dos agregados e aditivos para dispersão dos aglomerantes;
- 5 – Procedimento e eficiência da mistura: o tipo de misturador e a ordem de alimentação podem melhorar as propriedades reológicas sem aumentar o consumo de água;
- 6 – Propriedades físico-químicas do cimento: têm importância vital para o comportamento reológico e o desenvolvimento das propriedades mecânicas.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Com base nas técnicas citadas propôs-se o programa

experimental descrito a seguir para analisar a durabilidade de concretos elaborados com baixo consumo de cimento.

### 2.1 MATERIAIS

Empregou-se cimento Portland tipo CP V-ARI, sílica ativa e metacaulinita. Como agregados, empregaram-se três granulometrias de areias quartzosas, além de pedrisco e brita 1 de basalto (tabela 1). Utilizou-se ainda um filer de quartzo moído, com grãos passantes na peneira de abertura 25  $\mu\text{m}$  e massa específica de 2,64g/cm<sup>3</sup>.

Como aditivo, optou-se por um superplastificante baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado, desenvolvido para produção de concretos autoadensáveis e de alto desempenho. Este proporciona alta redução de água e manutenção de trabalhabilidade, mesmo para baixos consumos de cimento.

### 2.2 ENSAIOS PRELIMINARES

Para determinar as proporções de agregados que possibilitassem máximo preenchimento do volume de concreto com sólidos, utilizou-se o procedimento de empacotamento por misturas sucessivas. Trata-se de um processo experimental simples e que considera a interação entre as partículas reais, com seus formatos e texturas superficiais irregulares. É executado em etapas sucessivas e cada etapa otimiza a mistura entre dois materiais ou misturas já estabelecidas. Diversas proporções dos materiais são testadas, medindo-se a massa unitária no estado compactado, na busca pela combinação que minimiza o índice de vazios.

Tabela 1 – Características dos agregados

Agregado	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )		Dimensão máxima característica (mm)	Módulo de finura
		Solta	Compactada		
Brita nº 1	2,86	1,57	1,64	19,0	6,89
Pedrisco	2,88	1,55	1,59	6,3	5,04
Areia 1	2,62	1,53	1,61	4,75	3,59
Areia 2	2,65	1,59	1,73	0,60	1,28
Areia 3	2,64	1,43	1,61	0,30	0,45

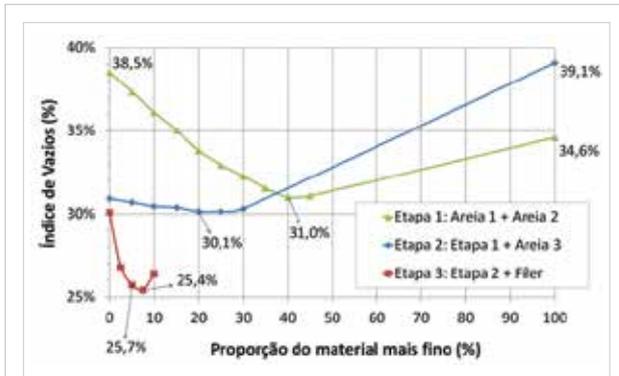


Figura 1 – Índice de vazios resultantes em ensaio de empacotamento dos agregados miúdos

O resultado de empacotamento dos agregados miúdos e do filler é ilustrado na Figura 1. Em paralelo realizou-se o empacotamento dos agregados graúdos. A fase final compreendeu a otimização entre agregados graúdos e miúdos. Com isso, chegou-se a um índice de vazios de apenas 20,8%.

Para fins de avaliação de compatibilidade cimento-aditivo e determinação do teor ótimo de aditivo, foram realizados ensaios de miniabatimento de tronco de cone. Consiste no preparo de uma pasta de cimento, preenchimento de um minitronco de cone, levantamento deste e avaliação da área de espalhamento da porção de pasta sobre uma superfície lisa. Os ensaios são realizados com diversas proporções de aditivos e diferentes tempos de ação. Pode-se com este ensaio determinar o tempo durante o qual a ação do aditivo é preservada e o teor ótimo de aditivo, a partir do qual acréscimo maior de aditivo não confere espalhamento adicional considerável à pasta.

Com base nos resultados mostrados na Figura 2, definiu-se 2,0% como teor ótimo. Nota-se também que, para esta proporção, não há perda de espalhamento na primeira hora de mistura, indicando boa compatibilidade entre o cimento e o aditivo.

### 2.3 PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

Três concretos foram elaborados:

- V280 - concreto de baixo consumo, dentro dos limites normativos (Consumo de cimento de 280kg/m<sup>3</sup>, equivalente ao mínimo exigido pela ABNT NBR 12655:2006 para classe de agressividade II);

- V200 - concreto de baixo consumo, abaixo dos limites normativos (200kg/m<sup>3</sup>);
- Ref - concreto de referência seguindo as recomendações desta mesma norma para a máxima exigência de durabilidade (classe de agressividade IV, com relação água/cimento  $\leq 0,45$ , resistência  $\geq 40$ MPa e consumo de cimento  $\geq 360$ kg/m<sup>3</sup>).

Nos concretos de baixo consumo, adicionou-se 7,5% de sílica ativa e 2,5% de metacaulinita (proporção volumétrica em relação ao total de aglomerantes). O proporcionamento dos agregados, filler e aditivo seguiu o estabelecido nos ensaios preliminares. O consumo de água foi estabelecido de modo a atingir trabalhabilidade adequada para boa aplicação do concreto.

O traço de referência atendeu os limites já citados. Como não há outro tipo de recomendação relativo ao tipo de cimento, uso ou não de aditivos e recomendações sobre agregados, buscou-se executar este traço reproduzindo o que seria realizado em uma obra corriqueira. Assim, não foram utilizados aditivos nem adições minerais e como agregados estabeleceu-se o uso apenas de brita 1 e uma areia.

Na Tabela 2 mostra-se a composição e na Tabela 3 alguns parâmetros e características dos concretos elaborados. Todos apresentaram teor de argamassa adequado e bom aspecto de acabamento.

### 2.4 ENSAIOS REALIZADOS

No estado fresco, avaliou-se o abatimento de tronco de cone, massa específica e teor de ar. Avaliaram-se ainda parâmetros qualitativos de acabamento e aparência, como

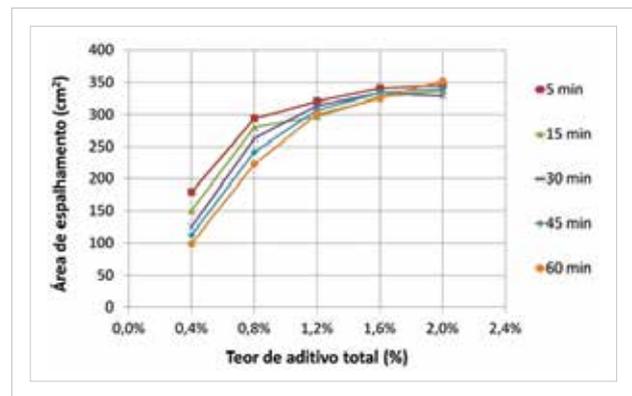


Figura 2 – Ensaio de miniabatimento de tronco de cone

Tabela 2 – Composição dos concretos elaborados (kg/m<sup>3</sup>)

Material	V280	V200	Ref.
Cimento CP V-ARI	279	199	426
Sílica ativa	16,9	12,1	-
Metacaulinita	6,5	4,6	-
Fíler	52	53	-
Areia 1	471	483	685
Areia 2	314	322	-
Areia 3	196	201	-
Pedrisco	413	424	-
Brita 1	620	636	1111
Água	128	131	192
Superplastificante	6,0	4,3	-

teor adequado de argamassa, exsudação e segregação. Por fim, moldaram-se corpos de prova, de acordo com os ensaios mecânicos e de durabilidade propostos. Todos os corpos de prova foram curados em câmara úmida até a data de ensaio.

Os ensaios mecânicos compreenderam resistência à compressão e módulo de elasticidade (CPs cilíndricos 10x20cm, remate dos topos com retífica e idades entre 7 e 256 dias) e resistência à tração na flexão com aplicação de carga nos terços do vão (prismas 10x10x50 cm aos 28 dias).

Não existe ensaio único capaz de descrever de modo completo a durabilidade do concreto. Muitas vezes um aspecto considerado favorável sob um ponto de vista pode ser negativo sob outro. Assim, os ensaios propostos com vistas à durabilidade buscaram atender de modo geral alguns aspectos distintos de agressão, com ênfase especial na porosidade e permeabilidade do concreto, por meio das quais boa parte dos mecanismos de degradação atuam. Avaliou-se:

- Absorção de água por imersão e capilaridade: nas idades de 28 e 63 dias;
- Ensaio de abrasão em percurso de 500 e 1000m em pista de abrasão abastecida com material abrasivo;
- Ensaio acelerado de carbonatação: corpos de prova prismáticos, cura úmida por 28 dias, seguida de pré-condicionamento para estabilizar a umidade interna do concreto com o ambiente de ensaio (umidade relativa = 65+/-5%; temperatura = 25+/-5 °C; concentração de CO<sub>2</sub> = 5 %) - a determinação da profundidade de carbonatação ocorreu no intervalo de 6 a 96 dias na câmara de carbonatação acelerada, empregando fenolftaleína como indicador de pH;
- Ensaio de potencial de corrosão: ensaio que dá uma ideia

aproximada do processo de corrosão, medindo a diferença de potencial entre um eletrodo padrão de cobre/sulfato de cobre, instalado sobre a superfície do concreto, e uma barra de aço (CA-50 8mm) inserida dentro do concreto (cobrimento de 16mm) - as medidas de diferença de potencial foram realizadas após ciclos alternados de secagem em estufa a 50°C (quatro dias) e imersão parcial em solução de NaCl a 3,5% (três dias), num total de 17 semanas.

- Permeabilidade à água: adotou-se ensaio rápido, destinado a ensaio de estruturas em campo sem extração de amostras - consiste em fixar sobre o concreto um aparelho composto por uma câmara de pressão e dispositivos para regular a pressão aplicada e registrar o volume de água que penetrou no concreto.

### 3. RESULTADOS E ANÁLISES

#### 3.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO ENDURECIDO

Na Figura 3, mostra-se a evolução da resistência à compressão dos concretos. O concreto de referência atingiu aos 28 dias a resistência mínima de 40MPa e os de baixo consumo superaram o limite de 50MPa, podendo, portanto, serem considerados de alta resistência. É notável o ganho de resistência após esta idade. De 28 a 91 dias, observaram-se ganhos de 34 a 39%, o que é consideravelmente mais alto que o previsto pela fórmula de evolução da resistência do concreto apresentado no item 12.3.3 da ABNT NBR 6118:2003 (previsão de apenas 9%). Isto demonstra que o menor teor de cimento não comprometeu o crescimento de resistência com o tempo.

Analisando o desempenho obtido, pode-se dizer que os concretos de baixo consumo de cimento realmente apresen-

Tabela 3 – Parâmetros e características dos concretos elaborados

Parâmetro	V280	V200	Ref.
Relação água/aglomerantes	0,44	0,62	0,45
Teor de argamassa seca	56%	55%	50%
Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	279	199	426
Consumo de aglomerantes (kg/m <sup>3</sup> )	302	216	426
Abatimento (mm)	210	175	90
Massa específica estado fresco (kg/L)	2,52	2,54	2,46
Teor de ar (%)	1,3	2,1	1,9

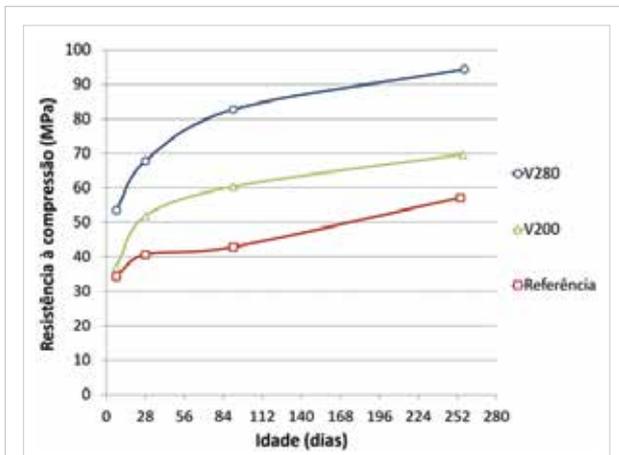


Figura 3 – Evolução da resistência à compressão com a idade

taram ótimo desempenho, alcançando consumo relativo de aglomerantes de  $4,2\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{MPa}^{-1}$ , enquanto que o concreto de referência obteve apenas  $10,5\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{MPa}^{-1}$ . Notar que estes valores chegam a ser mais baixos que o limite inferior encontrado por Daminieli et al (2010).

No ensaio de resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade, também se obtiveram resultados muito bons para os concretos de baixo consumo de cimento (V280:  $f_{ct,f} = 8,3\text{MPa}$ ; V200:  $f_{ct,f} = 6,2\text{MPa}$ ). O traço de referência obteve apenas  $4,5\text{MPa}$ . Para pisos industriais em geral, especificam-se resistências aos 28 dias na ordem de  $4,0$  a  $5,5\text{MPa}$  e em pavimentos de rolagem de maior exigência, como aeroportos e avenidas,  $5,5$  a  $6,0\text{MPa}$ . Portanto, ambos os concretos de baixo consumo estariam aptos a atender pisos de maior exigência.

Os resultados de módulo de elasticidade seguem a tendência da resistência à compressão, com os concretos de baixo consumo de cimento -  $E_c = 51,4\text{GPa}$  (V280) e  $E_c = 49,0\text{GPa}$  (V200) - apresentando valores superiores ao de referência ( $E_c = 42,2\text{GPa}$ ) aos 28 dias de idade. Estes valores estão de acordo com previsões do módulo de elasticidade a partir da resistência à compressão, de acordo com equações corriqueiramente empregadas no meio técnico.

### 3.2 ENSAIOS DE DURABILIDADE

Na avaliação de absorção de água, observou-se que o concreto de baixo consumo de cimento apresentou grande dificuldade em atingir constância de massa na etapa de secagem. Considera-se que isto é devido à baixa porosidade e alto empacotamento utilizado, o que conduz a uma rede capilar muito re-

finada e tortuosa. Como consequência, os valores de absorção determinados tendem a ser subestimados.

Para comprovar este fato, propôs-se um ensaio adicional que pudesse de maneira qualitativa mostrar que ainda existe água livre no centro dos corpos de prova, mesmo após a secagem. Para isso, os corpos de prova foram rompidos por compressão diametral após a secagem e aplicou-se sobre a região recém-fraturada um filme impregnado de sílica-gel com indicador de umidade. O filme é pressionado sobre a superfície e o conjunto é envolto com filme PVC para evitar a entrada de umidade do ambiente. Em intervalos de tempo, o filme de sílica-gel é fotografado. O aparecimento de mancha de tonalidade rosa indica região com presença de água livre, enquanto que porções azuis indicam regiões secas (Figura 4). O procedimento foi considerado com precisão adequada, pois em regiões onde havia um fragmento de brita, imerso numa região com umidade, manteve-se a tonalidade azul (seca) no local da brita. Comprovou-se, assim, que a secagem, especificada pelas normas usualmente aplicadas para este ensaio (ABNT NBR 9778:2005; ABNT NBR 9779:2005), durante período de 72 horas à temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , não é suficiente para eliminar toda umidade livre interna de concretos de baixa porosidade.

Foi, então, realizado o ensaio de absorção por imersão e de capilaridade com dois tempos de secagem (Figura 5). Observa-se que, utilizando menor tempo de secagem, ocorre subavaliação da porosidade. O concreto de baixo consumo apresentou valores bem inferiores aos de referência, sendo um bom indicativo de durabilidade. Concretos com absorção de água por imersão abaixo de 4% costumam ser considerados de boa qualidade.

No ensaio de abrasão, com percurso de  $1000\text{m}$  de desgaste, obtiveram-se valores próximos para os concretos:  $1,2\text{mm}$  (V280) e  $1,5\text{mm}$  (V200) para os concretos de baixo



Figura 4 – Teste indicativo de umidade interna (área rosa), mesmo após 12 dias de secagem em estufa a  $105^\circ\text{C}$

consumo e 1,0mm para o concreto de referência. Com base nestes resultados, os três concretos podem ser enquadrados no Grupo B da ABNT NBR 11801:1992, sendo adequados para solicitações médias (arraste e rolar de cargas médias, tráfego de veículos de rodas rígidas, tráfego intenso de pedestre e impacto de pequena intensidade). Em concretos de boa qualidade, a abrasão depende fortemente da qualidade do agregado graúdo. A aplicação do mesmo agregado de basalto britado de boa qualidade nos três concretos conduziu a resultados próximos.

No ensaio rápido de permeabilidade, obtiveram-se coeficientes de permeabilidade entre 0,9 e  $1,9 \times 10^{-12}$ m/s (V280) e 1,9 e  $3,5 \times 10^{-12}$ m/s (V200) para os concretos com baixo consumo de cimento e valores entre 1,2 e  $3,9 \times 10^{-12}$ m/s para o concreto de referência. Em geral, pode-se dizer que estão

com mesma ordem de grandeza de permeabilidade. Os valores devem ser considerados para fins comparativos apenas, pois as condições de ensaio são diferentes dos empregados em outros ensaios, como, por exemplo, o especificado pela ABNT NBR 10786:1989.

O ensaio de carbonatação acelerado, executado até 96 dias, evidenciou profundidades carbonatadas muito baixas para todos os concretos. Nesta idade, o concreto de baixo consumo V280 apresentou profundidade carbonatada média de apenas 2mm. No concreto de referência, não foi possível definir a profundidade de carbonatação, por ser praticamente ausente. No concreto com menos cimento (V200), a profundidade média foi um pouco maior (11mm).

Silva (2007) correlacionou resultados de carbonatação em condição ambiental com resultados obtidos em condições similares a deste trabalho. Considerando que estes resultados possam indicar uma ordem de grandeza da aceleração do ensaio, pode-se prever para 50 anos uma profundidade carbonatada de até 20mm, inferior aos cobrimentos atualmente utilizados em estruturas de concreto armado.

No ensaio de potencial de corrosão, os três concretos apresentaram desempenho próximo, com baixo risco de corrosão nos primeiros 13 ciclos de ensaio. Após este período, há indicação de maior probabilidade de início de corrosão. Maior resistência à penetração de cloretos pode ser obtida com menor permeabilidade do concreto ou com maior teor de  $C_3A$  no cimento, pois este contribui para a fixação de cloretos livres. É interessante notar que, neste caso, o concreto de menor consumo de cimento e, conseqüentemente, menor teor de  $C_3A$ , obteve desempenho comparável a um concreto com mais que o dobro de cimento, graças à redução da permeabilidade total.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora ainda restrito, o estudo já dá indicativos de que a produção de concretos com menores consumos de cimento é viável. Especificamente, mostrou-se que:

- É possível elaborar concretos de alta resistência ( $f_{c28} \geq 50$ MPa) com consumos de cimento de até  $199 \text{ kg/m}^3$ . Isto corresponde a um consumo relativo de aglomerantes de  $4,2 \text{ kg.m}^{-3}.\text{MPa}^{-1}$ , valor inferior aos já relatados anteriormente na literatura e quase 60% inferior ao obtido com o concreto de referência;
- O módulo de elasticidade evoluiu compatível com a resistência, podendo ser previsto por equações corriqueiras no meio técnico;

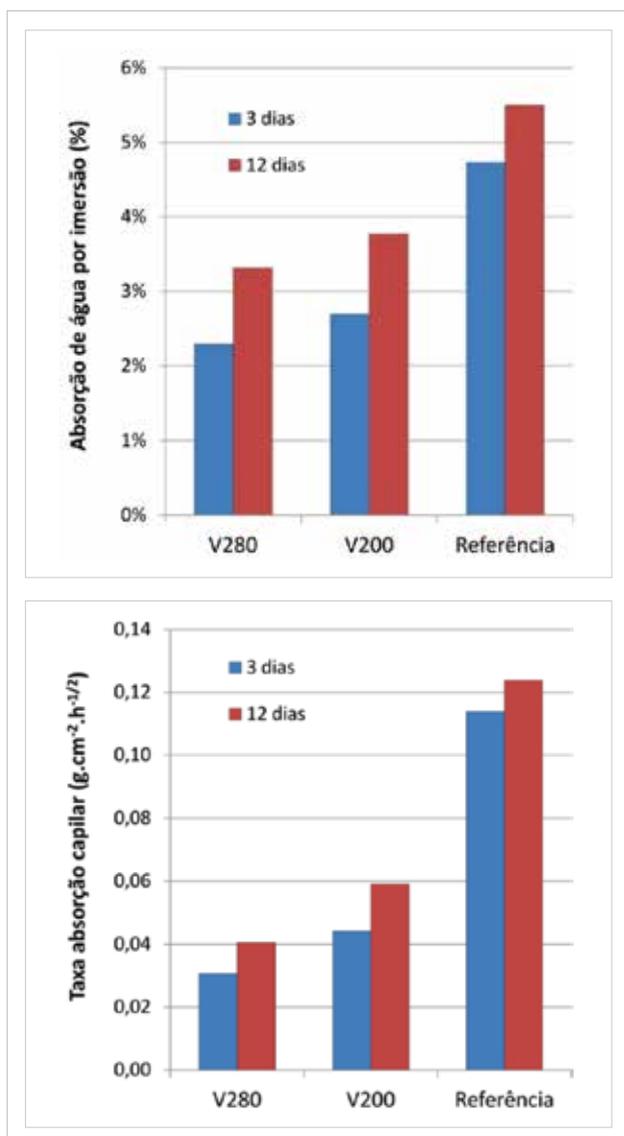


Figura 5 – Resultado de absorção de água por imersão e capilaridade na idade de 63 dias

- A resistência à tração na flexão é compatível com aplicações de pisos de alta solitação;
- O menor teor de cimento não comprometeu o crescimento de resistência com o tempo, observando-se aumentos consideráveis mesmo após 28 dias;
- A avaliação da absorção de água por imersão e por capilaridade indica que o concreto de baixo consumo de cimento apresenta porosidade inferior ao concreto de referência desenvolvido para ambientes de alta agressividade;

- Ensaios de carbonatação, abrasão, permeabilidade e potencial de corrosão também indicam desempenho no mínimo equivalente ao concreto de referência.

