

CONCRETO

& Construções



IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XLI

73

JAN-MAR • 2014

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

CIMENTOS E CONCRETOS

HISTÓRIA, TIPOS, NORMALIZAÇÃO, PESQUISAS E APLICAÇÕES



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO:
LIÇÕES DE UM MESTRE
DAS ESTRUTURAS

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

ABNT NBR 6118 E
OS CONCRETOS DE
ALTA RESISTÊNCIA

ESTRUTURAS EM DETALHES

ESPECIFICAÇÃO E CONTROLE
DE ALVENARIAS EM BLOCOS
DE CONCRETO

Esta edição é um oferecimento das seguintes Entidades e Empresas

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

 Associação Brasileira de Cimento Portland

 **CIMENTO NACIONAL**

 **ENGETI**

 **GRACE**
 **RheoSet**

 **Holcim**

 **ITAMBÉ**
Cimento para toda obra

 **MC**

 **MEGA concreto**

 **PENETRON**

 **RR COMPACTA**
Engenharia Restauração Recuperação

 **SNIC**
SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO

 **T & A**
PRÉ-FABRICADOS

 **YIAPOL**
Impermeabilizantes
Nessa marca a proteger sua obra.

 **ENGEMIX**
 **Votorantim**
Cimentos

Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**



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

 facebook.com/ibraconOffice

 twitter.com/ibraconOffice

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

ADITIVOS



ADIÇÕES



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



Claver Reinforcement Brasil

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



Sua Universidade Completa. Sua Carreira

EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Serviços de Construção



Bridge Diagnostica Inc.

ARMADURA



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



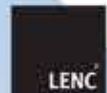
CONSTRUTORAS



GOVERNO



CONTROLE TECNOLÓGICO



CIMENTO



AGREGADOS



CONCRETO





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 1ª VICE-PRESIDENTE
Julio Timerman

DIRETOR 2ª VICE-PRESIDENTE
Nelson Covas

DIRETOR 1ª SECRETÁRIO
Antonio Domingues de Figueiredo

DIRETOR 2ª SECRETÁRIO
Arcindo Vaquero Y Mayor

DIRETOR 1ª TESOUREIRO
Claudio Sbrighi Neto

DIRETOR 2ª TESOUREIRO
Carlos José Massucato

DIRETOR DE MARKETING
Hugo da Costa Rodrigues Filho

DIRETOR DE EVENTOS
Luiz Prado Vieira Júnior

DIRETORA TÉCNICA
Inês Laranjeira da Silva Battagin

DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS
Ricardo Lessa

DIRETOR DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA
Paulo Helene

DIRETORA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
Ana Elisabete Paganelli Guimarães A. Jacintho

DIRETORA DE CURSOS
Íria Lícia Oliva Doniak

DIRETORA DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA
Roseni Cezimbra



CRÉDITOS CAPA
PLANTA DE CIMENTO DA INTERCEMENT.
CRÉDITO: INTERCEMENT

seções

- 7 Editorial
- 8 Coluna Institucional
- 9 Converse com IBRACON
- 11 Encontros e Notícias
- 17 Personalidade Entrevistada:
Péricles Brasileiro Fusco
- 87 Mercado Nacional
- 93 Mantenedores
- 102 Acontece nas Regionais



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

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

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

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

PROJETO GRÁFICO E DTP
Gill Pereira
gill@elemento-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 2014 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
■ Eduardo Barros Millen (protendido)

COMITÊ EDITORIAL - MEMBROS
■ Arnaldo Forti Battagin (cimento e sustentabilidade)
■ Enio Pazini de Figueiredo (durabilidade)
■ Evandro Duarte (protendido)
■ Frederico Falconi (projeto estrutural)
■ Guilherme Parsekian (alvenaria estrutural)
■ Hugo Rodrigues (cimento)
■ Inês L. da Silva Battagin (normalização)
■ Íria Lícia Oliva Doniak (pré-fabricados)
■ José Tadeu Balbo (pavimentação)
■ Nelson Covas (informática no projeto estrutural)
■ Paulo Helene (PhD, Alconpat, Epusp)
■ Selmo Chapira Kuperman (barragens)



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

ENTENDENDO O CONCRETO

- 26 Como comprar, estocar e manusear adequadamente o cimento Portland
- 30 Recomendações sobre o uso dos distintos cimentos nas diferentes aplicações
- 39 Evolução da normalização, finura e resistência à compressão dos cimentos brasileiros

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

- 52 Os concretos de alta resistência na ABNT NBR 6118:2014
- 58 Norma não é lei, mas por força de lei é obrigatória
- 61 Influência da montagem de testemunhos nos resultados de resistência à compressão do concreto

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

- 68 END em estruturas de concreto: correlação entre cravação de pinos, esclerometria e ruptura de corpos de prova
- 75 Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros com escórias de alto forno ativados por catalisador cristalino

ESTRUTURAS EM DETALHES

- 80 Especificação e controle de alvenarias em blocos de concreto

OBRAS EMBLEMÁTICAS

- 89 Projeto e construção da Arena Pernambuco

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

- 96 Análise da degradação do concreto em estrutura do Porto de Recife



Cimentos e concretos: sinônimos de desenvolvimento econômico sustentável

Prezado leitor,

É com imenso prazer que apresentamos mais um número da Revista Concreto & Construções, que procura sintetizar as inúmeras atividades de nossa Entidade, o Instituto Brasileiro do Concreto, e divulgar as pesquisas técnicas sobre o concreto e seus sistemas construtivos. Esta nova formatação da revista foi brilhantemente conduzida pelo Eng. Hugo Rodrigues, que soube

imprimir uma nova dinâmica à esta publicação, com o inestimável apoio do Comitê Editorial, coordenado pelo Prof. Dr. Paulo Helene.