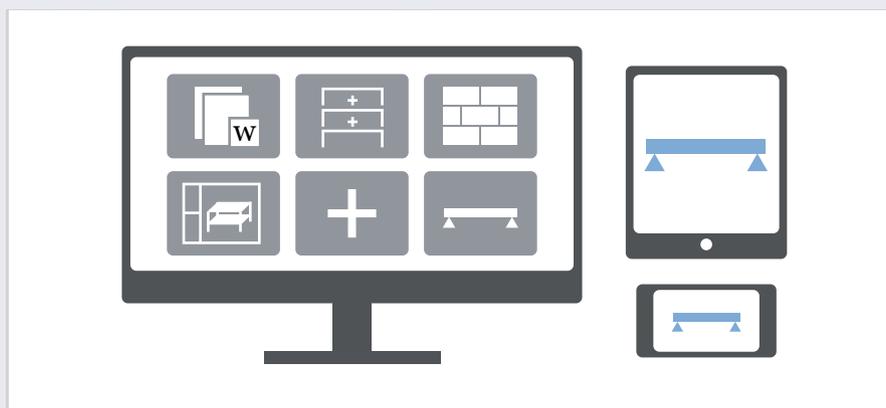
## Referências Bibliográficas

- [01] CATOIA, T. et al.. Concreto de alta resistência com baixo consumo de cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50., 2008, Salvador. Anais eletrônicos... São Paulo: IBRACON, 2008. p. 11.
- [02] DAMINELLI, B. L. et al. Measuring the eco-efficiency of cement use. *Cement and Concrete Composites*, v. 32, n. 8, p. 555-562, set. 2010.
- [03] ISAlA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G. Concrete sustainability with very high amount of fly ash and slag. *Ibracon Structures and Materials Journal*. v. 2, n. 3, p. 244-253, set. 2009.
- [04] REBMANN, M. S. Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento Portland e alta resistência. 2011. 211 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2011.
- [05] SILVA, V. M. Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida. 2007. 281 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- [06] WASSERMANN, R.; KATZ, A.; BENTUR, A. Minimum cement content requirements: a must or a myth? *Materials and Structures*, v. 42, n. 7, p. 973-982, ago. 2009. ●

# CAD/TQS 17

Concepção, Análise, Dimensionamento, Detalhamento e Gerenciamento de Estruturas de Concreto.

Mais intuitivo, produtivo, refinado e com mobilidade.



# Estudo de argamassas fotocatalíticas para redução de $\text{NO}_x$

C. A. CASAGRANDE

W. L. REPETTE

L. F. JOCHEM

A. M. BREITBACH

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – ECV – UFSC

D. HOTZA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA – EQA – UFSC

## 1. INTRODUÇÃO

Quando exposto à radiação UV (ultravioleta), o  $\text{TiO}_2$  (titânia) é conduzido a um estado eletronicamente excitado responsável pela produção de pares elétron/lacuna na camada de valência (FUJISHIMA *et al*, 1975). Os Processos Oxidativos Avançados (POA), caracterizados como tecnologias alternativas, se baseiam na formação de radicais hidroxilas como agente oxidante na fotodegradação. A degradação fotocatalítica por um óxido semiconductor tem ganhado importância no tratamento de efluentes e purificação do

ar, por ser considerada tecnologia limpa, podendo garantir até a total mineralização dos poluentes.

O  $\text{TiO}_2$  é ativado quando 3,2V são aplicados, esse valor corresponde a um comprimento de onda ( $\lambda$ ) de aproximadamente 387 nanômetros e representa de 4 a 5% da energia solar na superfície terrestre. O  $\text{TiO}_2$  tem atraído interesse no meio científico e industrial devido ao seu grande potencial de uso, principalmente em pigmentos brancos de tintas, corante em alimentos, produtos eletrônicos, adesivos, fibras sintéticas, esmaltes cerâmicos, protetores solares e cosméticos, entre outros. Por não haver consumo do  $\text{TiO}_2$  no processo, as superfícies apresentam grande durabilidade. A absorção de fótons ( $h\nu$ ) com energia superior à energia de “bandgap” ( $E_g$ , quantidade mínima requerida para excitar um elétron) resulta na promoção de um elétron para a banda de condução (BC) e de uma lacuna ( $h^+$ ) na Banda de Valência (BV). Estas lacunas mostram potenciais positivos na faixa de 2,0 a 3,5 volts (Figura 1), suficiente para gerar hidroxilas ( $\text{OH}^\cdot$ ) a partir de moléculas de água adsorvidas na superfície do semiconductor (Equação 1, 2 e 3).

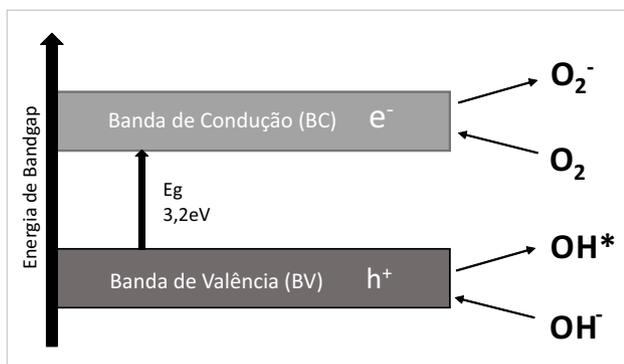


Figura 1 – Representação esquemática da fotocatalise de semicondutores (DALTON, 2002)



[1]



As características que afetam a atividade fotocatalítica são: a área específica da superfície, a fase cristalina, os defeitos da superfície, a presença de dopantes e impurezas, o tamanho das partículas agregadas e a recombinação dos pares elétron/lacuna. Pesquisas relatam que aplicação do  $TiO_2$  em combinação com o cimento pode conduzir a uma mineralização dos óxidos nítricos (NO) em íons de nitrato ( $NO_3^-$ ), que são absorvidos pela superfície do concreto, podendo ser lavada pela chuva. O  $TiO_2$  sob a forma de anatásio apresenta propriedade fotocatalítica que é expressivamente favorecida pelo ambiente alcalino da matriz cimentícia e pela propriedade de fixar tanto o agente poluidor como seu produto da fotocatalise na superfície do concreto.

Com o aumento das emissões de gases poluentes de reações por combustão, tem-se intensificado o desenvolvimento de alternativas para a redução de gases. Como resultado da combustão, destaca-se o monóxido de nitrogênio, monóxido de carbono e compostos orgânicos voláteis, que, em altas temperaturas, ativam reações de  $N_2$  e  $O_2$  na atmosfera, obtendo-se o NO, que é oxidado para  $NO_2$ . De acordo com as estimativas de 2011, no Brasil as fontes de poluição são responsáveis pela emissão de 84,25 mil toneladas/ano de  $NO_x$ . Deste total, 81,7% é atribuída aos veículos (MELO, 2011). Na indústria da construção civil, avanços têm sido alcançados recentemente com a adição de nanopartículas com o propósito de desenvolver materiais de maior desempenho, durabilidade e novas funcionalidades. Beeldens (2008), utilizando peças de concreto compostas com uma camada de argamassa fotocatalítica, verificou que o desempenho do dióxido de titânio na degradação de  $NO_x$  pode chegar a 60% de degradação dependendo do sistema utilizado. Melo & Trichês (2012) também verificam o alto desempenho do dióxido de titânio quando imobilizado em peças de concreto para pavimentação. Atualmente, existem produtos fotocatalíticos à base de cimento, tal como o Italcementi® que, por sua vez, foi utilizado em obras emblemáticas pelo mundo, como a Igreja do Jubileu na Itália (Figura 2). Dessa forma, o interesse em utilizar titânia como fotocatalisador se mostra como alternativa eficaz e cada vez mais atraente para a redução de gases poluentes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

A argamassa utilizada é industrializada do tipo Votomas-

sa Múltiplo uso, com 17% de cimento CPII-F 32 em massa.

O  $TiO_2$  utilizado é o Degussa do tipo P25 (80% Anatásio + 20% Rutilo).

### 2.2 MÉTODOS

A identificação de fases foi por difratometria de raios-X (Rigaku, Mini Flex 2-Desktop). Foi realizada com a amostra de  $TiO_2$  na forma de pó, sendo as leituras com radiação K- $\alpha$  do cobre no intervalo  $2\theta$ /segundo de  $10^\circ$  à  $80^\circ$ .

Para a observação no microscópio eletrônico de varredura (MEV, XL30 Philips) foi aplicada uma camada de material condutor (ouro) sobre a amostra, fazendo sua superfície condutora.

A composição química foi determinada por fluorescência de raios-X (FRX, Philips modelo PW 2400). Paralelamente, foi feita a determinação da perda ao fogo por calcinação a  $1000^\circ C$ .

Para as análises de  $NO_x$ , foi utilizado um aparato confeccionado pelo laboratório Rodovias Verdes na UFSC.

Para verificação do efeito fotocatalítico, foram confeccionadas argamassas com adição de 3, 5, 7 e 10% de dióxido de titânio em relação à massa de cimento.

Para a aplicação das amostras de argamassa, foi utilizado como substrato blocos de concreto com resistência a compressão de 6MPa e  $800cm^2$  de área ( $20cm \times 40cm$ ). Tais blocos foram divididos ao meio no sentido longitudinal. Foi utilizado um gabarito de madeira, revestido internamente com lâmina vinílica (Figura 3), para facilitar a aplicação e garantir a espessura de 2cm de argamassa (Figura 4).

O aparato (Figura 5) é composto por cilindros de ar sintético e óxido nítrico (NO) de 500 ppm, controlados por rotâmetros com fluxo de 1l/min. Na parte superior da célula fotocatalítica, há lâmpadas de 30W com comprimento de 90 cm e radiação UV-A de  $\lambda$  315-400nm, conectadas a um reator dimerizável. A aquisição dos dados é por parte de um analisador de  $NO_x$  (Madur, GA-12 com resolução de 1ppm) acoplado à tubulação,



Figura 2 – Igreja do Jubileu, Itália



a



b

Figura 3 – Gabarito: (a) sem amostra; (b) com amostra

após a célula do fotoreator, e conectado a um microcomputador, onde são armazenados em um banco de dados.

Após cura em câmara úmida durante 7 dias e armazenamento em sala climatizada até ao 28º dia, as amostras foram ensaiadas no dispositivo de fotocatalise sob as seguintes condições:

- Fluxo de gás: 1 l/min;
- Concentração inicial de  $\text{NO}_x$ : 20 ppm;
- UV-A ( $\lambda$  315-400 nm):  $60 \pm 5 \text{ W/m}^2$ ;
- Umidade relativa do ar:  $35 \pm 5 \%$ ;
- Tempo de ensaio: 30 min com radiação UV-A.

No primeiro estágio, durante os primeiros 5 min, é disposto o fluxo de gás dentro do aparato sem radiação. No segundo estágio, durante os próximos 30 min, são liga-

das as lâmpadas com radiação UV-A com o fluxo gasoso. No terceiro estágio, é suspensa a radiação UV-A até que se retome a concentração inicial do fluxo de gases.

Posteriormente, foram simuladas as principais variáveis (umidade relativa e radiação UV-A) e avaliada a sua influência no ensaio de fotodegradação. Para a verificação da intensidade de radiação, foi utilizado um luxímetro digital dentro do aparato. Para a detecção de umidade relativa, foi utilizado um termo-higrômetro digital com sonda anexa ao aparelho.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química dos pós utilizados foi determinada por fluorescência de raios X (FRX), cujos resultados são apresentados na Tabela 1, expressos em óxidos.



a



b

Figura 4 – (a) Gabarito com amostra moldada; (b) amostra pronta para ensaio

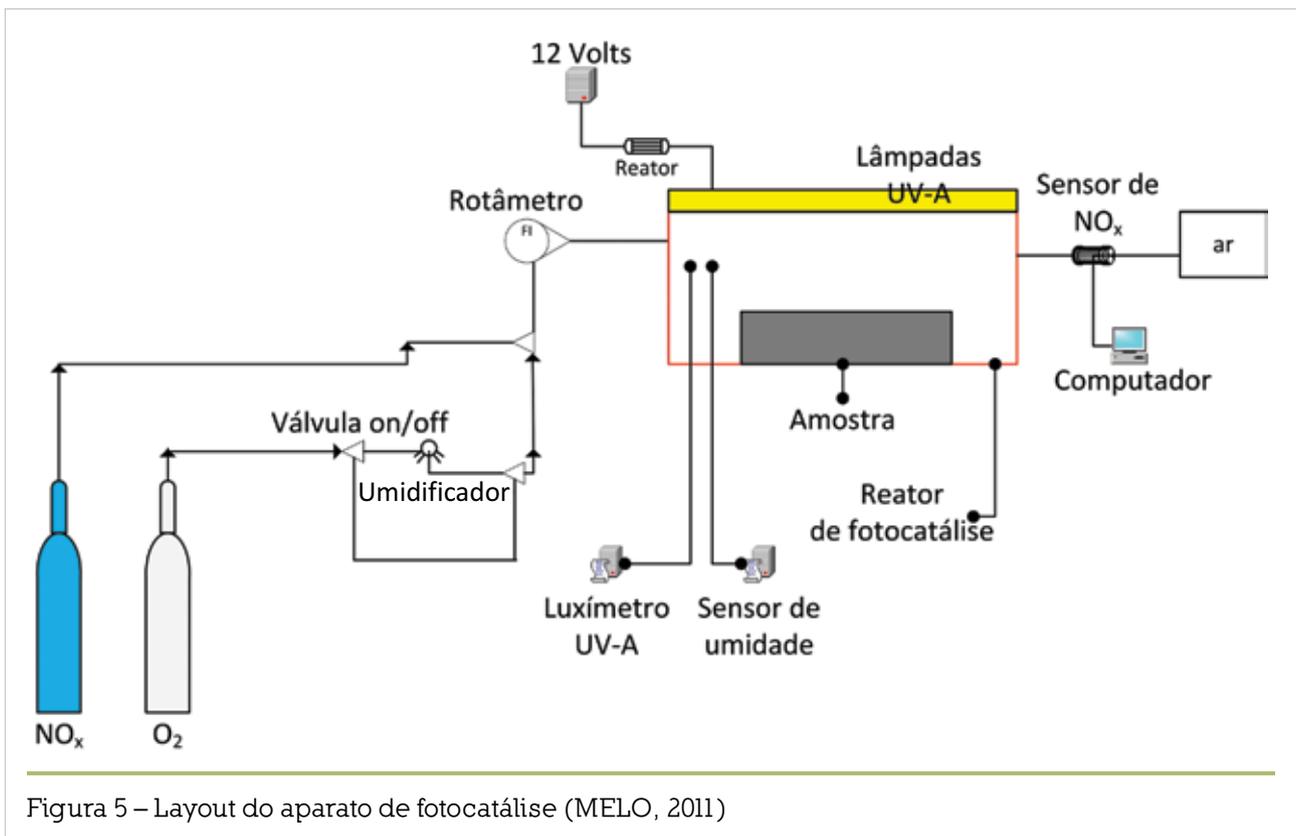


Figura 5 – Layout do aparato de fotocatalise (MELO, 2011)

Verifica-se, pela Tabela 1, que a titânia selecionada contém cerca de 98% de pureza e, como óxidos secundários, Na<sub>2</sub>O, MgO, e BaO. Deste modo, é possível concluir que trata-se de uma titânia de alta pureza, com alto potencial de reações fotocatalíticas.

A Figura 6 exemplifica difratograma de raios X (DRX, no qual é possível identificar as fases cristalinas presentes nas amostras).

É possível identificar, pela Figura 6, que a amostra selecionada é composta de uma mistura de fases, a fase anatásio e a fase rutilo, sendo aquela a sua forma majoritária, que, por sua vez, trata-se da fase com maior superfície

específica, justificando assim a potencial reatividade do pó de dióxido de titânio.

A Figura 7 apresenta as imagens por Microscopia Eletrônica da amostra de TiO<sub>2</sub>.

Percebe-se, pela micrografia, que o pó de TiO<sub>2</sub> constitui-se de partículas submicrométricas com alta tendência à aglomeração; é possível perceber que as partículas tendem a um formato esférico, porém, por sua aglomeração, não apresentaram forma bem definida. Também é possível perceber, nas micrografias, que as amostras contêm partículas com menos de 100nm, possibilitando alta reatividade e ótima atividade fotocatalítica; contudo, as amostras não apresentaram estabilidade

Tabela 1 – Análise de FRX (% em massa)

Óxidos	%	Óxidos	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CO <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
CaO		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		PbO	<0,1
K <sub>2</sub> O	<0,1	SrO	
MnO		ZnO	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub>	
SiO <sub>2</sub>			
BaO			
MgO	0,1		
Na <sub>2</sub> O			
Perda fogo	1,9	TiO <sub>2</sub>	97,8

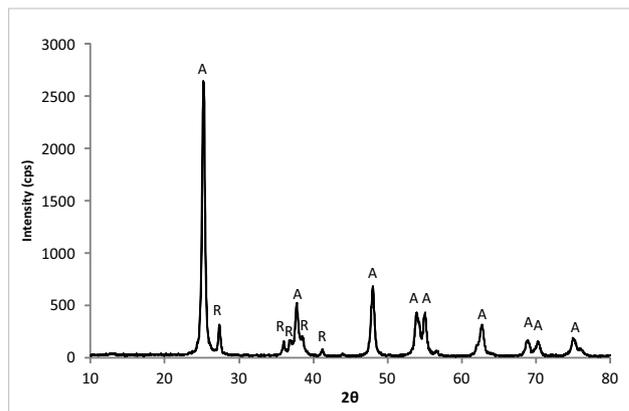


Figura 6 – Difratograma amostra de titânia; A= Anatásio, R= Rutilo

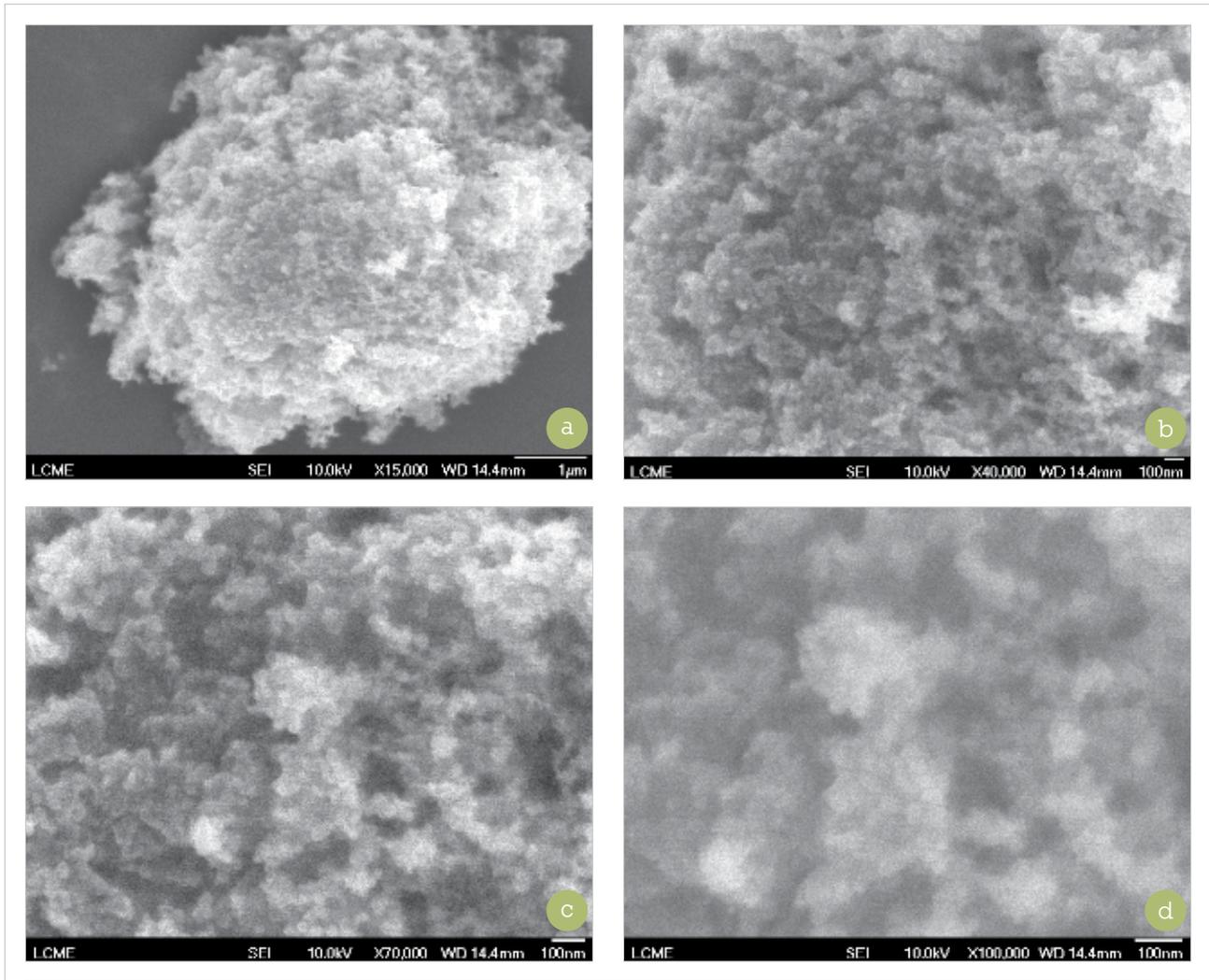


Figura 7 – Imagem de MEV amostra Degussa P25: (a) ampliação de 15.000X; (b) ampliação de 40.000X; (c) ampliação de 70.000X; (d) ampliação de 100.000X

em solução aquosa, permanecendo assim em aglomerados.

Na Figura 8, é apresentado o gráfico de degradação de  $\text{NO}_x$  com as argamassas com adição de titânia P25.

A utilização de titânia (Degussa P25) apresentou desempenho fotocatalítico semelhante nas adições de 3, 5, 7 e 10%, corroborando dados da literatura de Poon & Cheung (2007), que reportam que não foi detectada uma relação direta entre a quantidade adicionada de dióxido de titânio à matriz cimentícia e a eficiência na degradação de poluentes de  $\text{NO}_x$ . Contudo, pesquisas de Hüsken *et al* (2009) e Melo (2012) verificaram relação direta da eficiência fotocatalítica com a quantidade de  $\text{TiO}_2$  adicionado à matriz.

Na presente investigação, a amostra contendo 7% de titânia P25 mostrou-se mais eficiente, degradando 17 ppm

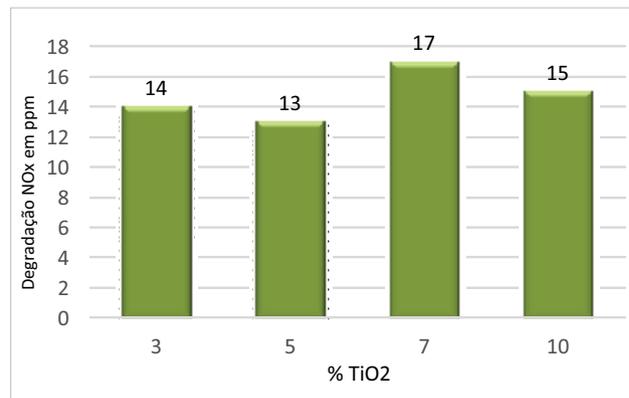


Figura 8 – Degradação de  $\text{NO}_x$  de amostras de argamassa

de  $\text{NO}_x$ , ou 85% de degradação do poluente  $\text{NO}_x$ . Já, a melhor relação custo/benefício para a confecção de argamassas fotocatalíticas foi a amostra com 3%, que degradou 17,6% a menos que a amostra com 7% de titânia, porém com 57,1% a menos de titânia na formulação. Neste sentido, a amostra com 3% de  $\text{TiO}_2$  foi utilizada para os ensaios com as diferentes condições de ensaio. Para investigar a influência do tempo de cura na fotodegradação de  $\text{NO}_x$ , foram testadas amostras com tempos de cura de 28, 60 e 120 dias. O resultado do ensaio de degradação de  $\text{NO}_x$  pode ser observado na Figura 9.

Os resultados mostraram que, com o aumento no tempo de cura, as capacidades fotocatalíticas aumentaram. Isso se deve ao aumento de área superficial potencial às reações, devido ao aumento da porosidade resultante da evaporação da água de amassamento associada à espessura da argamassa, criando, assim, maior área superficial com potencial para degradação de  $\text{NO}_x$ . Já Poon & Cheung (2007) relatam que o desempenho de amostras de argamassas fotocatalíticas diminuiu em torno de 8% com maiores tempos e cura.

A influência da umidade relativa do sistema sobre degradação de  $\text{NO}_x$  em amostras de argamassas também foi avaliada. Foram ensaiadas amostras das argamassas em condições ambientais, simulando variações típicas de umidade relativa do ar. A Figura 10 mostra os resultados obtidos.

O aumento da umidade relativa no sistema revela que há competição de moléculas de  $\text{NO}_x$  e moléculas de água para as lacunas geradas na superfície do dióxido de titânio da amostra. Dessa forma, a atividade fotocatalítica é diminuída para valores crescentes de umidade relativa, sendo que tais resultados também foram verificados em pesquisas de Beeldens (2008), Hüsken *et al* (2009) e Melo (2011).

A variação de intensidade de radiação sobre a superfície fotocatalítica foi também avaliada na degradação de  $\text{NO}_x$ . Para isso, foram realizados ensaios com diferentes condições de intensidade de radiação, cujos resultados podem ser observados na Figura 11.

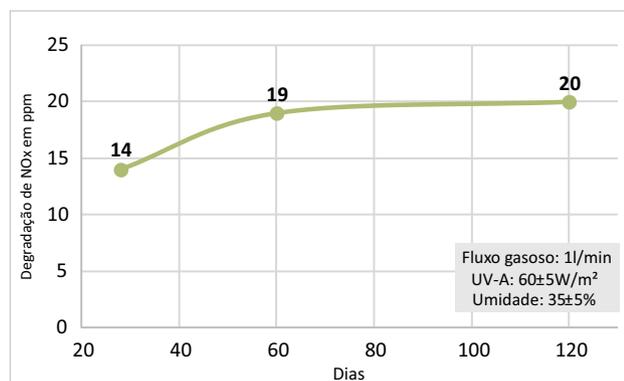


Figura 9 – Influência do tempo de cura na degradação de  $\text{NO}_x$

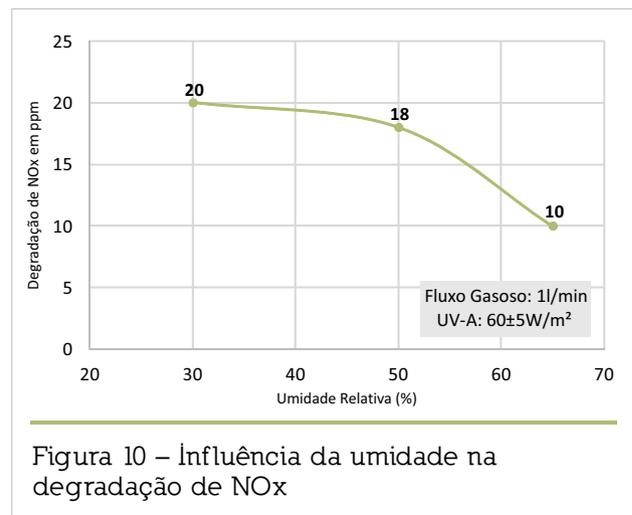


Figura 10 – Influência da umidade na degradação de  $\text{NO}_x$

Percebe-se que, com o aumento da intensidade na radiação emitida, aumenta-se a efetividade da degradação das partículas de  $\text{NO}_x$ . Isso pode ser atribuído à maior excitação de áreas com potencial fotocatalítico. Dessa forma, com maiores índices de radiação, a eficiência na fotodegradação também é maior; contudo, esse efeito parece ter um ponto de saturação, pois, quando todos os sítios potenciais de degradação forem ativados, não haverá aumento na atividade. Esses resultados também são concordantes com as pesquisas de Hüsken *et al* (2009) e Melo (2011).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As argamassas fotocatalíticas mostraram constituir-se uma alternativa eficaz para a degradação de moléculas de nitrogênio, confirmando estudos anteriores. Verificou-se que não houve uma relação direta entre o teor de  $\text{TiO}_2$  incorporado à argamassa e a eficiência de degradação. O tempo de cura das amostras de argamassas se mostrou uma variável importante na fotocatalise, sendo que, com maior idade, a degradação de  $\text{NO}_x$  foi maior.

Os resultados obtidos com as argamassas fotocatalíticas

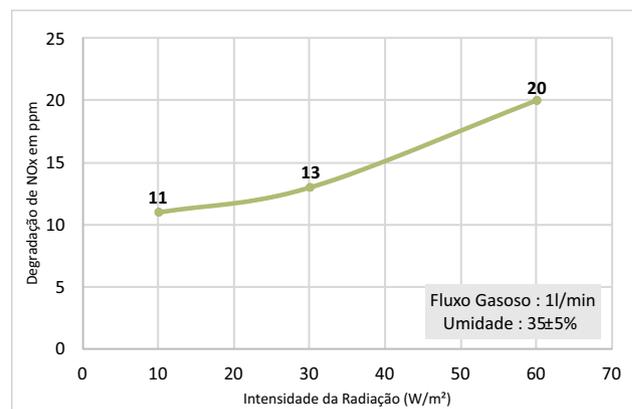


Figura 11 – Influência da intensidade de radiação UV-A na degradação de  $\text{NO}_x$

ticas produzidas mostraram que é possível obter eficiência na degradação dos  $\text{NO}_x$  de até 100%, dependendo do tipo e quantidade de dióxido de titânio incorporado, da textura

superficial da peça e das condições de ensaio (em particular, intensidade de radiação UV-A, umidade relativa e vazão de  $\text{NO}_x$ ).

## Referências Bibliográficas

- [01] BEELDENS, A. Air Purification by Pavement Blocks: Final Results of The Research at The BRRC. Transport Research Arena Europe, Ljubljana, Belgium, 2008
- [02] DALTON, J.S; JANES, P. A; JONES, N. G. Photocatalytic oxidation of  $\text{NO}_x$  gases using  $\text{TiO}_2$ : a surface spectropic approach. Environmental Pollution. Issue 120, p 415-422, 2002.
- [03] FUJISHIMA, A; KOBAYAKAWA, K; HONDA, K. Hydrogen production under sunlight with an electrochemical photocell, J. Electrochemical Society 122, p 1487-89, 1975.
- [04] HÜSKEN, G; et al. Experimental Study of Photocatalytic Concrete Products for Air Purification. Building and Environment, 1-12. The Netherlands, 2009.
- [05] MELO, J. V. S. Desenvolvimento de Pavimentos Fotocatalíticos para Purificação do Ar em Grandes Metrôpoles. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em engenharia civil – PPGEC, universidade federal de santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2011.
- [06] MELO, J. V. S & G, TRICHÊS. Evaluation of the influence of environmental conditions on the efficiency of photocatalytic coatings in the degradation of nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ). Building and Environment, Issue 49 (117-123), 2012.
- [07] POON, C; CHEUNG, E.  $\text{NO}$  removal efficiency of photocatalytic paving blocks prepared with recycled materials. Construction and Building Materials, 21: 1746-1753, 2007. ●

## Revista IBRACON de Estruturas e Materiais IBRACON Structures and Materials Journal

O periódico RIEM objetiva a divulgação das pesquisas, desenvolvimentos e inovações relacionadas à tecnologia do concreto e aos seus sistemas construtivos. São publicados artigos sobre:

- Projetos estruturais
- Normalização
- Estruturas de concreto
- Estruturas mistas
- Cimento
- Materiais cimentantes e seus derivados
- Concreto e argamassa
- Materiais poliméricos de reforço
- Betuminosos usados na construção civil

A RIEM divulga ainda comunicações técnicas, discussões e réplicas dos artigos publicados.

Os textos são revisados pelo Conselho Editorial e pela Banca Examinadora da RIEM, compostos por profissionais nacionais e estrangeiros com reconhecida competência em sua área de atuação.

### Para colaborar

Acesse a RIEM no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) (link "Publicações")

→ Clique em **Acesso a Página do Usuário**

→ Registre-se como leitor, autor ou bibliotecário (link "Information")

→ Faça seu login no sistema

→ Clique no link para a submissão do artigo

O acesso a RIEM é livre. Todos são convidados a contribuir com as futuras edições.



# Potencial de captura de $\text{CO}_2$ por carbonatação do concreto: UHE de Itaipu

EDNA POSSAN

PROFESSORA, DOUTORA E PESQUISADORA, ILATTI - UNILA

MAYARA HOBOLD HEINEN

ESTUDANTE DE ENGENHARIA, UTFPR, BOLSISTA

ANALÚ DONDÉ

ESTUDANTE DE ENGENHARIA, UTFPR, BOLSISTA

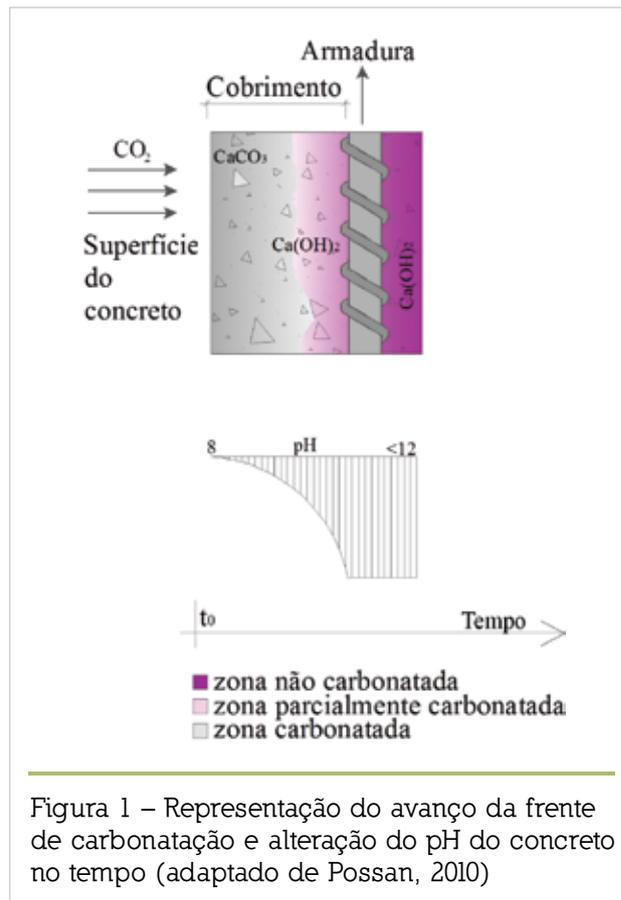
CEASB/PTI

## 1. CAPTURA DO $\text{CO}_2$ DEVIDO À CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

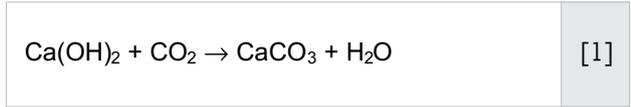
Atualmente, tem-se discutido que o concreto tem a potencialidade de capturar  $\text{CO}_2$  da atmosfera por um processo denominado carbonatação (PADE e GUIMARÃES, 2007, POSSAN, et al. 2012). A carbonatação é um fenômeno físico-químico resultante das reações de gases ácidos (principalmente, o  $\text{CO}_2$ ) do ambiente com os produtos alcalinos do concreto. Essa alcalinidade é conferida, principalmente, pela presença do hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), dissolvido ou precipitado no concreto endurecido.

O  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) ao penetrar no concreto, reage com os hidróxidos, especialmente com o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , que se apresenta em maior quantidade. Com início a partir da superfície, conforme mostrado na figura 1, a carbonatação avança progressivamente para o interior da estrutura de concreto, formando uma camada carbonatada.

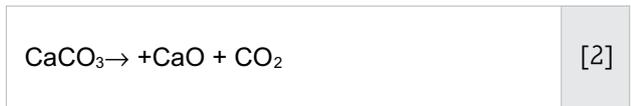
O avanço dessa camada está diretamente relacionado com a facilidade que o  $\text{CO}_2$  encontra para difundir-se no interior do concreto, principalmente em função da umidade interna do concreto, da estrutura e tamanho dos poros do material e da composição química do cimento.



A carbonatação do concreto ocorre inicialmente com a difusão do CO<sub>2</sub> através da matriz cimentícia. Na sequência, há dissolução de CO<sub>2</sub> na solução dos poros para a formação do ácido carbônico e reação com hidróxido de cálcio, conforme reação apresentada na equação 1.



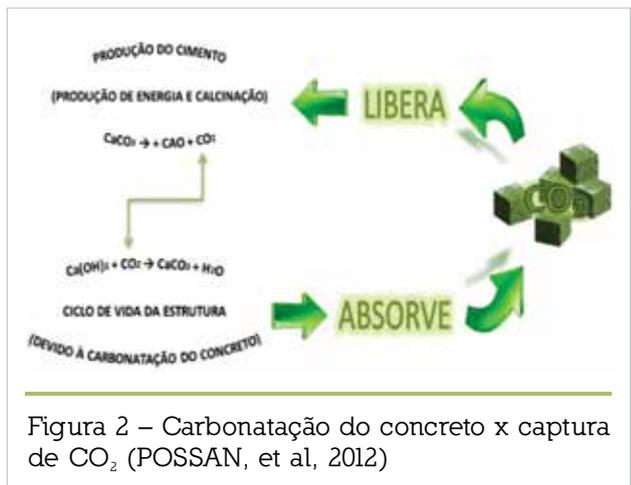
Um dos resultados desta reação é a redução do pH do concreto, originalmente maior que 12,5, para valores em torno de 8, o que despassiva o aço imerso no concreto, deixando a armadura suscetível à corrosão. Outro resultado é a captura do CO<sub>2</sub> da atmosfera, gerando o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), que aprisiona o dióxido de carbono na estrutura de concreto, retirando-o da atmosfera, em um processo inverso ao de produção do cimento, conforme reação simplificada apresentada na equação 2.



De modo geral, o processo de captura de CO<sub>2</sub> devido à carbonatação do concreto pode ser esquematizado conforme Figura 2.

Tal fato tem chamado a atenção da indústria cimenteira, que sozinha é responsável por aproximadamente 5% do total das emissões mundiais de gás carbônico, tendo grande responsabilidade e contribuição na geração dos gases do efeito estufa. Entretanto, há divergência na literatura em relação à potencialidade do sequestro/captura de CO<sub>2</sub> devido à carbonatação do concreto.

Em estudo desenvolvido na Noruega, Jacobsen e Jahren



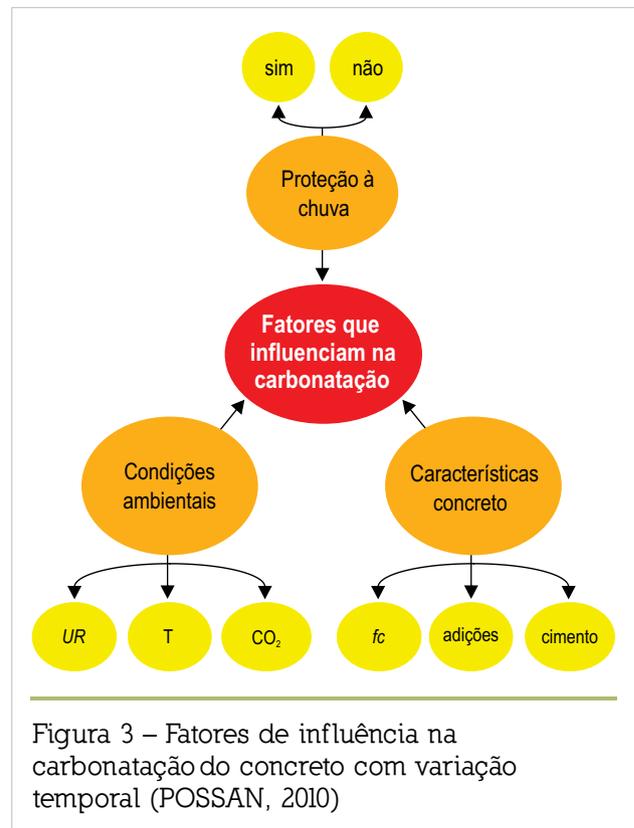
(2002) estimaram que 16% do CO<sub>2</sub> emitido na produção do cimento é reabsorvido pelo concreto devido à carbonatação durante sua vida útil. Já, Pade e Guimarães (2007), em estudo realizado na Dinamarca, estimam, para uma perspectiva de 100 anos, considerando a demolição da estrutura, que o concreto devido à carbonatação pode absorver até 57% do CO<sub>2</sub> emitido na produção do cimento. Caso a demolição da estrutura não seja considerada, esse valor é reduzido para 24%.

Essas divergências encontradas na literatura são decorrentes da metodologia empregada pelos pesquisadores e também sobrevivem dos diversos fatores que influenciam o fenômeno de carbonatação do concreto (como resistência, ambiente de exposição, quantidade de cimento utilizada para produção, idade da estrutura, entre outros), conforme apresentado na tabela 1 e figura 3.

Logo, cada estrutura e região demandam estudos específicos para estas estimativas, devendo ser conduzidos mais estudos correlatos para que o sequestro CO<sub>2</sub>, devido o processo de carbonatação do concreto, possa ser considerado uma medida compensatória.

## 2. METODOLOGIA

Com o objetivo de determinar a quantidade aproxima-



da de CO<sub>2</sub> que é absorvido pelo concreto através do processo de carbonatação, extraíram-se 155 testemunhos ao longo da barragem de concreto da Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHE Itaipu), sendo aqui apresentados os resultados de 62 amostras extraídas, em sua grande maioria, da parte central da barragem (Bloco F), conforme indicação nas figuras 4 e 5.

Na figura 5, observa-se que a extração das amostras inicia-

-se na cota 40 (em relação ao nível do mar), alcançando a cota 225 (crista da barragem). As cotas 40, 74, 99, 124, 144, 169, 196 e 225 foram escolhidas devido à possibilidade de acesso, pois coincidem com as galerias existentes na barragem, possibilitando desta forma que o projeto pudesse ser executado.

Na figura 6 (de “a” até “c”), observam-se as etapas do processo de extração das amostras de concreto para o estudo.

Tabela 1 – Variáveis que influenciam a carbonatação (POSSAN, 2010)

Fator	Influência	Efeito e fatores determinantes	Importância relativa
Concentração de CO <sub>2</sub>	A velocidade de carbonatação aumenta com a concentração de CO <sub>2</sub> (teores de 0 a 10%), em especial, para concretos de altas relações a/c.	A concentração de CO <sub>2</sub> no ar varia de 0,03% e 1,2%	Baixa (CO <sub>2</sub> < 0,1%) Alta (CO <sub>2</sub> > 0,1%)
Umidade relativa do ar	Tem Influência na velocidade de difusão do CO <sub>2</sub> através do concreto. Em poros saturados o CO <sub>2</sub> tem dificuldades para difundir-se, enquanto que em poros com a baixa umidade a reação de carbonatação não ocorre devido a pouca quantidade de água. Mas, se os poros estão apenas parcialmente preenchidos com água, a frente de carbonatação avança mais rapidamente devido à existência simultânea da água e da possibilidade de difusão de CO <sub>2</sub> .	Umidade relativa do ar (micro clima), que influencia na umidade interna do concreto. Teor ótimo de UR para o avanço da carbonatação fica entre 50 e 70%	Elevada
Temperatura	O aumento de temperatura não causa grande aumento na taxa de carbonatação, tem é importante no período de propagação.	Clima	Baixa
Exposição à chuva	Função da quantidade de água para difusão do CO <sub>2</sub> . Depende da e molhagem e secagem da estrutura ou do elemento estrutural, que indiretamente vincula-se à precipitação e aos ventos. Em ordem crescente carbonatação é maior, em ambientes: internos; externos protegidos da chuva; e externos desprotegidos da chuva.	Projeto da estrutura, vento, chuvas dirigidas, dimensões do elemento estrutural	Elevada
Permeabilidade	A permeabilidade do concreto é diretamente proporcional à velocidade de carbonatação. Relaciona-se com a quantidade e tamanho dos poros do concreto endurecido. Quanto maior for a relação a/c, maior será a porosidade e a permeabilidade de um concreto, aumentando assim a penetração de CO <sub>2</sub> para seu interior.	Depende do diâmetro e conectividade dos poros, que é função do tipo de cimento e adições, relação a/c, condições de execução e cura	Elevada
Cura	Quanto maior o tempo de cura, maior será o grau de hidratação do cimento, minimizando a porosidade e a permeabilidade.	Tempo (duração) e tipo de cura	Elevada
Relação a/c ou resistência	Estes parâmetros determinam a quantidade e tamanho dos poros do concreto endurecido. Quanto maior for a relação a/c, menor será a resistência, maior será a porosidade e a permeabilidade do concreto, facilitando a penetração de CO <sub>2</sub> para o interior do material.	Quantidade de água; tipo de cimento, tempo e duração da cura, conectividade e diâmetro dos poros	Elevada
Quantidade de produtos carbonatáveis	Disponibilidade de carbonatos para consumo da reação. O consumo de cimento no concreto influi na permeabilidade e na capacidade de fixação do CO <sub>2</sub> através da reserva alcalina que o cimento confere ao concreto endurecido, devido à quantidade de hidróxidos de cálcio, sódio e potássio na solução dos poros, além do silicato de cálcio hidratado e do aluminato de cálcio hidratado.	Quanto maior a quantidade menor a velocidade de carbonatação, depende da presença de adições, do consumo e da composição química do cimento	Elevada



Figura 4 – Localização do Bloco Chave (F) ao longo da barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipu

Após a extração dos testemunhos, realizou-se o ensaio de carbonatação através do indicador químico de pH (solução contendo 1% de fenolftaleína dissolvida em 70% de álcool etílico e 30% de água). A solução foi aspergida no concreto recém-fraturado e limpo, medindo-se, na sequência, a profundidade carbonatada com um paquímetro (ver figura 7).