Nesta edição, temos como Personalidade Entrevistada o Prof. Dr. Péricles Brasiliense Fusco, cuja carreira acadêmica e de pesquisador proporcionou a formação de inúmeros profissionais (dentre os quais, tenho orgulho de me incluir), que atuam na cadeia produtiva do concreto. Vocês, leitores, terão a oportunidade única de conhecer um pouco mais deste ícone da Engenharia Estrutural Nacional.

O tema central desta edição - Cimentos e Concretos - trata dos materiais construtivos cujo consumo está diretamente atrelado ao desenvolvimento econômico sustentável que nosso país está vivendo.

O Brasil sempre se destacou na pesquisa e desenvolvimento do concreto. Contamos com profissionais reconhecidos internacionalmente, que introduziram inovações e usos do concreto que se tornaram referência mundial. Tome-se, como exemplo, a aplicação da técnica de construção das pontes de concreto em balanços sucessivos, tão brilhantemente conduzida pelo Prof. Emilio Baumgart.

O Brasil consome atualmente cerca de 70 milhões de toneladas, permanecendo nos últimos anos atrás apenas da China, Índia e EUA.

Existe uma expectativa de crescimento para os próximos anos atribuída às imprescindíveis obras de infraestrutura e mercado imobiliário, cuja demanda obrigará um forte investimento na construção de novas fábricas de cimento e modernização das existentes. Este é um dos desafios da cadeia produtiva da construção civil.

Desejo a todos que apreciem e usufruam do conteúdo desta edição.

Boa leitura!

Júlio Timerman
1º VICE-PRESIDENTE DO IBRACON •

Tendências temáticas nas edições recentes do Congresso Brasileiro do Concreto

Desde 1972, o Instituto Brasileiro do Concreto tem como missão “criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo o seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.”

Toda a diretoria do Instituto tem se empenhado arduamente ao longo dos anos em fazer cumprir esta nobre missão, principalmente na organização e realização

do Congresso Brasileiro do Concreto (CBC), que vai este ano para sua 56ª edição, na cidade de Natal, RN.

O CBC tem tratado de temas complexos e variados referentes ao material concreto desde seu primeiro evento, seja voltado para as estruturas, seja voltado para o material em si.

Há cerca de 10 anos, o número de trabalhos somava 200 artigos para aproximadamente 300 resumos recebidos. No último Congresso Brasileiro do Concreto, recebemos 1100 resumos e publicamos 560 artigos. A avaliação técnica dos trabalhos é feita por um Comitê Científico de profissionais, que hoje é composto por 76 pessoas, entre profissionais técnicos e doutores, todos sócios e voluntários do IBRACON. Precisamos de mais associados que possam contribuir nesta tarefa!

Recentemente, em vista de pesquisas mundiais focadas na escassez de recursos naturais em todos os continentes, o Congresso Brasileiro do Concreto voltou sua atenção para estimular o meio técnico para o surgimento de novas ideias sobre a confecção do concreto, para que este possa ser cada vez mais eco-sustentável.

Pesquisadores e profissionais tem apresentado trabalhos orais e pôsteres, participado de mesas-redondas, feito discussões em grupos, de como pode ser melhorada a composição do concreto com relação ao uso desses recursos e onde este novo



material poderia ser usado sem perda da sua eficácia e eficiência, já tão bem estabelecidas.

Os Comitês que fazem as normas brasileiras ou suas revisões têm discutido, em algumas edições do CBC, como normalizar os novos materiais pesquisados para se fazer concreto, tais como: resíduos de demolição e construção, borracha de pneus inservíveis, cinzas de casca de arroz, cinzas de cana de açúcar, fresado asfáltico, dentre outros. Não há regras para sua utilização e nem garantias. As pesquisas caminham para uma

otimização do consumo do cimento, com o concreto alcançando maiores resistências.

O rumo dos novos eventos que ocorrerão nos próximos anos deve se manter no que se refere à sustentabilidade do concreto, aliado agora ao uso das novas tecnologias dos equipamentos de análise de patologias, de transmissão e análise de dados e os ensaios não destrutivos, que avançam de forma rápida.

Este ano em Natal, espera-se que mais de 1200 pessoas participem deste evento, que se tornou o maior fórum nacional sobre o concreto e seus sistemas construtivos. Pesquisadores e profissionais do mundo inteiro têm vindo ao Brasil participar das discussões sérias e objetivas que o evento proporciona sobre Gestão e Normalização, Sistemas Construtivos Específicos, Análise Estrutural, Projeto de Estruturas, Materiais e Propriedades, Sustentabilidade, Materiais e Produtos Específicos e Métodos Construtivos.

A cidade, com mais de 800.000 habitantes, é belíssima, com praias, dunas, lagoas e coqueiros. Um belo cenário para discussões relevantes para o crescimento de nossa sociedade técnico-científica.

Ana Elisabete Paganelli Guimarães Jacintho
DIRETORA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO IBRACON ●

CONVERSE COM O IBRACON

PERGUNTAS TÉCNICAS

ESTOU ENCARRREGADO DO RETROFIT DE UMA EDIFICAÇÃO ANTIGA. DO PONTO DE VISTA DA ESTRUTURA DE CONCRETO, QUAL O FCK A SER UTILIZADO?

ENG. ANTONIO CARLOS DA SILVA,
BELO HORIZONTE, MG.

Trata-se de tema muito complexo e com opiniões controversas, pois ainda não está suficientemente normalizado no país. Tanto o “American Concrete Institute” quanto o EuroCode e fib Model Code 2010, tratam do assunto de forma bem mais detalhada que a normalização brasileira. O novo texto da ABNT NBR 7680 vai contribuir muito para esclarecer o tema, porém certos aspectos fundamentais ainda ficarão para uma segunda etapa, como, por exemplo: há necessidade de retroagir 28 dias, pois isso seria muito complicado sem saber o cimento nem o traço? Há necessidade de considerar o efeito Rüscht, pois a estrutura já esteve carregada por 30 anos? A maioria dos pesquisadores consideram que o fck deve ser aquele obtido dos testemunhos após corrigidos por coeficientes de dimensões, cura, adensamento, broqueamento, etc., ou seja, é o valor obtido do ensaio (nova ABNT NBR 7680). Outros pesquisadores consideram que, somente para o caso de aumento de cargas, há necessidade de aplicar efeito Rüscht; se as cargas

(uso da edificação) forem as mesmas, não há necessidade de regredir 28 dias nem de reduzir por efeito Rüscht. Concluindo: o tema está em discussão.

RESPONDIDO PELO PROF. PAULO HELENE
(DIRETOR DE PUBLICAÇÕES DO IBRACON)

PERGUNTAS DO ENG. RAFAEL CAPELO – TIETÉ/SP
QUANDO SE CONSTRÓI ESTRUTURAS DE CONCRETO QUE FICARÃO SUBMERSAS OU SEMI-SUBMERSAS NO MAR, QUAIS CUIDADOS TOMAR?

A água, de um modo geral, é um dos agentes ambientais mais nocivos às construções. Essa agressividade se potencializa em zonas sujeitas a ciclos de molhagem e secagem, como no caso de quebra-mares, pilares de ponte semi-submersos e estruturas do tipo. Hoje, as normas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 6118 classificam essas regiões, sujeitas a respingos ou variação de marés, como sendo de agressividade Muito Forte ou nível IV, com elevado risco de deterioração da estrutura, o que obriga a adoção de cobrimentos maiores, menor relação água/cimento, maior consumo de cimento e, conseqüentemente, maior resistência do concreto à compressão. Estruturas totalmente submersas não sofrem os mesmos problemas, devido a não terem ciclos secos e úmidos, e também a não haver presença de oxigênio; entretanto, é necessário se tomar cuidados relativos à execução.

EM OBRAS COMO MARINAS, EDIFICAÇÕES PORTUÁRIAS, DIQUES E PONTES, QUE FICAM COM PARTE DE SUAS ESTRUTURAS SUBMERSAS, QUAIS SÃO AS PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES?



As zonas de variação de marés são as mais sujeitas ao aparecimento de manifestações patológicas. Em geral, os casos mais frequentes são o de corrosão das armaduras, devido à carbonatação e ataque de cloretos presente na água do mar. A abrasão superficial do concreto também é um problema comum em casos de estruturas submetidas a impacto direto das ondas do mar e de embarcações.

O CONCRETO USADO NESSAS OBRAS PRECISA RECEBER ALGUM PREPARO ESPECIAL E TER ALGUMA ESPECIFICAÇÃO DIFERENCIADA?

Em ambientes de classe de agressividade elevada, a ABNT NBR 12655 especifica a utilização de concretos de classe de resistência mais altas e com baixa relação água/cimento, pois esses concretos tem menor porosidade, o que resulta em um desempenho superior frente ao

ataque de agentes agressivos externos. Do ponto de vista da tecnologia do concreto, o uso de adições minerais, tipo sílica ativa e aditivos redutores de água, são alternativas extremamente viáveis para melhorar a compacidade do concreto. Quando necessário, proteções superficiais podem ser aplicadas, como as base poliuretano e poliuréia, por exemplo.

QUANTO AO CIMENTO, QUAL É O MAIS RECOMENDADO PARA ESSAS OBRAS?

O tipo de cimento depende muito do tipo de peça estrutural e seu volume e da agressividade ambiental. No caso específico e mesmo no caso de peças de grande volume, é recomendável o uso de cimentos tipo CP-III e CP-IV, devido ao seu baixo calor de hidratação, quando comparado aos outros tipos de cimento. Em geral, é preciso primeiramente se

observar a disponibilidade dos cimentos na região da obra, e estudar a alternativa mais viável do ponto de vista técnico e econômico.

A IMPERMEABILIZAÇÃO É O FATOR-CHAVE PARA PRESERVAR ESSAS ESTRUTURAS?

O concreto, se especificado, dosado e executado adequadamente para o fim ao qual se destina, pode, por si só, ser suficiente para garantir durabilidade a uma estrutura, seja ela qual for. Obviamente, o ciclo de manutenção de uma estrutura deve prever, durante sua vida útil, intervenções que visem à perpetuação de sua durabilidade, pois, como sabemos, o concreto não é um material eterno e precisa de manutenção, assim como qualquer outra coisa feita pelo ser humano. Hoje, em termos de dosagem e especificação de concreto, tem-se feito uso de aditivos cristalizantes no concreto, com objetivo de diminuir sua permeabilidade. Em estruturas marítimas, de concreto aparente ou similares, essa é

uma alternativa interessante com vistas à durabilidade. Evidentemente, proteções superficiais podem ser uma excelente alternativa em ambientes marítimos, desde que respeitadas as questões de manutenção.