O Volume de CO<sub>2</sub> capturado por m<sup>2</sup> devido à carbonatação do concreto pode ser calculado usando a equação 3.

$$\text{CO}_2 \text{ uptake} = 0.75 \cdot C \cdot \text{CaO} \cdot \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CaO}}} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad [3]$$

Onde C é o consumo de clínquer por m<sup>2</sup> de concreto; CaO, a fração da massa de CaO no clínquer e M, a massa molar do CO<sub>2</sub> e CaO.

O volume total de CO<sub>2</sub> capturado devido à carbonatação do concreto é obtido por meio da multiplicação do resultado

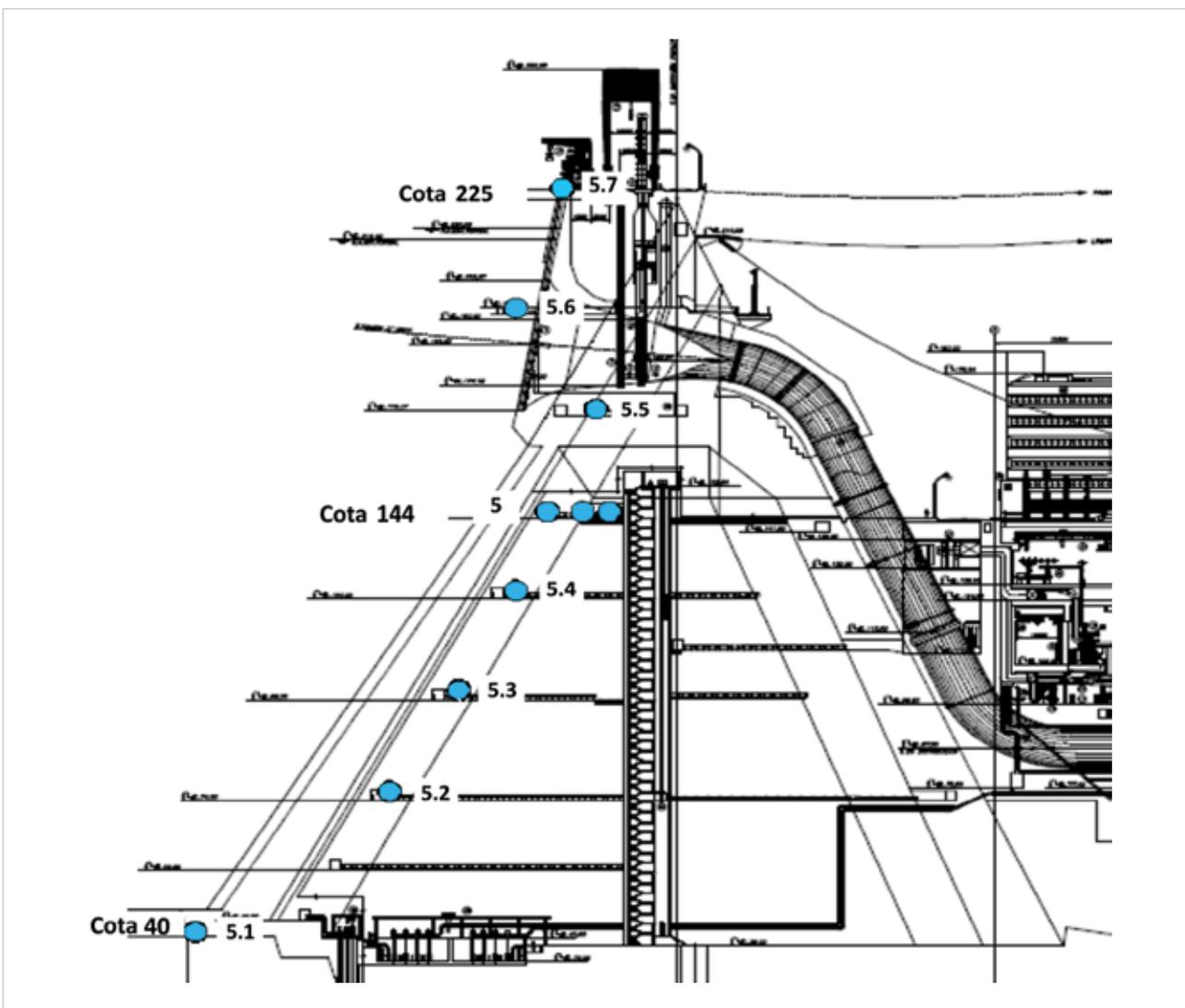


Figura 5 – Seção transversal da barragem com a demarcação das cotas de extração de testemunhos



Figura 6 – extração das amostras a) perfuração; b) retirada do testemunho; c) local da extração

da equação 3 pela profundidade de carbonatação do concreto e pela a área superficial da estrutura em estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 2, são apresentados os resultados de profundidade de carbonatação do concreto, umidade relativa, teor de  $\text{CO}_2$  e temperatura, para cada ponto de extração de testemunhos da barragem de Itaipu.

Na seção transversal da barragem de Itaipu, a profundidade carbonatada média em cada ponto de extração é apresentada no gráfico da figura 8. Verifica-se uma profundidade máxima de 45 mm e mínima de zero, com média de

aproximadamente 29 mm. Isso apontou para a existência de um perfil de carbonatação, cuja tendência é o aumento da profundidade carbonatada com a elevação da cota da barragem, excetuando-se as cotas 124 e 225 (crista da barragem). A crista da barragem trata-se de um elemento de concreto armado, produzido em concreto de resistência superior ao das quatro cotas anteriores, conforme pode ser observado na tabela 2. Talvez, em função da melhora da qualidade do concreto (aumento da resistência à compressão), o avanço da frente de carbonatação é reduzido.

Já, na cota 40, a profundidade carbonatada tende a ser nula, uma vez que a umidade interna do concreto nesta

Tabela 2 – Profundidade de carbonatação média e resistência à compressão do concreto e condições ambientais dos locais de extração dos testemunhos

Extensão da barragem									
Referência			Ambiente de exposição	Quantidade de amostras extraídas	Condições do ambiente de exposição da estrutura			Prof. Carb. (mm)	$f_c$ (MPa)
Nº	Nível do mar	Bloco			UR (%)	T (°C)	$\text{CO}_2$ (ppm)		
5.1	Cota 40	F 15	ED	7	56,1	12,7	280	0,0	23,58
5.2	Cota 74	F 19	INT	4	53,1	13,5	282	6,1	22,83
5.3	Cota 99	F 19	INT	4	81,2	18,3	340	14,6	22,83
5.4	Cota 124	F 19	INT	3	76,8	23,8	339	44,9	18,67
5.4	Cota 124	F 18	INT	3	70,1	22	321	33,3	18,67
5.4	Cota 124	F 19	INT	4	67,2	20,6	301	42,8	18,67
5.4	Cota 124	F 20	INT	3	66,1	21,6	280	21,6	18,67
5*	Cota 144	F 20	INT	3	43,5	16,9	290	16,4	14,67
5*	Cota 144	F 20	ED	2	60,7	22,8	297	36,8	14,67
5*	Cota 144	F 20	EP	6	68,1	8,8	325	41,0	14,67
5.5	Cota 169	F 19	EP	3	51,6	13,1	286	35,8	14,80
5.5	Cota 169	F 19	INT	2	50,3	16,1	274	38,3	14,80
5.6	Cota 196	F 19	EP	3	50,2	14,8	269	43,1	14,95
5.7	Cota 225	I 23	ED	3	65,1	28,3	310	31,4	22,13
5.7	Cota 225	F 19	ED	9	68,9	29,4	298	36,0	22,13
5.7	Cota 225	A 15	ED	3	75,1	26,5	323	13,8	22,13
<b>Média</b>					62,76	19,33	300,94	28,49	18,09

Onde: INT = Ambiente Interno; EP = Ambiente Externo Protegido; ED = Ambiente Externo Desprotegido; BLD = Barragem Lateral Esquerda; BLD = Barragem Lateral Direita;  $f_c$  = Resistência à compressão aos 28 dias obtidos dos relatórios de concretagem da UHE da Itaipu.



Figura 7 – Identificação da zona de carbonatação por meio de um indicador de pH

região pode ser elevada e, por conseguinte, o  $\text{CO}_2$  não consegue difundir-se através de concreto, não o carbonatando.

Verificou-se em medições *in loco* que durante o período de “inversão térmica” (período onde há elevação do teor de umidade do concreto, com gotejamento em alguns pontos da estrutura, conforme figura 9), a umidade do ar nestas localidades é bastante elevada (de aproximadamente 88%).

Em função de suas dimensões, o maciço de concreto demanda tempos elevados para se adaptar às variações sazonais de umidade e temperatura que ocorrem durante o ano. Esse fenômeno é denominado “inversão térmica”, o qual resulta em altos teores de umidade interna do concreto, não havendo tempo suficiente para a saída da água livre presente nos poros do material durante os períodos de estiagem, que são relativamente curtos na região de Itaipu. Assim, o concreto próximo às fundações (cota 40) tende a estar permanentemente úmido,

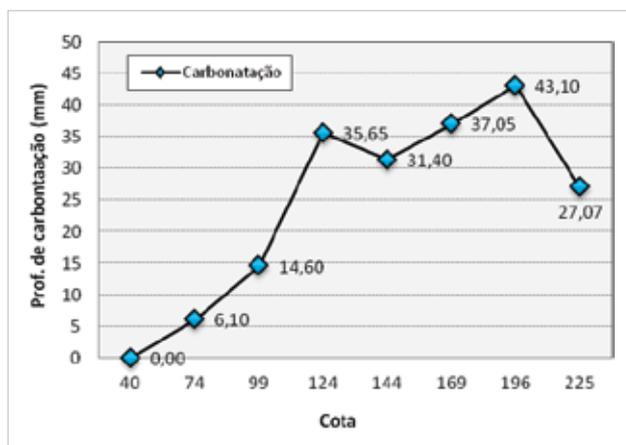


Figura 8 – Profundidade de carbonatação da seção transversal da barragem de Itaipu

impossibilitando o ingresso de  $\text{CO}_2$ , conforme comprovação por meio do ensaio da umidade do concreto realizado em amostras extraídas a seco próximo aos pontos de coleta dos testemunhos. Nas demais cotas, o aumento da profundidade carbonatada com a elevação da barragem é vinculado, provavelmente, à resistência e à umidade interna do concreto.

Por fim, com a área superficial da parte central da barragem, que alcança  $1,75 \times 10^6 \text{ m}^2$  (obtida em parceria com o Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens (CEASB)) e o volume de material carbonatado da estrutura ( $75.250 \text{ m}^3$ ), estimado por meio da média ponderada das leituras da profundidade carbonatada dos testemunhos retirados da barragem, determinou-se o total de  $\text{CO}_2$  capturado. Para tal, foi empregado a equação 3, sendo que até o momento, já foram absorvidas 8.517 toneladas de  $\text{CO}_2$  pelo concreto da barragem de Itaipu, indicando que esta apresenta potencial de captura deste gás devido à carbonatação do concreto.

#### 4. CONCLUSÕES

- Verificou-se a existência de um perfil de carbonatação em relação à seção transversal da barragem, o qual apresenta tendência de aumento com a elevação da cota. Nas fundações da barragem, cota 40, a profundidade carbonatada tende a ser nula, enquanto que, na crista da barragem, cota 225, a profundidade é de aproximadamente 30 mm.
- As profundidades de carbonatação em torno de zero, verificadas nas proximidades das fundações da barragem, advêm da influência da inversão térmica, uma vez que o maciço de concreto demanda, em função de suas dimensões, tempos elevados para se adaptar às variações térmicas e de umidade do ambiente. Isso resulta em teores de umidade interna do concreto superiores a umidade relativa média do ar obtida no momento da extração dos



Figura 9 – Gotejamento devido à inversão térmica

testemunhos. Quando a umidade interna do concreto é elevada, superior a 80%, o dióxido de carbono, que ingressa através do concreto por difusão, não consegue difundir-se e, conseqüentemente, não o carbonata.

- Constatou-se que há carbonatação do concreto, logo houve captura de CO<sub>2</sub>, indicando a potencialidade de captura desse gás pelo concreto da barragem de Itaipu Binacional. Como o processo produtivo do cimento é um grande emissor de gases do efeito estufa, o processo reverso da carbonatação do concreto poderá ser considerado no fu-

turo como uma medida compensatória, contribuindo para a sustentabilidade das estruturas em concreto.

- Até o momento já foram capturadas 8.517 toneladas de CO<sub>2</sub> na parte central da da barragem de Itaipu devido à carbonatação do concreto.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao CEASB/PTI, pelo fomento da pesquisa. Ao Laboratório de Tecnologia do Concreto de Itaipu (LTICI), pelo apoio nas atividades de campo e laboratório.

## Referências Bibliográficas

- [01] PADE, C.; GUIMARÃES, M. The CO<sub>2</sub> uptake of concrete in a 100 year perspective. Cement and Concrete Research, v 37, p. 1348-1356, 2007.
- [02] POSSAN, E. Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- [03] POSSAN, E; ALEANDRI, G.A.; THOMAZ, W. A; DONDÉ, A.; HEINEN, M.H. Preliminary study of the CO<sub>2</sub> uptake potential in the Itaipu dam. Relatório técnico. Centro de estudos avançados em segurança de barragens. 2012.
- [04] JACOBSEN, S., JAHREN, P. Binding of CO<sub>2</sub> by Carbonation of Norwegian OPC Concrete. CANMET/ACI International Conference on Sustainability and Concrete Technology, Lyon, 2002. ●



## Revista CONCRETO & Construções

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

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

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

**PARA ANUNCIAR**  
Tel. 11- 3735-0202  
arlene@ibracon.org.br

<b>Periodicidade</b>	Trimestral
<b>Número de páginas</b>	104 (mínimo)
<b>Formato</b>	21 x 28 cm
<b>Papel</b>	Couché 115 g
<b>Capa plastificada</b>	Couché 180 g
<b>Acabamento</b>	Lombada quadrada colada
<b>Tiragem</b>	5500 exemplares
<b>Distribuição</b>	Circulação controlada, auditada pelo IVC

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



### Formatos e investimentos

Formato	Dimensões	R\$
2ª capa + página 3	42,0 x 28,0 cm	9.050,00
Página dupla	42,0 x 28,0 cm	8.020,00
4ª capa	21,0 x 28,0 cm	6.130,00
2ª, 3ª capa ou página 3	21,0 x 28,0 cm	5.900,00
1ª página	21,0 x 28,0 cm	5.500,00
2/3 de página vertical	14,0 x 28,0 cm	4.125,00
½ página horizontal	21,0 x 14,0 cm	3.000,00
½ página vertical	10,5 x 28,0 cm	3.000,00
1/3 página horizontal	21,0 x 9,0 cm	3.000,00
1/3 página vertical	7,0 x 28,0 cm	3.000,00
1/4 página vertical	10,5 x 14,0 cm	2.580,00
Módulo 6,0 x 8,0 cm	6,0 x 8,0 cm	1.850,00
Encarte	Sob consulta	Sob consulta

# Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado

RICARDO COUCEIRO BENTO – DOUTORANDO

INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP – SÃO CARLOS

JOÃO A. ROSSIGNOLO – PROFESSOR DOUTOR

FACULDADE DE ZOOTECNICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FZEA – USP

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil e a do ambiente construído são as principais consumidoras de recursos - energia e materiais - e grandes geradoras de resíduos (CIB, 1999) [5]. O desenvolvimento de produtos, processos e serviços menos agressivos ao meio ambiente e à saúde humana é um desafio para as nações que buscam o desenvolvimento sustentável.

O concreto armado, sistema estrutural mais utilizado no mundo, o qual consome grandes quantidades de matérias-primas, em sua maioria compostas por materiais não renováveis, além de enormes quantidades de água, depende

de grande quantidade de energia para o seu beneficiamento, emite gases e produz resíduos perigosos.

No que toca a avaliação de componentes construtivos, a análise dos sistemas existentes para certificação ambiental de edifícios revela que há poucas ferramentas que avaliam desempenho ambiental objetivamente através de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), perdendo-se a noção global do impacto.

Neste artigo, descreve-se uma proposta de aplicação da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta de análise de desempenho ambiental no processo decisório do dimensionamento de estruturas de concreto armado.

O presente trabalho foi desenvolvido na disciplina de

Tabela 1 – Quantitativo de materiais da estrutura com fck 25 Mpa

	Concreto		Fôrmas		Aço		
	Consumo (m <sup>3</sup> )	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (m <sup>2</sup> )	Taxa (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (kg)	Taxa (kg/m <sup>2</sup> )	Taxa (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Total</b>	471.4	0.23	4596.8	2.2	41619.2	20.0	88.3

Tabela 2 – Quantitativo de materiais da estrutura com fck 30 Mpa

	Concreto		Fôrmas		Aço		
	Consumo (m <sup>3</sup> )	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (m <sup>2</sup> )	Taxa (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (kg)	Taxa (kg/m <sup>2</sup> )	Taxa (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Total</b>	471.4	0.23	4596.8	2.2	40130.8	19.3	85.1

Engenharia do Ciclo de Vida no Departamento de Engenharia de Produção da USP de São Carlos, e é o embrião da pesquisa em andamento no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da mesma universidade, onde futuramente serão adicionados mais dados e efetuados aperfeiçoamentos.

### 1.1 APLICAÇÃO PRETENDIDA

As aplicações pretendidas dos resultados obtidos por esse estudo visam dar ao profissional de projetos estruturais em concreto armado um embasamento científico, sob a perspectiva ambiental, para a escolha de componentes estruturais de menor impacto ambiental para a composição da estrutura de seu edifício.

O presente estudo foi efetuado na forma de uma verificação completa de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), abrangendo as fases de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) dos sistemas dos produtos, assim como a Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) a partir dos dados de tal inventário.

Para a execução do trabalho foram seguidas as orientações do International Reference Life Cycle Data System - ILCD handbook. (2012) [6] e a NBR ISO 14040 - Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura (2009) [3] e a sua série.

### 1.2 FUNÇÃO

O sistema estrutural em concreto armado (lajes, vigas e pilares) tem como função principal fornecer suporte para o edifício, isto é, absorver e transmitir, para as fundações, todos os esforços incidentes, com segurança pré-definida, segundo os requisitos mínimos da NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento [1] e suas referências normativas.

A classe de agressividade ambiental adotada foi de “moderada” (II), para região urbana.

A durabilidade mínima prevista da estrutura de concreto armado é de 50 anos, prevista pela NBR 15575-1: 2012 Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisi-

tos gerais [4], para sistemas de estruturas como o estudado no presente documento.

### 1.3 UNIDADE FUNCIONAL

No presente trabalho, referenciado em estudos similares, foi utilizada a unidade funcional de um edifício e, para averiguação em conformidade com a prática nacional, foi escolhido um edifício padrão conforme a *NBR 12721: 2006 - Avaliação de Custos para Incorporação Imobiliária e outras disposições para Condomínios Edifícios* [2].

O edifício analisado foi segundo o modelo *Residência Multifamiliar - R8 - Padrão Baixo (R8-B)*, composto por pavimento térreo, oito pavimentos tipo, cobertura, escadas e reservatório superior, todos os componentes em concreto armado.

Foi executado o projeto estrutural do edifício com três classes de resistências características à compressão do concreto (fck):

- fck = 25 MPa,
- fck = 30 Mpa, mantidas as mesmas dimensões das peças estruturais de fck 25MPa.
- fck = 35MPa, com redução das dimensões das peças pelo aumento do fck.

A área estrutural obtida foi de 2.078 m<sup>2</sup>.

A unidade funcional considerada é de um edifício com as características descritas com a função de suportar as cargas de 0,55 tf/m<sup>2</sup> (carga permanente + carga acidental).

### 1.4 FLUXO DE REFERÊNCIA

No trabalho, será utilizado o fluxo de referência ajustado para a seguinte unidade dimensional: substância / m<sup>2</sup> de edificação.

### 1.5 QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

Tabelas 1 a 3.

Tabela 3 – Quantitativo de materiais da estrutura com fck 35 Mpa

	Concreto		Fôrmas		Aço		
	Consumo (m <sup>3</sup> )	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (m <sup>2</sup> )	Taxa (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (kg)	Taxa (kg/m <sup>2</sup> )	Taxa (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Total</b>	401.0	0.19	4464.6	2.1	39596.1	19.1	98.7

### 1.6 ESCOPO GEOGRÁFICO

O escopo geográfico é de um edifício localizado em Poços de Caldas, no estado de Minas Gerais, Região Sudeste. Os materiais componentes do sistema do produto foram todos considerados em relação à localização da cidade.