ADIÇÕES DE SÍLICA ATIVA OU METACALÍM SÃO COMPONENTES ESSENCIAIS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DO CONCRETO EXPOSTO AOS EFEITOS MARÍTIMOS?

As adições minerais pozolânicas melhoram muito o empacotamento das partículas no concreto, o que lhe confere menor porosidade e, conseqüentemente, maior resistência a intempéries. No caso de estruturas sujeitas aos efeitos do mar, a utilização dessas adições melhora muito o desempenho do concreto frente aos agentes agressivos, embora não sejam aditivos cristalizantes.

RESPONDIDAS POR ENG. DOUGLAS COUTO

(PHD ENGENHARIA, COORDENADOR ADJUNTO ABCE INOVAÇÃO, MESTRANDO EM ENGENHARIA CIVIL EPUSP E SÓCIO IBRACON). ●

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.

www.abcic.org.br


Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

➤ Livros

Microconcreto de Alto Desempenho

➔ **Organizador:** Paulo Eduardo Fonseca de Campos ➔ **Editora:** Mandarim

A argamassa armada nasceu em meados do século XIX, por iniciativa do francês Joseph Lambot. Trata-se de um concreto de alta resistência e baixa porosidade; por isso, chamado de microconcreto de alto desempenho. Ele permite a moldagem de peças delgadas e leves, aplicadas na construção de habitações, equipamentos urbanos e estruturas para saneamento básico.

As mais recentes inovações na produção de peças pré-fabricadas com argamassa armada estão reunidas no livro “Microconcreto de Alto Desempenho: a tecnologia del MicroCAD aplicada en la construcción del hábitat social”, recém-lançado pela Editora Mandarim em parceria com o Cyted – Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento.

São 200 páginas com artigos de pesquisadores, como José Adolfo Peña (Venezuela), Máximo Bocalandro (Cuba), Walter Kruk (Uruguais), Dante Agustin Pipa (Argentina), Olga Suárez (Espanha) e Paulo Eduardo Fonseca de Campos (Brasil), arquiteto e professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), que organizou a edição. O livro, em espanhol, reúne textos técnicos, tabelas e gráficos de dezenas de obras realizadas. Pode ser adquirido em versão impressa ou eletrônica no site www.microconcreto.net.

➔ **Informações:** www.microconcreto.net



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



6º CONGRESSO BRASILEIRO DO CIMENTO

19 a 21 de maio de 2014
São Paulo - SP - Brasil

Reedição do mais importante evento da indústria brasileira de cimento!

PALESTRANTES CONFIRMADOS

- Cary O. Cohrs - PCA Board of Directors
- Martin Schneider - VDZ
- Philippe Fonta - CSI/WBCSD
- Vagner Maringolo - CEMBUREAU
- Vanderley John - USP
- Yushiro Kihara - ABCP

Um **overview** da indústria mundial!

Garanta sua presença entre os grandes nomes e autoridades do setor. Faça sua inscrição. Pague no boleto ou no cartão de crédito em até 3 vezes.

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Cimento Portland



OFERECEDORES



PARCEIROS



MAIS INFORMAÇÕES, ACESSE: www.cbimento.com.br

Tecnologia Básica das Paredes de Concreto

O Sistema de Paredes de Concreto, uma opção que vem conquistando o mercado brasileiro, oferece obras duráveis, executadas dentro de padrões técnicos, com segurança estrutural e velocidade de execução. O curso aborda todo o sistema construtivo em

paredes de concreto, focando seus principais materiais, projetos, normalização, desempenho, subsistemas e controle de qualidade.

Palestrante: Arnaldo Augusto Wendler Filho (projetista estrutural)

Data: 25 de março

Local: Sede da ABCP – São Paulo – SP

Horário: 8h00 às 17h00

Carga horária: 8 horas

Programa MASTER PEC: 8 créditos

Promoção: ABCP

→ **Informações:** www.abcp.org.br

Projeto Estrutural em Paredes de Concreto

O curso apresenta a construção em paredes de concreto com visão sistêmica, sua normalização, processos de dimensionamento e detalhes construtivos deste sistema que vem conquistando o mercado brasileiro.

Palestrante: Arnaldo Augusto Wendler Filho (projetista estrutural)

Data: 15 de abril

Local: Sede da ABCP – São Paulo – SP

Horário: 8h00 às 17h00

Carga horária: 8 horas

Programa MASTER PEC: 8 créditos

Promoção: ABCP

→ **Informações:** www.abcp.org.br

Tecnologia de Pavimento de Concreto

O pavimento de concreto é um sistema construtivo de alta durabilidade, indicado para estradas e vias de tráfego intenso e pesado. O curso apresenta informações básicas e atuais sobre o tema, desde as características do concreto até o dimensionamento do pavimento, tratando das diretrizes de proje-

to, técnicas construtivas e controle de qualidade. Além disso, traz informações básicas sobre a reabilitação de pavimentos asfálticos com emprego de cimento Portland.

Palestrantes: Eng. Ronaldo Vizzoni, Eng. Leovaldo Foganhole, Eng. Marcos Dutra de Carvalho e Eng. Rubens Curti (ABCP)

Datas: 29 e 30 de abril

Local: Sede da ABCP – São Paulo – SP

Horário: 8h00 às 17h00

Carga horária: 16 horas

Programa MASTER PEC: 8 créditos

Promoção: ABCP

→ **Informações:** www.abcp.org.br

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 Brennard**.

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

www.cimentonacional.com.br
CAC - 0800 201 0021

**QUALIDADE
BRENNAND**
CIMENTOS



Execução de Edificações em Paredes de Concreto

O curso aborda a execução de uma obra em paredes de concreto, seus materiais, logística de canteiro, montagem e desmontagem de fôrmas, armação, instalações e demais serviços complementares.

Palestrante: Júlio Augusto de Aguirre (Construtora e Incorporadora Aguirre)
Data: 20 de maio
Local: Sede da ABCP – São Paulo – SP
Horário: 8h00 às 17h00

Carga horária: 8 horas
Programa MASTER PEC: 8 créditos
Promoção: ABCP
→ **Informações:** www.abcp.org.br

Intensivo de Tecnologia Básica do Concreto

Objetivo do curso é preparar os profissionais para tirar mais proveito dos benefícios do concreto. O curso leva aos participantes o conhecimento básico sobre a tecnologia do concreto, como materiais constituintes e ensaios, dosagem e pro-

priedades, produção e controle, aplicação e critérios de aceitação.
Palestrantes: Eng. Rubens Curti e Eng. Flávio André da Cunha Munhoz (ABCP)
Datas: 27 a 29 de maio
Local: Sede da ABCP – São Paulo – SP

Horário: 16h00 às 22h00
Carga horária: 18 horas
Programa MASTER PEC: 8 créditos
Promoção: ABCP
→ **Informações:** www.abcp.org.br

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

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).
Palestrante: Carlos Franco (CAL-FAC Consultoria e Engenharia)
Data: 15 de maio • **Local:** Salvador-BA

Data: 16 de setembro • **Local:** Brasília-DF
Data: 4 de novembro • **Local:** São Paulo-SP
Carga horária: 8 horas
Promoção: Abcic
→ **Informações:** www.abcic.org.br

consultoria e projetos estruturais



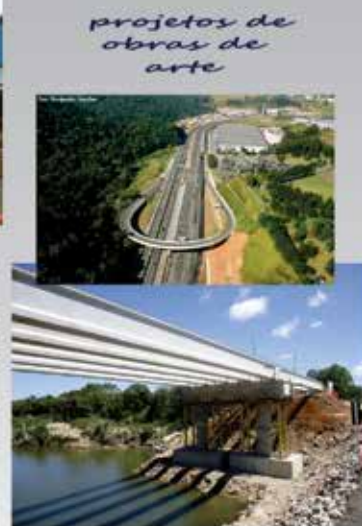
viabilização de tráfego de cargas especiais



recuperação e reforço de edificações



adequação funcional de obras de arte



projetos de obras de arte

soluções de qualidade

www.engeti.eng.br

Avenida angélica, 1996, conj. 404 - Consolação, São Paulo - SP - CEP: 01228-200 Tel: (11) 3666.9289



6º Congresso Brasileiro do Cimento

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) promove de 19 a 21 de maio, em São Paulo, o 6º Congresso Brasileiro do Cimento.

O evento tratará das inovações na fabricação do cimento, nos temas

relacionados à competitividade, emissões de gases, controles ambientais, normalização e qualidade do cimento.

As inscrições estão abertas com preços promocionais até 30 de abril.

➔ Informações: www.abcp.org.br

Seminário sobre Projeto, Construção, Sistemas Construtivos e Manutenção de Obras de Infraestrutura Viária e Mobilidade Urbana

A Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (Abcic) e o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) realizam conjuntamente o Seminário sobre projeto, construção, sistemas construtivos e manutenção de obras de infraestrutura viária e mobilidade urbana na Brazil Road Expo, evento sobre infraestrutura viária e rodoviária, que acontece de 9 a 11 de abril, no Transamérica Expo Center, em São Paulo. O Seminário Abcic/IBRACON vai acontecer no dia 9 de abril, das 9 às 17:30h, e debaterá, entre outros cases: o projeto, a tecnologia do concreto autoadensável, a produção e a montagem das megavigas pré-fabricadas na obra de acesso viário ao Porto de Açu, no Rio de Janeiro, que será apresentado pelo gerente da Cassol Pré-Fabricados, Gustavo Rovaris; e as tipologias e sistemas construtivos aplicados à execução de pontes rodoviárias e ferroviárias a partir de casos reais



na Espanha, que será ministrado pelo consultor da Fhecor, Hugo Corres Peiretti.

➔ Informações: www.brazilroadexpo.com.br

GRACE

RheoSet

www.grace.com

VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

Em comemoração aos 40 anos da Ponte Rio-Niterói, o VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas será realizado de 21 a 23 de maio, no Hotel Pestana, no Rio de Janeiro. O evento é uma realização conjunta da Associação Brasileira de

Pontes e Estruturas (ABPE), International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) e Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece).

→ Informações: www.cbpe2014.com.br

9ª Conferência Internacional sobre Alvenaria

Foro de discussão e troca de ideias sobre as possibilidades e os desafios da alvenaria estrutural, o evento vai acontecer na Universidade do Minho, em Portugal, de 7 a 9 de julho de 2014, co-organizado pela Sociedade Internacional de Alvenaria (IMS).

A conferência recebe até 31 de março de 2014 os trabalhos técnico-científicos revisados. Dentre eles, está o trabalho do membro do Comitê Editorial da revista CONCRETO & Construções, Prof. Guilherme Parsekian, da UFSCar.

→ Informações: www.patologiadadasconstrucoes.com.br

VI Simpósio Latino-Americano sobre Tensoestruturas e Simpósio Internacional da IASS

A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo está organizando, juntamente com a Associação Internacional para as Cascas e as Estruturas Espaciais (IASS), o VI Simpósio Latino-Americano sobre Tensoestruturas e o Simpósio Internacional da IASS 2014, que acontecerão de 15 a 19 de setembro, no Centro de Convenções Ulysses Guimarães, em Brasília.