### 1.7 ESCOPO TEMPORAL

Segundo uma previsão do impacto futuro com a taxa anual de consumo de concreto, espera-se que a demanda pelo mesmo cresça para cerca de 16 bilhões de toneladas pelo ano de 2050, Mehta & Monteiro (2008) [7]. Baseado nesta previsão, a representatividade temporal prevista para esse trabalho é de, no mínimo, 40 anos.

### 1.8 ESCOPO TECNOLÓGICO

O escopo tecnológico é considerado atual e estático, sem previsões de desenvolvimento de novas tecnologias.

### 1.9 ESTRUTURA DE MODELAGEM DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

Este estudo utilizará o modelo atribucional de ciclo de vida, o qual descreve os impactos potenciais ambientais que podem ser atribuídos a um sistema ou produto sobre a sua ACV. Estes fazem uso de registros históricos, fatos embasados, dados de medição de conhecidas incertezas, e inclui todos os processos que são identificados como relevantes contribuições para o sistema a ser estudado.

#### 1.10 OBTENÇÃO DAS FRONTEIRAS DO SISTEMA EM ESTUDO E CRITÉRIO DE CORTE

As fronteiras do estudo serão divididas em seis processos elementares, descritos a seguir e ilustrados no fluxograma do sistema de produto da figura 1.

- 1) Extração e produção do cimento;
- 2) Mistura e transporte de materiais: usina de concreto;
- 3) Produção do aço: siderúrgica;
- 4) Execução da estrutura de concreto armado;
- 5) Fase de uso da estrutura;
- 6) Fase de demolição.

#### 1.10.1 - Processo elementar 1 – Fábrica de cimento

O processo elementar 1 corresponde à fábrica de cimento. O cimento utilizado foi o CP III 40 RS, da fábrica de cimento localizada em Barroso (MG).

#### 1.10.2 - Processo elementar 2 – Usina de concreto

O processo elementar 2 corresponde à fabricação do concreto. Foram utilizados dados estatísticos primários em uma usina de concreto na cidade de referência.

#### 1.10.3 - Processo elementar 3 – Siderúrgica

O processo elementar 3 engloba as atividades da siderúrgica, onde é produzido o aço para a confecção da armadura das peças estruturais.

Os dados consideram apenas a etapa de produção do material; a etapa de extração ainda não foi considerada neste estudo.

#### 1.10.4 - Processo elementar 4 – Execução da estrutura

O processo elementar 4 corresponde ao transporte do concreto que foi produzido na concreteira (processo elementar 2), o transporte do aço para a montagem das armaduras e o transporte de madeira para a confecção das fôrmas, com as respectivas perdas de material.

#### 1.10.5 - Processo elementar 5 – Fase de uso

Fase de uso da estrutura. A ACV, por ter o seu escopo tem-

poral com um valor inferior à vida útil de estrutura, não irá requerer manutenção e suas conseqüências neste período. Entretanto, foi considerada a absorção de CO<sub>2</sub> pela estrutura com o passar dos anos. Baseado em estudos recentes, pode-se considerar um valor mínimo (e até pouco otimista) de absorção no período de 5% do CO<sub>2</sub> anteriormente emitido na fabricação do cimento.

### 1.10.6 - Processo elementar 6 – Demolição

No presente trabalho, avaliando-se a atual condição brasileira de dificuldades e incertezas no reaproveitamento do concreto como agregado reciclado, optou-se por considerar que todo o concreto irá para a disposição final em aterro. Para este estudo, também não está sendo considerada a futura possível reciclagem do aço.

#### 1.11 AS FONTES DE DADOS, QUALIDADE, INCERTEZAS E SUA REPRESENTATIVIDADE

Os principais tipos de dados a serem coletados

no estudo de ICV integrante deste trabalho devem ser aqueles ligados a entradas e saídas de massa, água e energia dos sistemas de produto anteriormente descritos.

Este estudo foi baseado majoritariamente em dados secundários, os quais foram obtidos de fontes fidedignas, comprovados cientificamente e devidamente documentados/ publicados pelos autores que os obtiveram. Quando foi possível a obtenção de dados primários, estes substituíram os dados secundários. A fase de coleta de dados e, principalmente, a escolha da fonte de tais informações levaram em conta os escopos tecnológico, geográfico e temporal descritos no item anterior.

## 2. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV)

A partir da coleta de dados primários e secundários referentes ao estudo foi possível realizar a descrição dos aspectos ambientais e de suas respectivas contribuições visando à unidade funcional.

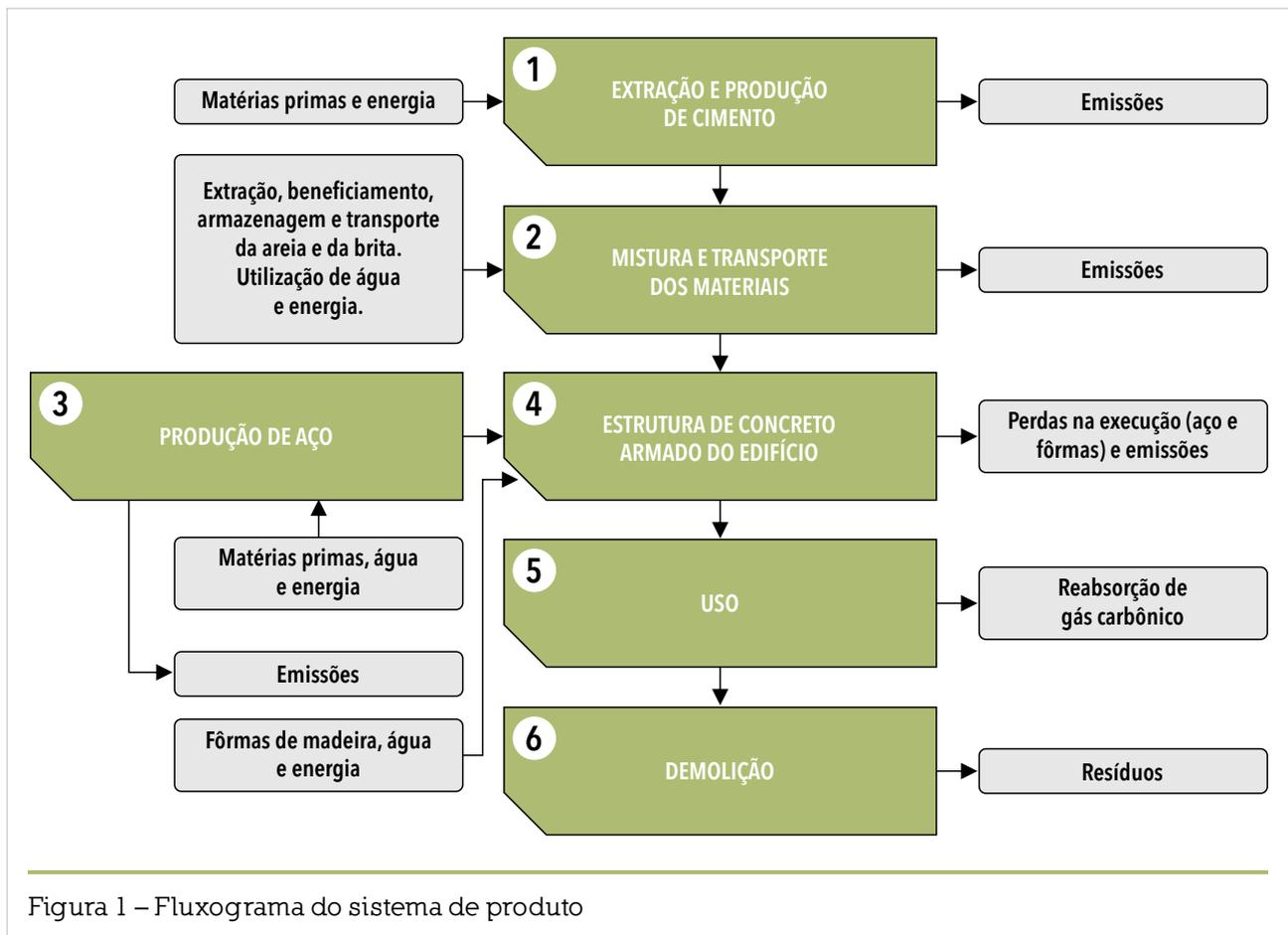


Figura 1 – Fluxograma do sistema de produto

### 3. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)

A partir da realização da ICV, foi possível a realização dos cálculos dos resultados da AICV. Para isso, foi realizada a classificação dos impactos e sua posterior caracterização.

Nenhuma etapa opcional foi realizada (normalização e/ou ponderação), tendo em vista que se trata de um estudo comparativo em que tais etapas não são aconselhadas. Sendo assim, realizou-se a descrição da classificação dos impactos, o fator de caracterização utilizado segundo o método EDIP 1997 (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997) [8], a caracterização do impacto e sua unidade dimensional.

As figuras 2 a 10 trazem as categorias de impacto selecionadas, com os resultados obtidos para cada resistência da estrutura.

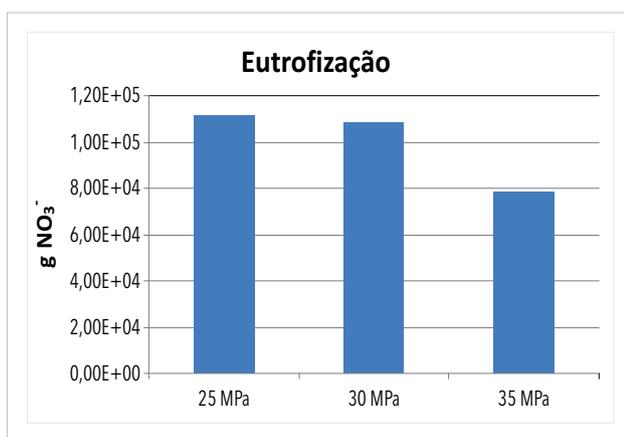


Figura 2 – Categoria de impacto de eutrofização

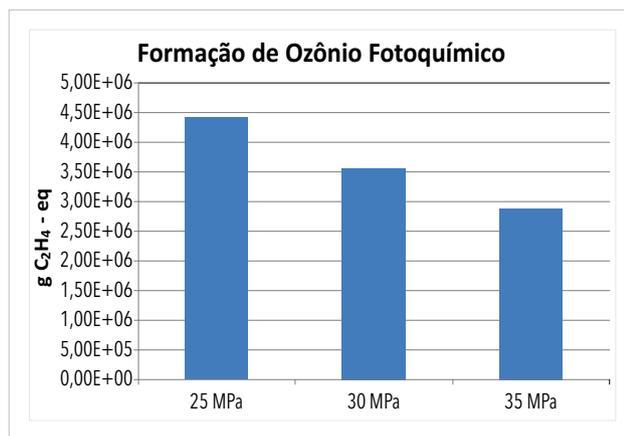


Figura 3 – Categoria de impacto de formação de ozônio fotoquímico

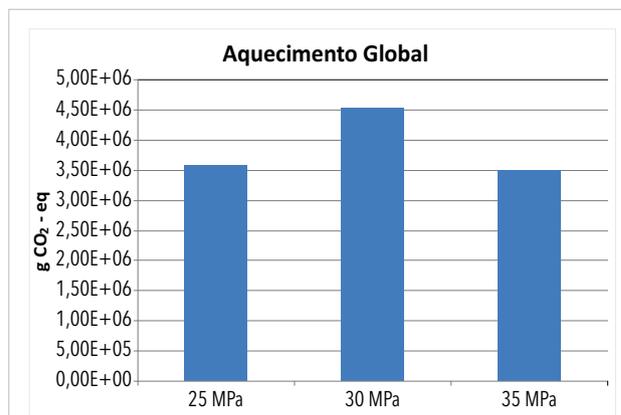


Figura 4 – Categoria de impacto de aquecimento global

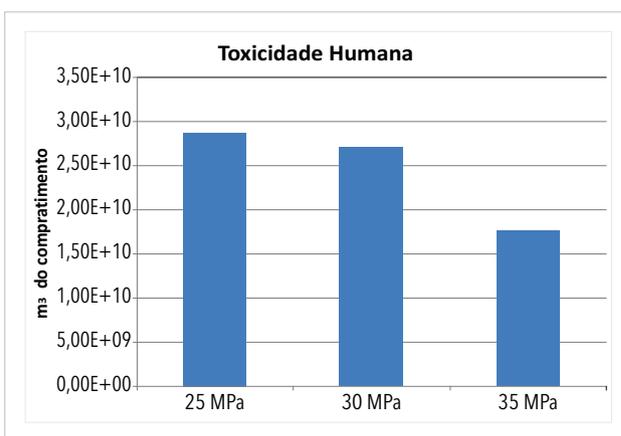


Figura 5 – Categoria de impacto de toxicidade humana

Na figura 2 está representada a categoria de impacto de eutrofização; na figura 3, a categoria de impacto de formação de ozônio fotoquímico; na figura 4, a categoria de impacto de aquecimento global; na figura 5, a categoria de impacto de toxicidade humana; na figura 6, a categoria de impacto de acidificação; na figura 7, a categoria de impacto de ecotoxicidade; na figura 8, a categoria de impacto de consumo de recursos materiais; na figura 9, a categoria de impacto de consumo de recursos energéticos; e, finalmente, na figura 10, a categoria de impacto de resíduos.

A seguir sucintamente são descritas as categorias de impacto:

- **Eutrofização:** trata-se do enriquecimento abrupto e excessivo de nutrientes na água ou no solo, especialmente a partir de substâncias à base de nitro-

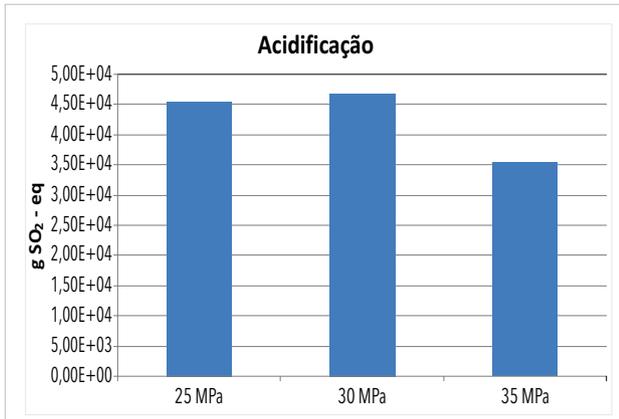


Figura 6 – Categoria de impacto de acidificação

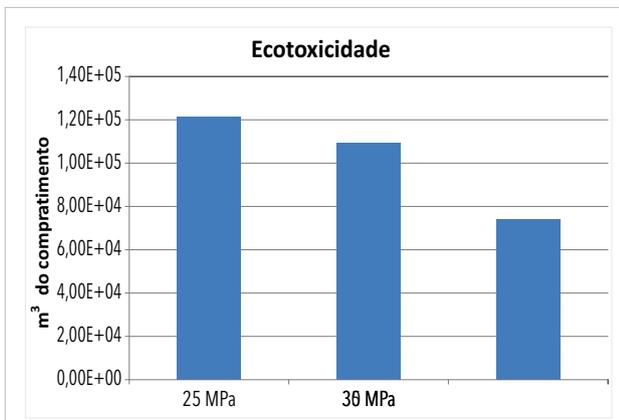


Figura 7 – Categoria de impacto de Ecotoxicidade

gênio ou fósforo - no solo e na água, a eutrofização pode alterar a biodiversidade nos ecossistemas (no método, assume como referências o N, P e nitrato (NO<sub>3</sub>));

- **Formação de ozônio fotoquímico:** faz referência à reação fotoquímica que ocorre sob a influência dos raios ultravioletas, onde os NO<sub>x</sub> e VOCs (compostos orgânicos voláteis) reagem, produzindo oxidantes que causam o nevoeiro fotoquímico (a inalação deste nevoeiro é considerada danosa à saúde humana e de outros organismos vivos);
- **Aquecimento global:** está relacionado à emissão de gases de efeito estufa, como o CO<sub>2</sub> e o metano (CH<sub>4</sub>), resultando no aumento da temperatura terrestre na baixa atmosfera;
- **Toxicidade humana:** é ocasionada pelas atividades humanas que emitem substâncias tóxicas sobre a

saúde humana, seja por ingestão ou por inalação - nesta categoria não são considerados os efeitos tóxicos gerados em decorrência de exposições no ambiente de trabalho, mas os medidos na antroposfera (estão incluídos os efeitos tóxicos crônicos, efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos, impactos associados a uma determinada massa de um elemento químico emitida no ambiente, etc.);

- **Acidificação:** refere-se às substâncias ácidas, como a emissão de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e de enxofre (SO<sub>x</sub>) para a atmosfera, e depositados na água e no solo, resultando no aumento da acidez pela redução do pH (como efeitos, ocorre a chuva ácida);
- **Ecotoxicidade:** trata-se da ação prejudicial, algumas vezes irreversível, de substâncias tóxicas à fauna e flora pelas atividades antrópicas - tais efeitos

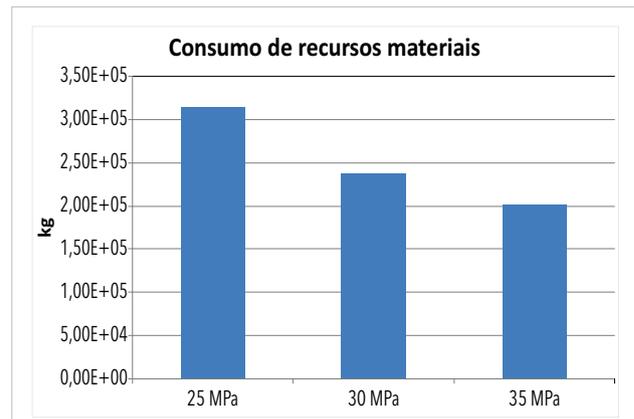


Figura 8 – Categoria de impacto de consumo de recursos materiais

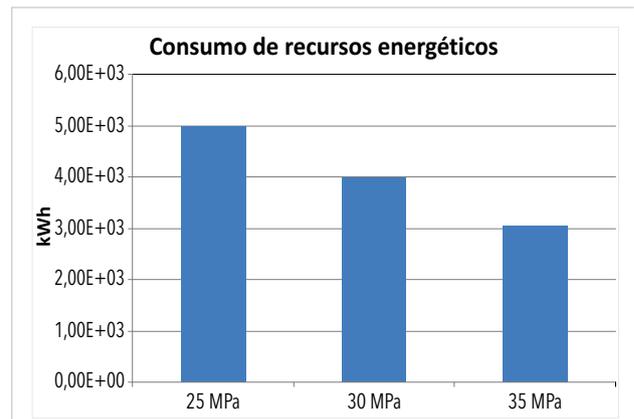
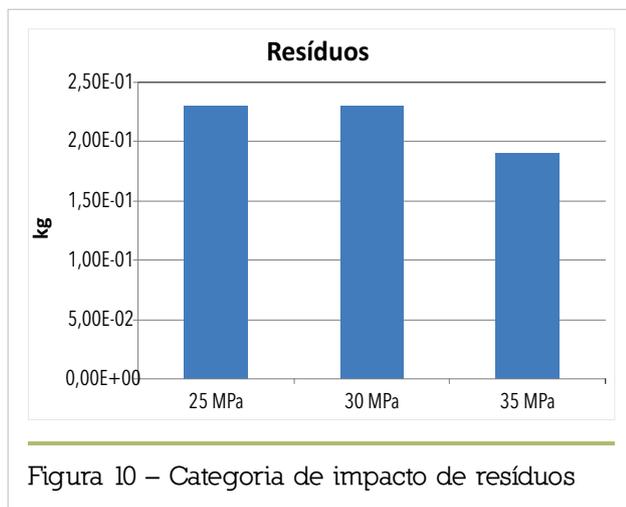


Figura 9 – Categoria de impacto de consumo de recursos energéticos



podem afetar os organismos vivos, a função e a estrutura do ecossistema;

- **Consumo de recursos materiais:** corresponde ao consumo de recursos materiais não renováveis expresso em quilos;
- **Consumo de recursos energéticos:** recursos consumidos nos processos elementares em kWh;
- **Categoria de impacto de resíduos:** corresponde ao lixo e resíduos perigosos ao meio ambiente, escórias e cinzas, lixo nuclear, etc., expresso em quilos.

#### 4. INTERPRETAÇÃO

A Tabela 4 apresenta um balanço geral, com classificação comparativa das estruturas com as diferentes resistências características e as categorias de impacto.

Verifica-se que a estrutura com fck de 35 MPa (com a redução das dimensões das peças estruturais) apresentou resultados inferiores às demais estruturas em todas as categorias de impacto.

A estrutura com resistência de 30 MPa apresentou resultados intermediários em comparação às outras resistências, com exceção das categorias aquecimento global, acidificação e geração de resíduos. Nas demais categorias, a estrutura com resistência característica de 25 MPa apresentou os maiores valores nas categorias de impacto.

Quanto ao desempenho ambiental, duas análises podem ser feitas sobre os resultados:

- Com a consideração da manutenção das dimensões das peças, onde o aumento da resistência característica do concreto de 25 MPa para 30 MPa apresentou resultados melhores: apesar da manutenção do volume de concreto, a diminuição conseqüente (de-

vido a maior resistência do concreto) do consumo de aço da estrutura resultou em melhores resultados.

- Com a redução das dimensões das peças proporcionada pelo aumento da resistência característica para 35 MPa (resultando em menor volume de concreto e, mesmo com a redução das peças, em menores taxas de aço), o impacto foi menor.

O estudo demonstra para a unidade funcional estudada, o melhor desempenho do ponto de vista ambiental na utilização de resistências maiores do concreto da estrutura e, ainda maiores vantagens, com a conseqüente redução das dimensões das peças estruturais proporcionas por este aumento.

#### 5. CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) comprova a eficácia da classificação comparativa das estruturas com as diferentes resistências características em relação às categorias de impacto.

Entre os resultados observados, destaca-se que, para todas as categorias de impacto, a estrutura com fck de 35 MPa (com redução das dimensões das peças estruturais) é ambientalmente a que menos impacta o meio ambiente, exercendo a mesma função, seguida pela estrutura com fck de 30 MPa e, por último, pela estrutura com fck de 25 MPa.

A estrutura projetada com resistência de 30 MPa apresentou resultados intermediários em comparação às outras resistências, com exceção das categorias aquecimento global, acidificação e geração de resíduos. Nas demais categorias, a estrutura com resistência característica de 25 MPa apresentou os maiores valores nas categorias de impacto.

Tabela 4 – Balanço geral

	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Eutrofização	Maior	Médio	Menor
Formação de ozônio fotoquímico	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos materiais	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos energéticos	Maior	Médio	Menor
Ecotoxicidade	Maior	Médio	Menor
Aquecimento global	Médio	Maior	Menor
Toxicidade humana	Maior	Médio	Menor
Acidificação	Médio	Maior	Menor
Resíduos	Médio	Maior	Menor

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a orientação sobre ACV pelo Professor Dr. Aldo Ometto e aos colegas Efigênia Rossi, Poliana

Figueira Cardoso e Adriano Komesu, que efetuaram, em conjunto, o trabalho na disciplina Engenharia do Ciclo de Vida da EESC - USP.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007. 169 p.
- [02] \_\_\_\_\_NBR 12721 – Avaliação de Custos para Incorporação Imobiliária e outras disposições para Condomínios Edifícios. Rio de Janeiro, 2006. 59 p.
- [03] \_\_\_\_\_NBR ISO 14040 – Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009. 21 p.
- [04] \_\_\_\_\_NBR 15575-1 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2012.
- [05] CIB – INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION, Agenda 21 on sustainable construction, CIB Report Publication 237, 1999, 120 p.
- [06] ILCD handbook – International reference Life Cycle Data System; General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance, Publications Office of the European Union, 2012, 394 p.
- [07] MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.
- [08] WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. Environmental Assessment of Products. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publisehrs. v.1 e 2. ●

## Cursos oferecidos no



55º Congresso  
Brasileiro  
do Concreto  
GRAMADO | RS

DE 29 DE OUTUBRO  
A 1º DE NOVEMBRO

2013

Centro de Eventos  
ExpoGramado

Gramado | Rio Grande do Sul



### RILEM – FIBRE REINFORCED CONCRETE

**Palestrantes:** Ravindra Gettu (Instituto Indiano de Tecnologia de Madras, Índia) e Antonio Figueiredo (Escola Politécnica da USP)

### TECNOLOGIA DE ADITIVOS E ADIÇÕES PARA CONCRETO

**Palestrante:** Geniclécio Santos (Sika)

### ESTRUTURAS PRÉ – FABRICADAS DE CONCRETO

**Palestrantes:** Carlos Franco (CAL-FAC Consultoria e Engenharia) e Íria Doniak (ABCIC)

### PROJETO E EXECUÇÃO DE RADIER

**Palestrante:** Fábio Albino de Souza (EBPX)

### INFORMAÇÕES

Vanessa Pedroso

Tel. (11) 3735-0202

vanessa@ibracon.org.br

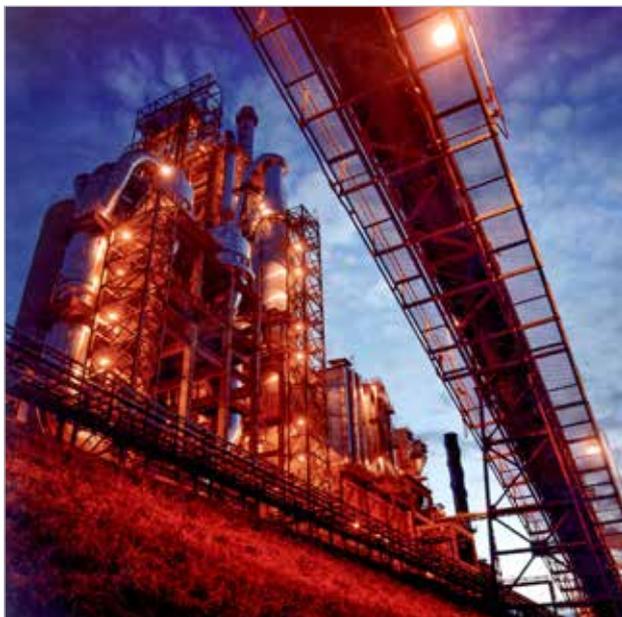
www.ibracon.org.br



# InterCement financia pesquisas para minimizar impacto ambiental na produção de cimento

A InterCement, holding para os negócios de cimento do Grupo Camargo Corrêa, investirá cerca de R\$ 25 milhões nos próximos cinco anos em pesquisas acadêmicas para mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>, reaproveitamento de resíduos industriais e de construção e demolição, uso de combustíveis alternativos nos fornos de cimento, além de estudos sobre as propriedades do cimento com nanotubos de carbono. Os recursos serão destinados para compras de equipamentos para laboratórios, financiamento de bolsa de estudos, construção de biorreatores em escala pré-piloto e o pagamento dos pesquisadores envolvidos.

Convênio a ser assinado em setembro com a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) e UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), com cogerenciamento e operação



dos pilotos da Algae Biotecnologia Ltda, vai estudar o sistema de biofixação de CO<sub>2</sub> através do cultivo de microalgas e cinobactérias. As microalgas tem alta eficiência fotossintética e são fixadoras de CO<sub>2</sub>. O gás de combustão oriundo dos fornos de cimento será direcionado para o cultivo de microalgas em biorreatores.

A expectativa é que a biofixação tenha um potencial de neutralização de 30% das emissões. O processo cria um impacto direto na redução de CO<sub>2</sub> gerados na produção de cimento, complementando estratégias já implementadas pela empresa para diminuição da “pegada de carbono”, por emissões evitadas. É o caso do coprocessamento com pneus inservíveis ou outros produtos que entram no lugar do carvão mineral como combustíveis dos fornos e a substituição de clínquer por aditivos na produção de cimentos.

“A InterCement acredita que a perenidade do negócio depende não apenas do desempenho econômico, mas de uma atuação responsável em aspectos sociais e ambientais. Parcerias com centros de pesquisa são fundamentais para identificar técnicas inovadoras que possam ser aplicadas com eficiência e segurança na cadeia de produção”, diz Adriano Nunes, diretor de Sustentabilidade e Inovação.

Ainda no escopo desse convênio, a ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da USP) e a UFC (Universidade Federal do Ceará) pesquisarão a melhor forma de destinação da biomassa de algas gerada no processo, buscando o equilíbrio econômico da operação com ensaios com nutrição de peixes e camarões. Ao optar pela aquicultura em detrimento de biocombustíveis, a InterCement levou em conta a demanda crescente por alimentos na cadeia produtiva e estudos que apontam maior valor agregado na operação.

O investimento em pesquisa de biofixação de CO<sub>2</sub>, em

torno de R\$ 5,6 milhões, faz parte do trabalho de sustentabilidade desenvolvido pela InterCement. A empresa é referência no controle das emissões no setor de cimento e possui um dos menores índices mundiais de emissão de gases de efeito estufa por tonelada produzida. O inventário de gases de efeito estufa da InterCement conquistou, em 2012, o Selo Ouro do Programa Brasileiro GHG Protocol, versão brasileira de metodologia desenvolvida nos Estados Unidos para medição dos gases do efeito estufa, concedido pela Fundação Getúlio Vargas. A taxa de emissão ficou em 531 kg de CO<sub>2</sub>/tonelada, quando a média mundial entre as empresas do setor participantes do CSI (Cement Sustainability Initiative) foi de 656 kg.

### PRODUÇÃO DE CIMENTOS SEM EMISSÃO ADICIONAL DE CO<sub>2</sub>

Outros dois projetos com renomados centros de estudos de São Paulo, anunciados neste ano, financiam pesquisas para produção de cimento sem a geração adicional de CO<sub>2</sub>.

Parceria com a USP (Universidade de São Paulo) prevê desembolso de R\$ 5 milhões para instalação de centro de pesquisa em construção sustentável na Escola Politécnica (Poli-USP), do qual participam 30 professores, mestrandos e doutorandos da instituição.

Uma pesquisa pioneira na área de concreto ecoeficiente, com redução de emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera em até 40% e com menor consumo de energia em relação à produção do cimento tradicional, foi escolhida para estreitar o novo equipamento de estudos do Centro. O desafio é viabilizar a produção do concreto ecoeficiente, desenvolvido em ambiente laboratorial pela Poli-USP, em larga escala e de forma competitiva. Segundo o coordenador do projeto, Prof. Vanderley John, a técnica desenvolvida na Poli amplia a produção de cimento sem investir em mais fornos e, conseqüentemente, aumentar o consumo de combustível e emissão de gases na operação.

Outro convênio assinado em 2013 foi firmado com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), com a destinação de R\$ 5 milhões, sendo 50% oriundos de fomento do BNDES Funtec (Fundo Tecnológico do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e 2,5 milhões com recursos próprios, em três anos, para produção em larga escala de cimento à base de resíduos da construção civil. Lançado em escala, o produto poderá contribuir para reduzir o consumo de recursos naturais pela substituição de agregados naturais, como areia e brita, além de aproveitar o material que seria enviado a aterros pela construção civil.



O cimento de resíduos de construção e demolição (RCD) poderá ser utilizado no revestimento de pavimentos rígidos e no reaterro de valas de água, esgoto e telefonia, entre outras aplicações.

Nesta mesma linha, a Intercement assinará outro convênio com o IPT, ainda este ano, com destinação de 6,7 milhões, para o estudo do uso da escória de aciaria, subproduto da indústria siderúrgica, na produção de cimento em larga escala. O convênio receberá também o aporte de 7,7 milhões da EMPRAII/IPT (Empresa Brasileira para Pesquisa e Inovação Industrial do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo).

### ENERGIA RENOVÁVEL E NANOTECNOLOGIA

Em janeiro deste ano, a Intercement assinou convênio com a Embrapa Agroenergia, onde se comprometeu a liberar R\$ 2 milhões em quatro anos, para pesquisas sobre biomassa para os fornos de cimento. Num primeiro momento, será feito mapeamento das plantações no entorno das usinas de cimento da empresa, para, num segundo momento, se pesquisar o tipo ideal de biomassa que poderia entrar como combustível nos fornos de produção da empresa. A expectativa é de cultivar essa biomassa (eucalipto, campim elefante etc.), fonte de energia renovável para a indústria cimenteira.

Já, em janeiro de 2014, a empresa pretende assinar convênio com a UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), para a criação do Centro de Tecnologia em Nanotubos de Carbono. Com aporte de R\$ 3 milhões da Intercement, mais R\$ 3 milhões do BNDES, o projeto objetiva estudar as propriedades mecânicas do cimento com o uso de nanotubos de carbono.

“Com este montante de investimentos, a Intercement espera alavancar seus processos de produção, tornando viável economicamente as inovações em estudo. Com isso, a empresa almeja contribuir com a redução do impacto ambiental de suas atividades”, avalia o Eng. Seiiti Suzuki, gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa. ●

# Falhas executivas decorrentes de uma compatibilização ineficiente de projetos

---

RODRIGO LUCCA – TECNÓLOGO EM CONSTRUÇÃO CIVIL  
CRISTIANE SARNECKI – TECNÓLOGA EM CONSTRUÇÃO CIVIL

---

## 1. INTRODUÇÃO

**R**ealizar um projeto deve prever a utilização de diversos elementos construtivos, que se desenvolvem a partir das inúmeras técnicas atuais, tanto em termos de projeto quanto em termos de execução. Partindo da união entre a melhor solução e a melhor técnica, é que surge a compatibilização de projetos. É neste contexto que se desenvolveu esta pesquisa, que compreende um estudo de caso em edifício residencial na região de Curitiba, Paraná, e um questionário aplicado à cadeia produtiva da mesma região.

O primeiro uso de controle de processo nos projetos em arquitetura, em que se identifica a relação entre o atendimento das normas e a qualidade do produto final, remonta ao arquiteto Imhotep, construtor das Pirâmides do Egito. Ele acreditava que o controle de processo era parte integrante do próprio processo, não o resultado de correções após a inspeção final.

No Brasil, as primeiras leis em que estavam implícitas as condições das construções e que regulavam também os traçados das cidades foram as advindas das ordenações Filipinas. Estas leis representavam as expectativas renascentistas de beleza dos espaços, se tornando utópicas. Desde aqueles tempos, acostumou-se a não seguir as leis ao pé da letra, prevalecendo improvisações, interpretações interesseiras e flagrantes desobediências. Ainda, a maioria das cidades brasileiras nasceu organicamente aos acidentes

geográficos, como acontecia na tradição lusitana. Todo esse descaso pelas regras de urbanização no Brasil fez com que as leis caíssem no esquecimento, ressurgindo nas grandes cidades, no século XIX.

Por volta dos anos 60, os profissionais trabalhavam de forma conjunta dentro de empresas que projetavam e construíam, coordenando o desenvolvimento dos seus trabalhos. Começaram aí a surgir os escritórios técnicos especializados em arquitetura. Mas, com o passar do tempo, houve um distanciamento entre as atividades, criando o que chamamos hoje de projetistas e executores. Isto gerou altos índices de desperdício, fazendo com que surgisse, nos anos 80, um profissional, ou equipe, responsável pela compatibilização de projetos. Atualmente, utiliza-se softwares específicos, mas estes ainda não nos apresentam uma compatibilização totalmente eficiente, sendo que muitos equívocos são resolvidos no canteiro de obras. A compatibilização de projetos também compreende a programação de reuniões entre os projetistas e a coordenação, visando resolver interferências detectadas. Portanto, a compatibilização é uma ferramenta que pode remediar a falta de integração entre a equipe e as tarefas, complementando as fases de realização de projetos e capturando as falhas originadas pela falta de integração destes projetos ou pela engenharia simultânea.

No setor da construção civil, existe uma grande necessidade de aperfeiçoar a elaboração dos projetos de edificações visando interagir com a execução, otimizando e agre-



Figura 1 – Duto externo e acesso à laje técnica. Janeiro de 2008

gando valor ao empreendimento como produto final. Por isso se deve tratar o projeto como elemento fundamental na concepção de um empreendimento.

Buscando responder perguntas como “quais equívocos são identificados em uma obra padrão decorrentes de uma compatibilização ineficiente de projetos em arquitetura?” e “a cadeia produtiva, através dos gestores de compatibilizações, identifica correta e coerentemente os equívocos em projetos?”, chegou-se ao argumento de que “os equívocos identificados em uma obra tomada para estudo de caso são os mesmos apontados pela cadeia construtiva e, portanto, comuns a mais obras?”.

Durante o período de 10 meses, houve o acompanhamento da obra analisada através de um estudo de caso. Baseia-se numa construção com estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos cerâmicos não estruturais e lajes mistas de concreto e blocos cerâmicos. O edifício analisado possui térreo, mezanino, pavimento intermediário, 23 pavimentos-tipo e cobertura, com 02 apartamentos por andar. Foi realizada uma verificação comparativa entre o projeto

aprovado pelo setor de compatibilização e, mediante entrevista com o responsável pela obra, observou-se que tipos de interferências não foram corretamente identificadas e estavam sendo solucionadas durante a construção. Todos os projetos deste edifício tomado para estudo de caso foram terceirizados e sua compatibilização foi realizada pelo setor interno específico.

## 2. CASOS VERIFICADOS

### 2.1 TUBULAÇÕES DE ÁGUA SERVIDA

Neste, a descida da água resultante da máquina de lavar roupas seria inicialmente realizada através de um *shaft*. Devido à mudança na localização da máquina no projeto, foi necessário o deslocamento da tubulação para a área externa. Houve a criação de dutos adicionais e abertura de nova esquadria de acesso à laje técnica externa, destinada aos equipamentos de ar condicionado, como mostra a Figura 01. Como o *shaft* projetado não poderia ser utilizado para a água servida da máquina, pois poderia ocorrer retorno de espuma ou escoamento ruim, foi necessário recortar a laje técnica externa e a nova descida de tubulações gerou impacto visual na fachada, comprometendo a concepção estética do empreendimento.

A Figura 2 indica, além da solução do elemento vertical, também a caixa em gesso executada. Ao lado esquerdo da caixa de gesso, o acabamento da saída para coifa da cozinha. Houve investimento em novos projetos, materiais, tempo e mão de obra, gerados pela falta de compatibiliza-



Figura 2 – Acabamento da nova prumada. Outubro de 2008



Figura 3 – Enchimento de argamassa em banheiro

ção do projeto arquitetônico, executivo, elétrico e hidráulico.

## 2.2 CONTRAPISOS

No projeto do apartamento-tipo analisado, não há diferença na altura de contrapisos, com exceção da área de sacada. Entretanto, foram percebidos padrões que não seguem o estabelecido no projeto estrutural, que deveria prever os possíveis rebaixos para determinados tipos de acabamentos, fato que não poderia ter sido facilmente executado devido ao sistema de laje escolhido. A primeira diferença de nível verificada foi entre a sala e o lavabo. Não foram levados em consideração os diferentes materiais a serem utilizados. Na sala, o material é de espessura menor, sendo necessário o



Figura 4 – Preenchimento com blocos cerâmicos

enchimento de contrapiso ou a utilização de mantas. Também, o caixilho e vistas foram instalados antes da execução do contrapiso, ocasionando danos no acabamento da mesma e, em outros casos, foi necessário recorte de vergas das portas para que houvesse altura suficiente para sua instalação. Estas alterações acarretam em trabalho adicional, gasto excessivo com material para enchimento de contrapiso, eventual sobrecarga em lajes na estrutura e suscetibilidade às patologias, como fissuras em torno dos caixilhos das portas.

## 2.3 ENCHIMENTOS

Ao lado direito na Figura 3, percebe-se o enchimento com argamassa para passagem das tubulações junto aos pilares, que causou desperdício de materiais, mão de obra e eventuais cargas adicionais em vigamentos e lajes.

Na Figura 4, evidencia-se a necessidade de preenchimento de alvenaria, não compatibilizado pelo projeto estrutural, executivo e acabamentos. Foi executado com tijolos na vertical entre a alvenaria de fechamento do elevador e a viga, projetada antes da parede-limite.

Outro exemplo de preenchimento não previsto apresen-



Figura 5 – Preenchimento em argamassa

ta-se na Figura 5, em que, para adequar o vão à esquadria, foi necessário enchimento de argamassa junto à verga, de cerca de 4 centímetros.

Estes preenchimentos de vãos não previstos ou incorretamente compatibilizados ocasionam gastos de materiais, tempo, mão de obra e um resultado final insatisfatório.

#### 2.4 DISPOSIÇÃO DE PROJETO

No banheiro social, há espaço reduzido entre o vaso sanitário e a pia, que dificulta a instalação dos metais e utilização do usuário. Este caso trata-se da relação entre projeto e usuário, em que houve falta de compatibilização entre projeto arquitetônico, hidráulico e de acabamentos – acessórios, metais, tampo e mobiliário.

#### 2.5 PEITORIS

As janelas da sala ficariam instaladas ao nível do pavimento, sem que houvesse necessidade de peitoril, mas foram compradas janelas de outro modelo e foi necessário criar um peitoril para sua instalação. Aqui houve falta de compatibilização dos processos e setores: produto, projeto, execução e compras. A alteração deste item consumiu, além de materiais para execução das alvenarias e acabamentos, tempo das equipes de trabalho.

#### 2.6 SHAFTS

A tubulação de ar condicionado das condensadoras às evaporadoras passa por dentro do quarto da suíte, abaixo da laje, sendo necessário criar uma caixa em gesso para ocultá-las. Esta caixa não estava prevista em orçamento e não foi considerada como intervenção visual no ambiente.

#### 2.7 QUADRO DE DISJUNTORES

Instalado junto à porta de acesso da cozinha pela área de serviço, pois esta localização é a mais favorável para solucionar o projeto elétrico, mas houve incompatibilização com o projeto de acabamentos. Com revestimento na parede e acabamento no quadro, nota-se que a largura do requadro foi diminuída em torno de dois centímetros. Assim, com a esquadria instalada, percebe-se, na Figura 6, que a pouca largura da boneca interfere no acabamento da guarnição e na abertura da porta da cozinha. A falta do planejamento do

projeto executivo, elétrico e acabamentos impactou o uso e o aspecto visual, pois a porta será utilizada entreaberta diminuindo a circulação e a guarnição foi recortada, necessitando a instalação de um anteparo no piso para evitar que a porta fosse danificada pelo puxador do quadro de disjuntores.

#### 2.8 DESALINHAMENTOS EM ALVENARIAS

Entre a área de serviço e a central de lógica no acesso ao elevador de serviço, o desalinhamento ocasionou um enchimento de alvenaria no “living” e ao lado esquerdo da lareira, devido a um pilar. Se houvesse um melhor planejamento, a compatibilização de alvenarias com o projeto estrutural ocasionaria maior racionalidade no uso de espaços. Nos banheiros, o desalinhamento entre vigas e alvenaria provocou recortes adicionais em azulejos, com maior tempo para aplicação de acabamentos, gerando áreas não previstas para quantitativos de orçamento em emboços e azulejos; e, no quarto, resultou numa aplicação não prevista de emboço, reboco e pintura. Já, quando ocorrido entre pilares e alvenarias, ocasiona maior área de acabamento no revestimento e também maior dificuldade futura para inserção de mobiliários.

#### 2.9 QUADRO DE REGISTROS DE ÁGUA

Localizado na circulação de serviço, não se contemplava a execução de forro rebaixado em gesso para a passagem da própria tubulação de água, destinada à alimentação dos apartamentos. Desta forma, foi necessário, como mostra a

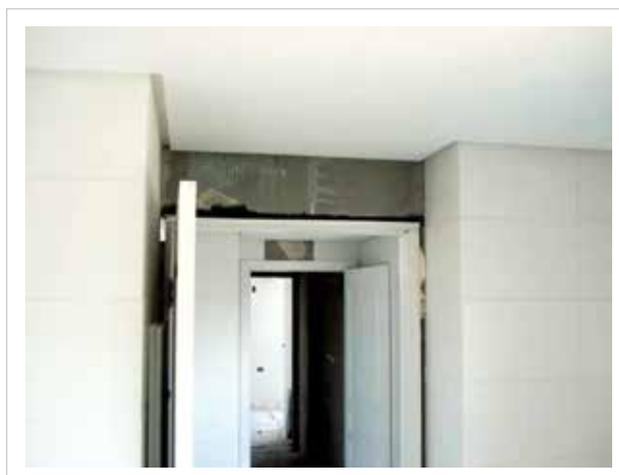


Figura 6 – Visualização do quadro de disjuntores com porta aberta



Figura 7 – Solução adotada para instalação de registros

Figura 7, criar uma verga. No entanto, esta solução faz com que os registros superiores estejam em difícil acesso, ficando quase encobertos, havendo dificuldades em utilização e ainda gerando acabamentos diferentes do especificado.