Com o tema geral “Cascas, membranas e estruturas espaciais: footprints”, os Simpósios esperam receber contribuições de trabalhos sobre o projeto conceitual, análise e projeto estrutural,

morfologia estrutural, ferramentas computacionais de projeto, materiais inovadores e recicláveis, detalhamento estrutural, tecnologias de construções de estruturas leves, de baixo consumo de materiais, com capacidade de vencer grandes vãos; em suma: capazes de contribuir para a redução da pegada ecológica do setor construtivo.

Os eventos recebem até 17 de março resumos de trabalhos e até 31 de maio os trabalhos completos.

→ Informações: www.iass2014.org



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.

III Conferência sobre Engenharia Civil e Arquitetura

Servir de plataforma para que pesquisadores, profissionais do setor industrial, engenheiros e acadêmicos apresentem suas pesquisas e atividades de desenvolvimento em engenharia civil e arquitetura, a III Conferência sobre Engenharia Civil e Arquitetura ocorrerá de 30 de julho a 1º de agosto, na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e

Urbanismo da Universidade de Campinas (Unicamp).

Organizada pela Unicamp, pela International Association of Computer Science and Information Technology (IACSIT) e pelo International Journal of Engineering and Technology, o evento recebe trabalhos completos até 5 de abril.

→ Informações: www.iceaa.org

XIII Conferência Internacional sobre Durabilidade de Materiais e Componentes Construtivos

Realizado a cada três anos pelo Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação na Construção (CIB, na sigla em inglês), a XIII International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC, como é internacionalmente conhecida), vai acontecer de 03 a 05 de setembro, em São Paulo. Promovido pela Escola Politécnica da Universidade de São Pau-

lo, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e pelo Secovi (Sindicato da Habitação), o evento objetiva discutir os diversos aspectos ligados ao tema da vida útil e durabilidade das estruturas.

O evento recebe os trabalhos completos revisados até 30 de maio.

→ Informações: www.dbmc2014.org

V Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas

Com uma periodicidade de oito anos, as Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas (JPEE) têm sido organizadas desde 1982 pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). A quinta edição vai acontecer de 26 a 28 de novembro, em Lisboa, conjuntamente

com o Encontro Nacional de Betão Estrutural 2014 e o 9º Congresso Nacional sobre Sismologia e Engenharia Sísmica.

Os eventos recebem resumos de trabalhos até 30 de abril.

→ Informações: www.jpee2014.lnec.pt

**SOMOS MAIS
DE 200 MILHÕES
TORCENDO PELO
BRASIL. E UMA
COMPANHIA
INTEIRA TORCENDO
POR VOCÊ.**





Péricles BRASILIENSE FUSCO

Graduado em Engenharia Civil, em 1952, e em Engenharia Naval, em 1960, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), onde, em 1968, obteve seu doutorado, com tese sobre critérios do projeto estrutural dos navios de superfície,

Sua carreira profissional iniciou-se como estagiário do Escritório Franco Rocha, onde participou de projetos estruturais de edifícios altos. De 1953 a 1956, foi engenheiro do Departamento de Estruturas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), onde, segundo ele, aprendeu a conversar com a natureza. De 1957 a 1970, manteve escritório próprio de engenharia, onde projetou edifícios altos, pontes e viadutos, e obras industriais, principalmente de expansões da Siderúrgica Barra Mansa e da Companhia Brasileira de Alumínio. Com o fechamento de seu escritório, de 1970 a 1980, trabalhou como engenheiro dirigente de projetos especiais na Themag Engenharia, com os projetos de expansão da Cosipa (Companhia Siderúrgica de São Paulo) e das estações da linha norte-sul do Metrô de São Paulo.

Durante esta trajetória, Fusco nunca abandonou sua paixão por aprender e ensinar. Já, em 1954, era professor na Faculdade de Engenharia Industrial (FEI) das disciplinas de resistência dos materiais e estruturas metálicas. Em 1956, passou a ser professor-assistente da cadeira de concreto armado na Escola Politécnica da USP. A partir de 1958, experimentou uma guinada em sua carreira acadêmica com sua transferência para o recém-criado Curso de Engenharia Naval da Poli, para ser professor de estruturas de navios. Na área naval, Fusco fez estágio em estaleiros na Holanda e Dinamarca, patrocinado pela Petrobrás, aprendendo a construir navios.

Com poucas chances de desenvolver sua criatividade na Engenharia Naval, Fusco retornou à Engenharia Civil no início da década de 70, onde defendeu sua livre-docência em 1975, foi Chefe do Departamento de Estruturas durante 6 anos, e criador e diretor do Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais – LEM da Escola Politécnica, chegando ao cargo de professor titular em 1980.

Dentre as obras escritas em sua longa carreira acadêmica, podem ser destacadas: “Estruturas de Concreto: Fundamentos do projeto estrutural” (1976); “Estruturas de Concreto: Fundamentos estatísticos da segurança das estruturas” (1976); “Estruturas de Concreto-Solicitações Normais” (1981); “Técnica de armar as estruturas de concreto” (1994); “Estruturas de Concreto-Solicitações Tangenciais” (2008); “Tecnologia do Concreto Estrutural” (2008); “Princípios Básicos para Projeto de Estruturas de Concreto, in Concreto: Ciência e Tecnologia”, IBRACON,(2011).

IBRACON – CONTE-NOS SOBRE SUAS ESCOLHAS PROFISSIONAIS. POR QUE, POR EXEMPLO, VOCÊ ESCOLHEU CURSAR ENGENHARIA CIVIL E, LOGO EM SEGUIDA, ENGENHARIA NAVAL NA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO?

BRASILIENSE FUSCO – Eu me formei em Engenharia Civil na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) em 1952. Nos últimos dois anos do curso, trabalhei como estagiário no Escritório de Engenharia de Paulo Franco Rocha, com quem aprendi muito. De modo que, quando me formei, já tinha nas costas o projeto da estrutura do meu primeiro arranha-céu.

Ainda estava no Escritório Franco Rocha, quando, em 1953, encontrei um colega, Guilherme Kranert, engenheiro civil formado numa turma antes da minha na Escola Politécnica da USP. Ele trabalhava no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Tomamos um café juntos e, durante a conversa, ele me convidou para assumir sua vaga no IPT, pois estava de partida para Pernambuco, sua terra natal. Eu aceitei.

Meu primeiro desafio no IPT foi o descimbramento da cúpula do Estádio Municipal de Jundiaí. Este foi meu primeiro entrevero com a natureza. Naquele tempo, descimbrar uma cúpula de 30 ou 40m de diâmetro era visto como um problema filosófico e difícil. Se retirasse o cimbramento de forma errada, poderia quebrar a cúpula. Primeiramente, instrumentei com extensômetros a cúpula ainda cimbrada.

Pude constatar, desse modo, que a cúpula não estava sempre apoiada no cimbreiro, mas que nas horas mais quentes do dia, ao redor de 15 h, o cimbreiro estava pendurado na cúpula. Não tive dúvida: ordenei a retirada dos eucaliptos! Mas, ainda assim, segui as orientações do projetista para o descimbramento, por uma questão de responsabilidade. Posteriormente, com esse conhecimento, descimbrei do meu jeito a cúpula do Parque Ibirapuera. Com esses exemplos, quero contar que o IPT foi para mim uma escola muito importante sobre como conversar com a natureza. Nele fiquei até meados de 1956, quando o professor Nilo Andrade Amaral, catedrático do concreto armado na Escola Politécnica da USP, convidou-me para ser seu assistente. Como agradecimento pelo que tinha aprendido no IPT, projetei, antes da minha saída, a ampliação da estrutura do tanque de provas do Departamento Naval, usado para se estimar a força necessária para a propulsão dos navios.

Paralelamente ao cargo de assistente na Poli e de professor de resistência dos materiais e de estruturas metálicas na Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), cargo assumido desde que me formei, montei meu escritório de projetos de estruturas.

Ainda em 1956, a Escola Politécnica da USP e a Marinha do Brasil criaram o curso de Engenharia Naval, que contou com uma missão de professores norte-americanos. O contra-almirante reformado da Marinha Americana e professor do

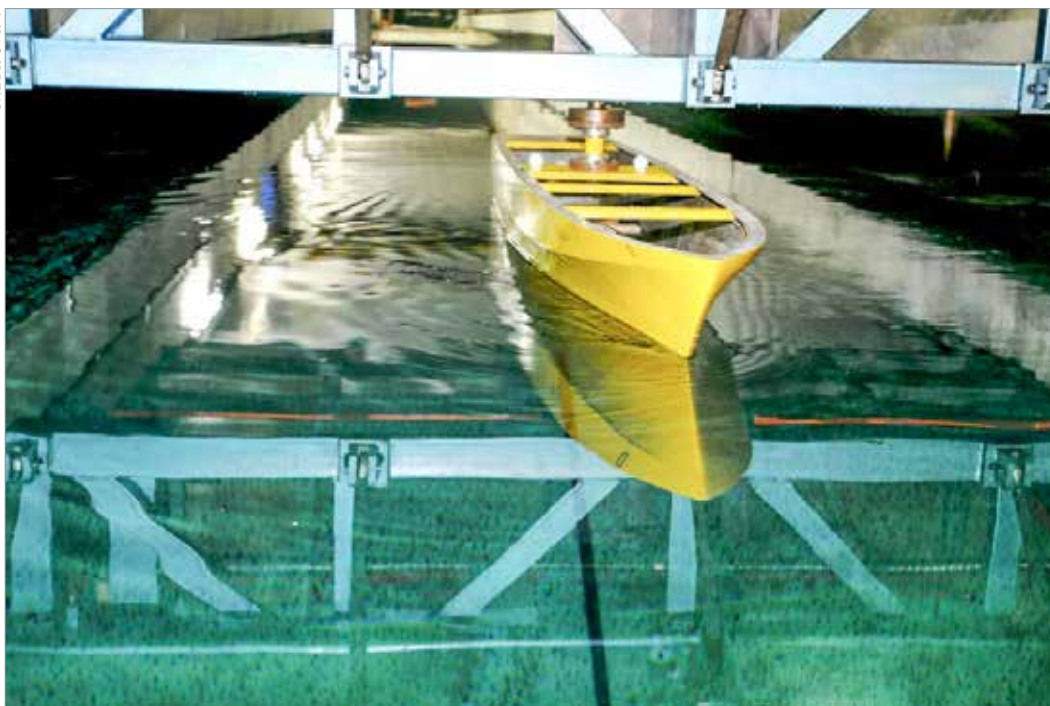
“ O IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO) FOI PARA MIM UMA ESCOLA MUITO IMPORTANTE SOBRE COMO CONVERSAR COM A NATUREZA ”

“ O EPISÓDIO (DA PARALISAÇÃO NA CONCORRÊNCIA DE CONSTRUÇÃO DE NAVIOS GUARDA-COSTAS BRASILEIROS) MOSTROU-ME QUE A ENGENHARIA NAVAL NÃO ME DARIA POSSIBILIDADES DE DESENVOLVER A CRIATIVIDADE QUANTO A ENGENHARIA CIVIL ”