### 2.10 CENTRAL TELEFÔNICA

Instalada na área de serviço em uma altura de cerca de 50 centímetros do piso, traz a despreocupação com a manutenção futura, pois ficará oculta dentro do armário, uma vez que esta parede é a única dimensionada para instalação de mobiliário.

### 3. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

O esquema da Figura 8 mostra o processo geral de compatibilização, partindo do setor de projetos até a execução das ideias propostas. Realçado, em cinza, o caminho crítico identificado neste estudo de caso.

Percebe-se que os equívocos foram identificados apenas no canteiro de obras, gerando um distanciamento, que poderia ter sido solucionado ainda na fase de projetos. A Figura 9 traz um gráfico que mostra, em porcentagem, uma relação entre a influência de cada projeto na identificação dos equívocos, em amarelo, e as mudanças ocorridas nos projetos originais, devido a ineficiente compatibilização dos processos, em vermelho.

Mas, não são somente os projetos os afetados pela ineficiente compatibilização. Na Figura 10, o gráfico traz quais os profissionais mais afetados. Percebe-se que aqueles ligados diretamente às atividades de execução são medianamente atingidos. O corpo técnico de obra, representado pelo mestre de obras, o técnico e o engenheiro, sofre grande influência com este retrabalho. São estes profissionais que estão no comando das atividades, tendo que decidir diretamente sobre as incompatibilidades não previstas. Outros profissionais atingidos estão ligados ao setor de compras, como o almoxarife e o comprador. Estes atuam na aquisição de novos materiais para as pendências geradas pela ineficiente compati-

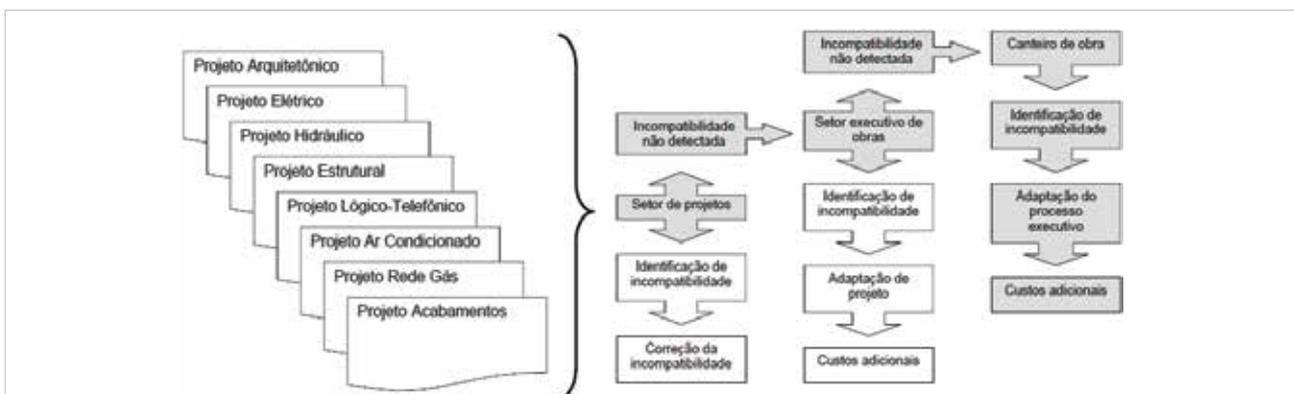


Figura 8 – Caminho crítico do estudo de caso

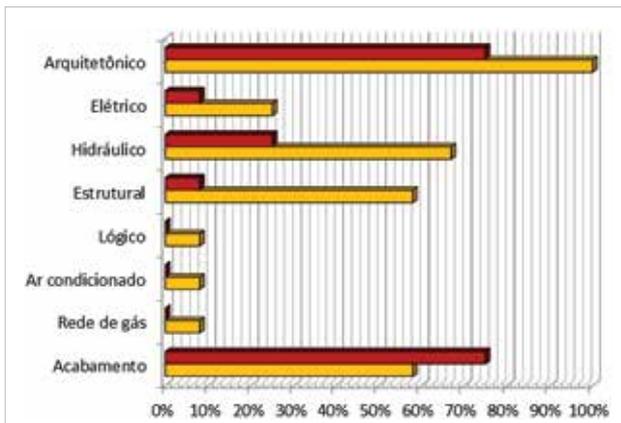


Figura 9 – Correlação entre influência e correção de projetos na compatibilização, em porcentagem



Figura 10 – Porcentagem de índices humanos atingidos pela ineficiente compatibilização

lização. Obviamente, o profissional mais requisitado é o próprio coordenador de projetos, aquele que deveria ter verificado todos os projetos e minimizado os riscos de modificações desnecessárias e retrabalhos. Um dado relevante levantado refere-se ao usuário. Em alguns casos, é ele o atingido pela ineficiente compatibilização, já que será somente na utilização que serão percebidas possíveis melhorias que deveriam ter sido pensadas durante a fase de projeto.

#### 4. QUESTIONÁRIO APLICADO À CADEIA PRODUTIVA LOCAL

O questionário verifica com os integrantes do processo em quais pontos podem ocorrer equívocos. Da seleção de 45 empresas, como construtoras e/ou incorporadoras, que atuam na cadeia construtiva na região de Curitiba, o questionário foi direcionado aos responsáveis pelo setor de projetos de 21 destas empresas. Houve retorno de apenas 06 das empresas consultadas.

A seguir, temos, no Quadro 1, um resumo a respeito das questões 01 a 04.

Quando à questão 01, para as empresas em que o processo é interno, temos como respostas que os projetos são verificados separadamente com seus executores pelo arquiteto da obra, que se encarrega de verificar as interferências e fazer as modificações necessárias; ou o projeto arquitetônico é desenvolvido antes dos projetos complementares, verificando-se a interferência dos complementares com o arquitetônico. Nas empresas em que o processo é externo, há a contratação de escritório de arquitetura ou projetistas de cada especialidade, e são as empresas que praticam o gerenciamento das atividades.

Nas questões 02 e 04, a resposta foi unânime quanto a importância do uso de feedback e a identificação de equívocos durante a gestão de projetos.

Apesar do estudo de caso contemplar um edifício de grande porte, com 27 pavimentos, o foco apontado pelo questionário foi até 12 pavimentos, que se trata da média usual do mercado analisado. A pergunta 03 discorreu sobre o tempo usual para a realização dos projetos de um edifício de médio porte, entre 04 e 10 pavimentos.

QUESTÕES	ALTERNATIVAS	EMPRESAS / RESPOSTAS						%
		01.	02.	03.	04.	05.	06.	
01. Como se dá o processo de compatibilização em sua empresa?	Internamente							50
	Externamente							50
02. É usual o feedback das informações neste processo?	Sim							100
	Não							0
03. Quanto tempo, usualmente, aplica-se na realização dos projetos de um edifício residencial de médio porte (de 04 a 10 pavimentos)?	03 a 06 meses							50
	09 meses ou mais							50
04. Os equívocos são melhores identificados durante a gestão de projetos?	Sim							100
	Não							0

Quadro 1 – Questões 01 a 04 e respectivas respostas

QUESTÕES		
EMPRESAS	05. Quais tipos são melhores identificados? Pode citar-nos uma falha ocorrida e sua solução?	06. Quais benefícios para a realização da obra e para o processo global pode trazer uma correta compatibilização de projetos?
01.	Interferências entre projetos complementares; aproveitamento do espaço com mobiliário adequado.	Economia, sem a execução de projetos em separado. Interação entre os profissionais executores e os projetistas. Melhor entendimento da arquitetura pelo calculista estrutural bem como da técnica pelos responsáveis pela arquitetura.
02.	Áreas técnicas. Realocação da central de gás GLP devido normalizações da cidade onde o empreendimento foi realizado, comprometendo o estudo de fachada inicialmente realizado.	Evitar gastos extras e adaptações do projeto inicial, fazendo com que o projeto perca seu conceito e objetivo.
03.	Projetos elétricos, hidráulicos, automação e climatização.	Redução do índice de retrabalho em todas as etapas de um obra ao reunir os projetistas. Considerando-se que o cliente tenha a correta definição do que quer edificar.
04.	Incompatibilidade entre estrutura, esquadrias metálicas, instalações elétrica e hidráulica. Descida de água pluvial que coincidiu com viga estrutural havendo necessidade de desvio da tubulação.	Velocidade construtiva e redução de custo com a diminuição de retrabalho.
05.	Coincidência entre passagem de tubulação hidráulica e elétrica.	Velocidade construtiva e falta de desperdício de materiais na execução do serviço. Itens que geram atraso no cronograma.
06.	Interferências estruturais, diferenças em níveis de forro em função de vigas mal dimensionadas, compatibilização de esquadrias de acordo com projeto estrutural. Haviam diferenças nas alturas das vigas de bordo. Alinhado-as, pôde-se trabalhar com todas as esquadrias no mesmo nivelamento superior, sem a necessidade de inserção de vergas.	Evitar-se retrabalho, desperdícios, custos desnecessários, tempo gasto e comprometimento com a qualidade final da execução.

Quadro 2 – Questões 05 e 06 e respectivas respostas

A seguir, no Quadro 2, temos uma síntese a respeito das questões 05 e 06, que perguntam quais tipos de equívocos são mais bem identificados e os benefícios para a realização da obra que uma correta compatibilização traz.

Confirmam-se, através das respostas aos questionários, que os equívocos visualizados no estudo de caso de um edifício residencial são comuns às demais obras no macro ambiente da construção civil curitibana, para o mesmo tipo de empreendimento.

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se perceber que, quando falta identificação da compatibilidade na fase de projetos, geram-se custos adicionais, quer seja ao se refazer os projetos, quer seja ao se adaptar processos no momento da execução. Os profissionais que constituem o empreendimento e o futuro usuário são atingidos diretamente pela falta de compatibilização. Ainda se conclui, relevantemente, que houve falta de empenho dos profissionais da cadeia construtiva no auxílio à pesquisa, diante do baixo retorno sobre o questionário aplicado.

Acredita-se que é necessário buscar uma maior integração entre todos os profissionais que fazem parte da

cadeia construtiva – arquitetos, engenheiros, tecnólogos e técnicos – não somente aqueles ligados à compatibilização de projetos. São estes profissionais, cientes de suas responsabilidades, que devem estar preparados para visualizar a obra como um todo, analisando as interferências de suas atividades e seus projetos no correto andamento de uma edificação predial.

O problema da compatibilização ineficiente está na comunicação entre os diversos projetos, conseqüentemente na comunicação entre os setores e profissionais envolvidos. O grande motivador para que houvesse uma melhor comunicação deveria ser a eficiência de processos e a redução dos custos globais.

É na fase de decisão dos detalhes de projeto de um empreendimento que as atividades são delineadas e os processos construtivos escolhidos. Nessa fase, os profissionais envolvidos colocam na mesa todas as alternativas necessárias, tendo em vista sua viabilidade técnica, executiva e financeira. Através da gestão e compatibilização, estas decisões tomam corpo e se associam aos projetos, fazendo com que os profissionais possam perceber e antever possíveis equívocos gerados pela falta de uma visão global do processo. ●

# Indicadores de sustentabilidade de produtos e materiais do setor construtivo brasileiro

Quantificar informações sobre os aspectos ambientais nos processos produtivos permite identificar pontos críticos com potencial de melhora de desempenho, fundamentando decisões para melhores práticas produtivas.

A metodologia Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é mundialmente aplicada no mapeamento de processos produtivos com a finalidade de identificar aspectos críticos, desde a aquisição de matéria-prima até a disposição final do produto. Com ela é possível verificar quais fases são responsáveis pelos maiores impactos e quais são passíveis de serem atenuadas.

Atualmente, no Brasil, a quantidade de informações sobre os impactos ambientais de produtos e processos industriais é limitada, o que afeta todos os níveis de decisão, desde a elaboração do planejamento de empreendimentos até a simples decisão de comprar um produto.

Para fazer frente a este cenário, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) lançou a iniciativa “Avaliação de Ciclo de Vida Modular (ACV-m)”, que visa criar uma plataforma de informações com indicadores de sustentabilidade de materiais, produtos e componentes do setor construtivo brasileiro. O projeto envolve o levantamento de dados de produção junto aos fabricantes e sua consolidação em uma plataforma de consulta, que permita a rápida e correta comparação entre produtos e fornecedores.

Diferentemente da ACV, que requer muito tempo para sua realização e pode ocasionar alto custo para a empresa, a ACV-m é uma versão em escopo reduzido, mais facilmente praticável, cuja aplicação acon-



Prof. Dr. Sergio Pacca falando sobre ACV no workshop de São Paulo

tece em módulos. Ela propõe a simplificação do levantamento de dados de produção em cinco aspectos básicos: consumo de energia, consumo de água, consumo de matérias-primas, geração de resíduos e emissão de CO<sub>2</sub>. Pelo seu grau de simplificação, o levantamento pode ser realizado por agentes da empresa, com base em manuais, orientações e treinamentos oferecidos pelo CBCS.



Prof. Dr. Sergio Angulo falando sobre o uso da ACV no mercado de blocos de concreto durante workshop de Florianópolis/SC

## BENEFÍCIOS DA ACV-M

As empresas que aderirem ao programa receberão os resultados da metodologia aplicada à sua produção, o que permitirá evidenciar suas boas práticas e seus procedimentos ineficientes em comparação com os resultados médios das concorrentes. Com isso, a ação poderá contribuir para a melhoria de todo setor dentro da cadeia, valorizando o produto no mercado consumidor.

Na outra ponta, clientes poderão basear sua decisão sobre a escolha dos materiais nos critérios de sustentabilidade, por meio das informações disponíveis na plataforma, que são úteis para inventariar e certificar projetos e empreendimentos sustentáveis.

Segundo a arquiteta Érica Ferraz de Campos, do CBCS, a expectativa é promover a ferramenta para permitir o gerenciamento da sustentabilidade no setor de construção como um todo.

## ACV-M DE BLOCOS DE CONCRETO E PISOS INTERTRAVADOS

O projeto já conta com a adesão de 42 fabricantes de blocos de concreto e de pisos intertravados associados à Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto (BlocoBrasil), espalhados por vários estados brasileiros. Desde o primeiro trimestre deste ano, as empresas, a Bloco Brasil e a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) juntaram-se para adaptar a metodologia ACV-m ao setor de blocos de pavimentação, de alvenaria estrutural e de vedação.

Atualmente, o projeto está na fase de qualificação

das empresas participantes em treinamentos regionais. Já foi realizado um workshop para os fabricantes de São Paulo, no último 5 de julho, e outros dois workshops, um no Rio de Janeiro, o outro em Florianópolis (em 9 de agosto). O treinamento é feito por arquitetos e engenheiros do CBCS e da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, ao custo de R\$ 1500 mensais, pago pelas empresas participantes, valor subsidiado pelo patrocínio da ABCP.

Após essa fase de treinamento, será iniciada a etapa de coleta de dados nas empresas pelos agentes treinados, que serão posteriormente objeto de controle, verificação e consolidação, por parte de auditores do Senai-RJ.

Na etapa final, os dados apurados vão compor os indicadores individuais, conhecidos somente pela empresa participante, e regionais e nacionais, divulgados para o mercado. Estima-se que isto ocorra no começo de 2014.

“Essa iniciativa permitirá que as indústrias de blocos e pisos intertravados de concreto desenvolvam ferramentas de gestão e sustentabilidade, cada vez mais exigidas pelos maiores contratantes do mercado imobiliário e de obras públicas e privadas. Este é um projeto pioneiro e que dará um diferencial importante ao nosso setor no mercado”, prevê Marcelo Kaiuca, presidente da Bloco Brasil.

Mais informações sobre o Projeto ACV-m em: [www.acv.net.br](http://www.acv.net.br)  
Empresas associadas a BlocoBrasil e interessadas em participar do Projeto, podem saber mais por meio do tel. 11-3768-6917 ou email: [bloco brasil@bloco brasil.com.br](mailto:bloco brasil@bloco brasil.com.br) ●

# Normas de concreto – sinergia profissional para o aprimoramento contínuo

**A**té o dia 15 de outubro próximo, toda a sociedade brasileira pode conhecer e encaminhar contribuições ao Projeto de Revisão da ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto, que está em Consulta Nacional no site da ABNT (<http://www.abntonline.com.br/consultanacional/>).

Essa Norma, que é um dos *best sellers* da engenharia brasileira, teve seu escopo ampliado nesta nova edição, passando a cobrir as estruturas projetadas com concretos de alta resistência (até 90 MPa). Essa mudança exigiu a revisão de todo o conteúdo normalizado, com o estabelecimento de adequações fundamentais para seu atendimento.

Mais uma vez, o CT 301 – Comitê Técnico de Estruturas de Concreto IBRACON/ABECE foi responsável pela elaboração do texto-base a ser entregue à ABNT como proposta de desenvolvimento da revisão da Norma. Neste novo trabalho de aprimoramento do documento normativo, a coordenação esteve a cargo da Eng<sup>a</sup> Suely Bueno, assessorada pelo Eng<sup>o</sup> Alio Kimura, contando com a participação de profissionais de empresas de projeto estrutural, tecnólogos, professores universitários, consultores, bem como representantes de associações e institutos afeitos ao tema, como ABECE, ABCIC, ABCP e IBRACON, reunindo o meio técnico em torno do objetivo maior de ter o conteúdo da ABNT NBR 6118 continuamente atualizado.

Dentre as principais modificações que constam do Projeto de Revisão de 2013, destacam-se, além da consideração de concretos de alta de resistência, o estabelecimento de:

- cobrimentos mínimos diferenciados para armaduras de elementos em contato com o solo;
- coeficientes adicionais de ajuste a serem aplicados aos esforços solicitantes de cálculo para o dimensionamento de lajes em balanços e pilares muito esbeltos;
- parâmetros para a consideração da contribuição do tipo de agregado na estimativa dos valores teóricos do módulo de elasticidade do concreto;
- envoltórias para aplicação do momento mínimo de cálculo ( $M_{1d,min}$ ) no dimensionamento de pilares.

As questões de durabilidade das estruturas de concreto serão objeto de Norma Brasileira específica, motivo pelo qual não foram fortemente alteradas neste trabalho de Revisão.

O novo texto traz também melhorias no dimensionamento de pilares-parede pelo processo aproximado com faixas e no dimensionamento da armadura lateral de vigas, além de ajustes no dimensionamento da armadura contra o colapso progressivo em lajes.

Porém, o trabalho não para por aí, pois os compromissos assumidos crescem na medida em que as estruturas passam a ser mais solicitadas, seja por sua arquitetura, ou pelos fenômenos naturais intensificados por mudanças climáticas; seja devido ao avanço da tecnologia de materiais, ou para atender às crescentes exigências dos usuários.

A Prática Recomendada IBRACON com Comentários e Exemplos de Aplicação da ABNT NBR 6118, publicada em 2003, como complemento técnico e documento facilitador para a aplicação da Norma, trouxe segurança na implementação de algumas alterações no Projeto de

Revisão de 2013, tendo em vista seu prévio conhecimento e a consequente consolidação de alguns critérios pelo meio técnico.

Ao ser aprovada e publicada a versão de 2013 da ABNT NBR 6118, o CT 301 iniciará o desenvolvimento da Prática Recomendada IBRACON/ABECE 2013 para facilitar sua aplicação e novamente introduzir aspectos que poderão fazer parte de uma nova revisão da Norma daqui a cinco anos, pois novos desafios agora se apresentam, entre eles vale citar:

- a Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575) vem levantando questões até então muito debatidas pelo meio técnico, mas pouco previstas em normalização brasileira, especialmente sobre vida útil das estruturas, discutindo e comparando diretamente os diversos métodos construtivos e abrindo as portas para propostas novas;
- a ISO já se prepara para exigir aspectos de gestão am-

biental nas normas de projeto estrutural. A discussão deixa de ser conceitual, pois as certezas dessa necessidade são evidentes. A Norma Brasileira de Projeto de Estruturas de Concreto é referência internacional, tendo sido registrada em 2008 e esse registro deverá ser revalidado atendendo a esses novos requisitos;

- a necessidade de documentos técnicos que orientem e disseminem a cultura da manutenção e a realização de intervenções em estruturas existentes é premente.

Essas e outras questões nos levam a ponderar e a repensar o nosso dever como profissionais destes novos tempos.

Demos mais um importante passo com a revisão da ABNT NBR 6118, mas o trabalho continua! Vamos a ele, pois o aprimoramento precisa ser continuado!

Inês Battagin

DIRETORA TÉCNICA DO IBRACON E  
SUPERINTENDENTE DO ABNT/CB-18 ●



INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR  
BRIDGE MAINTENANCE AND SAFETY

## III SIMPÓSIO DE INFRAESTRUTURA METROVIÁRIA, FERROVIÁRIA E RODOVIÁRIA

Gramado - RS | 29 de outubro de 2013

### TEMAS

1. Pontes
2. Estações Enterradas
3. Túneis
4. Ciclos de Vida de Estruturas
5. Segurança e Condições de Serviço
6. Monitoração Estrutural  
(Structural Health Monitoring)
7. Sistemas de Pesagem em Movimento  
(Weigh in Motion Systems)
8. Sistemas de Reforço (Compósitos e Concretos  
de Alta Performance)
9. Estruturas para Monotrilhos

### PALESTRANTES



→ Prof. Dan Frangopol - Lehigh University  
Estados Unidos



→ Prof. Fábio Biondini - Politecnico di Milano  
Itália



→ Prof. Rui Oyamada - Outec Engenharia  
Brasil



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

## Comitê Técnico de Inspeção de Estruturas de Concreto

Foi realizada, no último dia 04 de setembro, na Regional do IBRACON no Rio de Janeiro, a reunião para a instalação do Comitê Técnico de Inspeção de Estruturas de Concreto (CT-701), ocorrida na Sala dos Conselhos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Na ocasião, foram iniciados os trabalhos para preparar um texto-base para a revisão da Norma Brasileira de Prova de Carga em Estruturas de Concreto, “considerando-se a necessidade de sua atualização, já apontada pelo meio técnico”, comenta a diretora técnica do IBRACON e coordenadora da reunião, Enga. Inês Battagin.

Segundo ela, algumas reuniões para preparar o texto-base

podem acontecer em São Paulo, como parte dos trabalhos de normalização técnica da ABNT/CEE 169, Comissão de Estudo Especial de Inspeção de Estruturas de Concreto da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

O escopo do CT-701 será o de auxiliar no aprimoramento da normalização técnica nacional relativa ao tema, fortalecer a atuação brasileira na normalização internacional e preparar práticas recomendadas IBRACON para temas ainda não cobertos pelas normas brasileiras e que sejam de interesse da comunidade técnica, dentro do campo da inspeção de estruturas de concreto, como o desenvolvimento de textos-base para normalização de ensaios necessários ao diagnóstico a ser apresentado como resultado da inspeção.

## Feira da Construção no Triângulo Mineiro

Com apoio institucional da Regional IBRACON no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, acontece de 17 a 20 de setembro, no Center Convention, a Mostracon Triângulo, com lançamentos, tendências e negócios para o setor de construção civil, desde infraestrutura pública até imóveis de alto padrão.

Na programação, o Seminário da Sustentabilidade, o Seminário Tecnológico da Construção Civil, o I Fórum do Triângulo Mineiro, a Mostra de Arquitetura e Design de Interiores, a Livraria do Arquiteto e a Arena de Negócios.

A Mostracon, organizada pelo Sinduscon da região e pela Pool Comunicação, teve apoio do Sistema Fiemg (Federação das Indústrias de Minas Gerais), da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo e Prefeitura de Uberlândia.

Paralelamente, acontece o 7º Encontro Nacio-



Humberto Paes Leme - diretor Pool Comunicação, Marcos Tanner - diretor Universidade de Uberaba, Turíbio José da Silva - Diretor Regional do IBRACON, Emmanuel Tsatsakis - presidente do Sinduscon-TAP e Clésio de Meira - secretário de Desenvolvimento Econômico de Araguari

nal Uniube de Tecnologia, Empreendedorismo e Ciência (Enutec), com o tema “Educação e Tecnologia: instrumentos para o desenvolvimento econômico-social”.

## Seminário IBRACON/Eletronorte sobre barragens

A Regional do IBRACON em Tucuruí promove nos dias 26 e 27 de setembro o Seminário “Engenharia, Segurança e Manutenção de Barragens”, com o objetivo de disseminar os projetos de pesquisa desenvolvidos na Universidade Federal do Pará (UFPA), junto com a ELETRONORTE e a CELPA sobre os temas.

O evento será realizado no Auditório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí e conta com o apoio financeiro da UFPA e da FAPESPA (Fundação de Amparo à Pesquisa do Pará).

**Mais informações:**

Tel. (91) 3250-2623 – Email: [lveloso@ufpa.br](mailto:lveloso@ufpa.br)



## Atividades na Regional de Mato Grosso do Sul

**A**gendado para novembro, o IV Encontro Tecnológico do Concreto na Regional do IBRACON em Campo Grande vai discutir a norma de desempenho recém-publicada pela ABNT, objetivando a capacitação dos profissionais na região.

Realizada, de 10 a 13 de setembro, a 28ª Semana Tecnológica na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande, contou com a participação de acadêmicos dos cursos de engenharia civil e ambiental, arquitetura e urbanismo e de tecnologia.

O evento, que teve um público de cerca de 500 pessoas, abordou o projeto, as dificuldades de execução e as responsabilidades dos engenheiros e tecnólogos nas grandes obras. Dentro da programação aconteceu o Concurso “Ponte do Macarrão”, que testa o aprendizado dos con-

ceitos estruturais e as habilidades construtivas dos alunos de graduação

Ainda na Regional, em 23 de agosto, o professor Paulo Helene, diretor da PhD Engenharia, palestrou sobre o controle da resistência do concreto, abordando a teoria, os conceitos e as normas aplicáveis ao tema, no 1º Seminário de Engenharia, realizado na Egelte, em Campo Grande.

Foi realizado o Curso de Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto, de abril a setembro, com objetivo de divulgar as melhores práticas de projeto, planejamento e execução do sistema de alvenaria estrutural.

Com carga horária de 56 horas e participação de 40 alunos, o Curso contou com apoio da ABCP, IBRACON, IEMS, CREA-MS, Sinduscon-MS e Fundação da UFMS.

## Missão técnica internacional da Unisinos

**A** 3ª Missão Técnica Internacional Unisinos, com apoio do IBRACON e ALCONPAT BRASIL, acontece de 28 de setembro a 05 de outubro, em Cartagena de Índias, na Colômbia.

Nessa edição, os estudantes farão um curso internacional de oito horas com professores da Colômbia, Venezuela e Brasil e participação de um congresso internacional, que é referência na área de patologia das construções, o CONPAT 2013.

Surgida há três anos, a Missão Técnica tem a finalidade de proporcionar uma experiência internacional para os estudantes. A viagem, sempre acompanhada por professores,

conta com uma programação voltada especificamente para a Engenharia Civil, incluindo visitas em obras, cursos e participação em congressos da área. Em 2011, no primeiro ano da missão técnica, 17 estudantes estiveram no Panamá, onde visitaram obras na capital do país; em seguida, na Guatemala, participaram do CONPAT 2011. No ano seguinte, a equipe contou com 33 alunos, que fizeram a viagem à Cuba, para participar de cursos ministrados por professores da universidade local, a CUJAE.

Este ano, o grupo conta com cerca de 70 pessoas, entre alunos de Graduação, Especialização, Mestrado e Professores.

## II Seminário Técnico de Engenharia Civil

**A**conteceu, nos dias 21 e 22 de agosto último, na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), com apoio da Regional do IBRACON na região, o II Seminário Técnico de Engenharia Civil.

Realizado pelos estudantes de Engenharia Civil que

compõem a equipe da UFBA que participará do 55º Congresso Brasileiro do Concreto para arrecadar fundos para sua participação no evento, o Seminário objetiva contribuir para a capacitação técnica da comunidade acadêmica e profissional da construção civil no estado.

## Concurso de resistência do concreto

A Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNESP em Ilha Solteira, em parceria com a Regional do IBRACON no Noroeste Paulista e o Laboratório CESP de Engenharia Civil, promove em setembro o Concurso de Resistência do Concreto.

Participam do Concurso os alunos ingressantes no segundo semestre de 2013, reunidos em grupos de cinco alunos. Cada grupo recebe uma quantidade determinada de cimento para a produção de corpos de prova nas dimensões 10x20cm.

Na primeira fase, no dia 06 de setembro, é realizada a moldagem dos corpos de prova, com avaliações de seu aspecto visual e da quantidade de materiais consumidos. Na segunda fase, no dia 27 de setembro, são realizados os ensaios de ruptura por compressão simples dos corpos de prova.

A Regional do Noroeste Paulista está também envolvida no projeto de reaproveitamento das sobras do concreto utilizado nas pesquisas realizadas no curso de Engenharia Civil



Peça para pavimento intertravado fabricada na UNESP de Ilha Solteira

da UNESP. Trata-se da confecção de peças para pavimento intertravado, moldadas com as sobras do concreto, que busca estimular nos alunos a consciência pela preservação ambiental e pela sustentabilidade na construção civil. Os pavers confeccionados serão doados para a reforma do Lar do Idoso, na cidade vizinha de Selvíria, em Mato Grosso do Sul.

## XV Semana Integrada do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia

A PUC-Campinas promove de 9 a 13 de setembro a XV Semana Integrada do CEATEC – Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia. O objetivo do evento é promover o contato dos alunos com as novas tendências, tecnologias e novidades do mercado.

Para esta edição, serão apresentadas mais de 30 palestras das diversas áreas do conhecimento, além de visitas técnicas.

O evento conta com o apoio da Regional do IBRACON na região.

## 8º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais

O 8º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais (EETCG), cuja temática central foi “Inovação e Transferência de Tecnologia, foi realizado entre os dias 27 a 30 de agosto, em Ponta Grossa (PR), e contou com a presença do diretor de marketing da Regional IBRACON Paraná e diretor-executivo do Instituto IDD, Prof. Luis César De Luca, que foi res-

ponsável pela realização do minicurso no evento “Noções sobre reforço de estruturas com a aplicação de fibras de carbono”.

Para o professor De Luca, “um encontro como este promove a integração de profissionais de várias regiões do Paraná e do Brasil com comunidade técnica e universitária local, levando para a região “novas” tecnologias e técnicas para o aprimoramento profissional.”

Ao longo do minicurso, dentre as técnicas de reforço, foi dada ênfase especial para o reforço com fibras de carbono, que, segundo De Luca, “é um dos produtos de vanguarda na aplicação de estruturas que, além de reforçar a estrutura de forma limpa, ‘fácil’ e rápida, tem seu custo caindo bastante frente às técnicas tradicionais”.



## Seminário de Engenharia na Regional em Natal

Realizado no último dia 21 de agosto no Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Norte, em Natal, o Seminário foi composto pelas seguintes palestras:



Eng. Manoel Negreiros em momento de sua palestra

- Planejamento e controle do concreto utilizado em fundações de usinas eólicas no Rio Grande do Norte, ministrada pelo diretor técnico, Eng. José Martins de Sousa Jr.;
- O concreto utilizado nas fundações e pilares da Ponte Velha de Igapó, realizada pelo diretor de eventos, Eng. Manoel de Negreiros;
- Concreto autoadensável, ministrada pelo professor do IFRN, Marcos Alyssandro;
- O efeito do fogo sobre o concreto causado por incêndio em prédio em Natal, feita pelo diretor regional, Eng. Hênio Tinoco.

Participaram do evento cerca de 400 pessoas, entre os quais foi sorteado o livro “Concreto: microestrutura, propriedades e materiais, dos autores Kumar Mehta e Paulo Monteiro.

## Palestra sobre acidentes

Realizada em 9 de agosto, no Auditório do CREA-AL, em Maceió, a palestra “Aprendendo com falhas e acidentes”, ministrada pelo Prof. Paulo Helene, da

PhD Engenharia.

O evento contou com o apoio do Clube de Engenharia de Alagoas e da empresa Serveal.

## 3º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado

Nos dias 8 e 9 de julho de 2013, realizou-se, em São Carlos, o 3º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, com o objetivo de promover a integração do setor acadêmico e do setor produtivo em relação ao concreto pré-moldado.

Além das três sessões técnicas com temas relacionados com o concreto pré-moldado, ocorreram uma palestra sobre o avanço do desenvolvimento tecnológico da pré-fabricação no contexto mundial, expondo as ações da comissão de pré-fabricados (C6-fib), apresentada pela presidente-executiva da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic), Enga. Iria Doniak, e quatro palestras com pesquisadores de renome nacional e internacional:

- Paulo Helene, da PhD Engenharia, sobre concreto, sustentabilidade e pré-moldado;
- Sami Rizkalla, da FRP (Polímeros Reforçados com Fibras), sobre a sustentabilidade do concreto pré-moldado;



Anfiteatro de Convenções Jorge Caron da EESC-USP

- Marco di Prisco, da Elementos, sobre pré-moldados de pequenas espessuras para coberturas;
- Minehiro Nishiyama sobre a pesquisa e construção com concreto pré-moldado no Japão.

# 55º Congresso Brasileiro do Concreto expõe produção científica e tecnológica sobre o concreto no país e no mundo

O Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON promove, de 29 de outubro a 1º de novembro de 2013, em Gramado, no Rio Grande do Sul, o 55º Congresso Brasileiro do Concreto, sob a bandeira “Ações concretas para o futuro da construção em concreto no Brasil”.

Fórum de debates sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos, o evento objetiva divulgar as pesquisas científicas e tecnológicas sobre o concreto e as estruturas de concreto em termos de produtos e processos, práticas construtivas, normalização técnica, análise e projeto estrutural e sustentabilidade.

Serão apresentados, em sessões plenárias e pôsteres, mais de 500 trabalhos técnico-científicos que vem sendo desenvolvidos por pesquisadores em universidades, institutos de pesquisa e centros de inovação de empresas brasileiras e do exterior. Destaque especial será dado aos trabalhos nas áreas de infraestrutura e sustentabilidade, que serão apresentados no III Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária e Rodoviária e no Seminário de Sustentabilidade.

Segundo a avaliação do presidente do IBRACON e coordenador do III Simpósio de Infraestrutura, Túlio Bittencourt, “com a realização do Simpósio, o IBRACON cumpre com seu objetivo de divulgar técnicas de projeto, análise e construção mais seguras e modernas, contribuindo para melhorar a logística de transporte no país”.

Estão confirmadas as presenças de especialistas de renome nacional e internacional, em Conferências Plenárias, realizadas no período da manhã:

- Alberto Delgado Quiñones, gerente de pesquisa e desenvolvimento da empresa Tecnosil Materiais de Construção e diretor técnico-científico das Industrias Ulmen Europa (Espanha);
- Alio Kimura, engenheiro civil que trabalha no desenvolvimento de sistemas computacionais para engenharia de estruturas na TQS Informática;
- Borge Johannes Wigum, professor na Universidade de Ciência e Tecnologia da Noruega e fundador do Centro Internacional de Pesquisa e Tecnologia Aplicada para as Reações Álcali-Agregado;
- Dan Frangopol, professor do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura na Universidade Lehigh, nos Estados Unidos, e sócio-fundador da Associação Internacional para a Segurança e a Manutenção de Pontes (IABMAS) e da Associação Internacional para a Engenharia Civil do Ciclo de Vida (IALCCE);
- Fábio Biondini, professor de engenharia estrutural da Esco-

la Politécnica de Milano (Itália), secretário geral da Associação Internacional para a Engenharia Civil do Ciclo de Vida (IALCCE) e secretário do conselho executivo da Associação Internacional de Segurança e Confiabilidade Estrutural (IASSAR);

- Sérgio Hampshire, professor da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde é coordenador do curso de mestrado em projetos de estruturas;
- Suely Bueno, presidente da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece) e sócia do Escritório Técnico Julio Kassoy e Mário Franco Engenheiros Cíveis;
- Ravindra Gettu, professor de engenharia civil do Instituto Indiano de Tecnologia e coordenador de atividades técnicas da RILEM (União dos laboratórios e especialistas em materiais de construção);
- Ruy Oyamada, sócio-diretor da Outec Engenharia, participando da contratação, desenvolvimento e coordenação de projetos estruturais.

Aproveitando a oportunidade da reunião, o evento vai apresentar os detalhes de projeto e os desafios construtivos de grandes obras em desenvolvimento no país no Seminário das Grandes Construções.

Serão realizados ainda quatro cursos técnicos:

- Concreto reforçado com fibra, com os professores Ravindra Gettu e Antonio Figueiredo (POLI-USP)
- Estruturas pré-fabricadas de concreto, com os professores Carlos Franco (CAL-FAC Consultoria e Engenharia) e Íria Doniak (ABCC)
- Projeto e Execução de Radier, com o professor Fábio Albino de Souza (EBPX)
- Tecnologia de aditivos e adições para concreto, com o professor Geniclécio Santos (Sika).

## IX FEIRA BRASILEIRA DAS CONSTRUÇÕES EM CONCRETO

O 55º Congresso Brasileiro do Concreto é patrocinado e apoiado pelas empresas e instituições da cadeia produtiva do concreto, que estarão expondo seus produtos e serviços para o mercado da construção civil brasileiro na IX Feira das Construções em Concreto – Feibracon.

O evento é voltado aos profissionais do setor construtivo, engenheiros, técnicos, pesquisadores, empresários, fornecedores, investidores e aos professores, pesquisadores estudantes que queiram aprender mais, discutir e se atualizar sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos. ●

## 6° Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável

- **Data:** 17 de setembro
- **Local:** São Paulo – SP
- CBCS
- **Informações:** [www.sbcs13.cbcs.org.br](http://www.sbcs13.cbcs.org.br)

## XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia

- **Data:** 23 a 26 de setembro
- **Local:** Gramado – RS
- ABENGE
- **Informações:** [www.abenge.org.br](http://www.abenge.org.br)

## XII Congreso Latino Americano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad em la Construcción

- **Data:** 30 de setembro a 4 de outubro
- **Local:** Cartagena de Indias
- ALCONPAT
- **Informações:** <http://conpat2013.com>

## Intercon 2013 – Feira e Congresso de Construção Civil

- **Data:** 2 a 5 de outubro
- **Local:** Joinville – SC
- Messe Brasil
- **Informações:** [www.feiraintercon.com.br](http://www.feiraintercon.com.br)

## 16° ENECE - Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural

- **Data:** 17 e 18 de outubro
- **Local:** São Paulo – SP
- ABECE
- **Informações:** [www.abece.com.br](http://www.abece.com.br)

## Feira e Conferência Internacional sobre Tecnologia e Equipamentos para Portos e Terminais

- **Data:** 22 a 24 de outubro
- **Local:** Santos – SP
- UBM
- **Informações:** [www.infraportos.com.br](http://www.infraportos.com.br)

## 55° Congresso Brasileiro do Concreto

- **Data:** 29 de outubro a 1 de novembro
- **Local:** Gramado – RS
- IBRACON
- **Informações:** [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

## EXPONORMA 2013

- **Data:** 30 e 31 de outubro
- **Local:** São Paulo – SP
- ABNT
- **Informações:** [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

## 16° Negócios sobre Trilhos

- **Data:** 5 a 7 de novembro
- **Local:** São Paulo – SP
- UBM
- **Informações:** [www.negociosnostrilhos.com.br](http://www.negociosnostrilhos.com.br)

## 42° RAPv - Reunião Anual de Pavimentação

- **Data:** 12 a 14 de novembro
- **Local:** Gramado – RS
- ABPV
- **Informações:** [www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br)

## 14° CBGE – Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

- **Data:** 1 a 6 de dezembro
- **Local:** Rio de Janeiro – RJ
- ABGE
- **Informações:** [www.acquacon.com.br/14cbge/](http://www.acquacon.com.br/14cbge/)

## TranspoQuip Latin America

- **Data:** 3 a 5 de dezembro
- **Local:** São Paulo – SP
- Real Alliance
- **Informações:** [www.transpoquip.com.br](http://www.transpoquip.com.br)

ACREDITADO PELO INMETRO PARA CERTIFICAR  
MÃO DE OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL



# PROGRAMA IBRACON DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL



O **IBRACON** É **ORGANISMO CERTIFICADOR DE PESSOAS**, ACREDITADO PELO **INMETRO (OPC-10)**.

ESTÃO SENDO CERTIFICADOS AUXILIARES, LABORATORISTAS, TECNOLÓGISTAS E INSPETORES DAS EMPRESAS CONTRATANTES, CONSTRUTORAS, GERENCIADORAS E LABORATÓRIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO.

O CERTIFICADO ATESTA QUE O PROFISSIONAL DOMINA OS CONHECIMENTOS EXIGIDOS PARA A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO, ENTRE OS QUAIS AS ESPECIFICAÇÕES E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS CONTIDOS NAS NORMASTÉCNICAS.

A CERTIFICAÇÃO É MAIS UM DIFERENCIAL COMPETITIVO PARA SUA EMPRESA: A GARANTIA DA QUALIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS CONTRATADOS!





# Instituto Brasileiro do Concreto

Organização técnico-científica nacional de defesa e valorização da engenharia civil

Fundada 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)



QUER SABER OS AVANÇOS  
TECNOLÓGICOS EM ANÁLISE  
E PROJETO ESTRUTURAL,  
MATERIAIS E SUAS  
PROPRIEDADES, MÉTODOS  
E SISTEMAS CONSTRUTIVOS,  
NORMALIZAÇÃO TÉCNICA, E  
INSPEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS?

## Matricule-se nos cursos do Programa MASTER PEC!

O Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto é um sistema de cursos de qualificação e atualização profissional, que traz aos alunos as inovações tecnológicas na construção civil, com visão sistêmica, ética e sustentável.

Aberto aos profissionais regularmente matriculados ou formados em Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia, os cursos oferecem a educação continuada indispensável para que se mantenham atualizados e em sintonia com as novidades em seu ramo específico de atuação.

Acesse a página do Programa no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) e informe-se sobre os cursos oferecidos!



O conteúdo dos cursos e os currículos dos professores passam por criterioso processo de análise da Diretoria de Cursos e da Diretoria Técnica do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, seja os cursos do próprio Instituto, seja os cursos promovidos por entidades parcerias associadas ao Programa.

### Qualifique-se para o mercado de trabalho!

A conclusão de cada curso dá direito a um **Certificado de Participação**, onde são discriminados os créditos e a carga horária do curso. Os alunos que somarem 150 créditos em cursos do Programa, no máximo em quatro anos, têm direito ao **Certificado de Master em Engenharia de Produção de Estruturas de Concreto (Certificado Master PEC)**.



### INFORME-SE

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
[facebook.com/ibraconOffice](https://www.facebook.com/ibraconOffice)  
[twitter.com/ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)

### CONTATO

Vanessa Pedroso  
Tel. (11) 3735-0202  
[vanessa@ibracon.org.br](mailto:vanessa@ibracon.org.br)



## Ideias sólidas, soluções concretas.

**Você tem boas ideias na cabeça?**

Compartilhe e concorra a prêmios em dinheiro, além da oportunidade de tirar a sua ideia do papel.

**DESAFIO: CICLO DO CONCRETO**

Inscriva as suas ideias até 01/12/13.

[construtoracamargocorrea.com/desafio](http://construtoracamargocorrea.com/desafio)

### Como funciona ???

Envie ideias sobre os temas **Metodologias Construtivas**, **Materiais** ou **Técnicas de Planejamento** para a Camargo Corrêa, utilizando a nossa plataforma on-line. Podem participar grupos de até 3 alunos – **estudantes de graduação, pós-graduação, mestrandos e doutorandos** –, com a opção de incluir um professor orientador.

### Premiação



As três melhores ideias serão premiadas com valores individuais para os estudantes e também para o professor.

<b>1º lugar</b>	<b>2º lugar</b>	<b>3º lugar</b>
até R\$ 13 mil para a equipe*	até R\$ 9 mil para a equipe*	até R\$ 5 mil para a equipe*

**A universidade com mais participações também será premiada**

com **R\$ 5 mil** e uma palestra de inovação.



As melhores ideias serão apresentadas para os executivos da Camargo Corrêa e podem virar realidade.

[f /desafiouniversitariocamargocorrea](https://www.facebook.com/desafiouniversitariocamargocorrea)

CAMARGO  
CORRÊA