Massachusetts Institute of Technology (MIT), George Charles Manning, seria, de início, o professor na área de estruturas. O Prof. Manning ficaria apenas por dois anos na Poli. Com as dificuldades de encontrar quem pudesse vir do estrangeiro, a Poli resolveu encontrar quem se dispusesse a enfrentar autodidaticamente o problema. Por alguma razão atávica, resolvi aceitar o desafio. Fui transferido do Departamento de Engenharia Civil para o recém-criado Departamento de Engenharia Naval no segundo semestre de 1957, ano que não dei aula, mas simplesmente estudei engenharia naval. No ano seguinte, assumi as aulas sobre estruturas. Assim, assumi o cargo de professor do curso de estruturas no Departamento Naval da Poli. No entanto, percebi que me faltava o conhecimento da profissão de engenheiro naval para falar como professor aos meus alunos. Por isso, matriculei-me como aluno no curso de Engenharia Naval. Desta forma, fui oficialmente, na Escola Politécnica, simultaneamente

aluno e professor! Formei-me na segunda turma do curso de Naval, em 1960. Em seguida, ganhei uma bolsa de estudos da Petrobras, da Frota Nacional de Petroleiros, para estágios na Holanda, em Rotterdam, e na Dinamarca, em Copenhague. Desse modo, aprendi a construir navios. De volta à Escola Politécnica, participei do grupo de profissionais organizado para projetar uma frota de navios guarda-costas. Projetar navio de guerra não é o mesmo que projetar navio mercante. No caso deste, tudo está catalogado. Já, para aquele, parte-se do zero, fazendo uso do que se sabe. A Verolm United Shipyards enviou um time para o Brasil, para verificar nosso projeto. Viram o projeto e, com ele, entraram na concorrência de construção com uma proposta 30 milhões de dólares. Uns meses depois, o Jânio Quadro se elegeu Presidente da República, e o Brasil ficou sem frota de navios guarda-costas. O episódio mostrou-me que a Engenharia Naval não me daria tantas possibilidades de desenvolver a

CRÉDITO: IPT



Modelo de embarcação em ensaio de manobrabilidade no Tanque de Provas do IPT

criatividade quanto a Engenharia Civil. Apesar disso, em 1968, concluí meu doutorado em Engenharia Naval. Mas, em 1970, voltei para o Departamento de Engenharia Civil da Poli. Neste interim, já tendo projetado grandes estruturas industriais, como as das expansões da Siderúrgica Barra Mansa e da Companhia Brasileira de Alumínio, entendi que meu escritório de projetos não tinha futuro, porque começaram a surgir as grandes empresas de projeto de engenharia, como a Promon, a Themag, a Figueiredo Ferraz. Como a Themag tinha ganhado a concorrência dos projetos de expansão da Cosipa, aceitei o convite de Milton Vargas, para coordenar esses projetos e os da Linha Norte-Sul do Metrô, e fechei meu escritório de projetos. Nesta ocasião, viajei para vários países, como França, Japão, Grécia, sempre em função do concreto armado. Como professor da Politécnica, em palestra no Instituto de Engenharia, impedi que na nova Linha Leste-Oeste do Metro fosse repetido o erro de envelopamento total dos túneis com chapas de cobre, como fora feito na Linha Norte-Sul.

Nos 13 anos em que fui professor da Engenharia Naval, não pude acompanhar toda revolução que havia acontecido na Engenharia Civil. Com a segunda guerra mundial, os europeus haviam se conscientizado da necessidade entre eles da colaboração econômica e tecnológica e, para isso, começaram com a unificação da normalização tecnológica. Isto porque as normas se constituem na espinha dorsal do conhecimento tecnológico de um país. Com isso, os europeus criaram o Comitê Europeu do Betão (CEB)*, que publicou diversas sínteses dos projetos de pesquisa que procuraram reestudar de novo tudo que se sabia sobre o concreto estrutural. Em 1973, o CEB promoveu um curso internacional de concreto armado com base nas informações que publicou. Dado em Lisboa, Portugal, pelos maiores professores do assunto na época, o curso foi oferecido a 50 profissionais do mundo, que se encarregariam de retransmitir o conhecimento a seus países. Tive a sorte de ser um deles.

Em 1975, fiz minha livre-docência, com base no novo

panorama de conhecimentos mostrado no curso do CEB, na minha experiência de professor e nos trabalhos de normalização técnica do CB-02 da ABNT (Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas), onde coordenei a Comissão de Estudos que elaborou as Normas “Símbolos gráficos para o projeto de estruturas” e “Ações e segurança nas estruturas”, além de ter sido secretário na Comissão de Estudos de revisão da NBR 6118 e presidente da Comissão de Estudos de revisão da Norma de Projeto de Concreto Protendido.

Um episódio marcante deste período: nos trabalhos da Comissão de Estudos da NBR 6118, influi para que o coeficiente de segurança de majoração das ações passasse de 1,5 para 1,4 e o coeficiente de minoração da resistência do concreto passasse de 1,5 para 1,4 em relação ao que era empregado pelo CEB. O Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, não concordando com a sugestão, convidou a Comissão de Estudos para expor nossas razões para a mudança. Logo no início do debate, surgiu a provocação: “Vocês acham que no Brasil nós construímos melhor do que na Alemanha?”. Eu respondi: “Não! A Comissão está sugerindo a mudança porque estamos num país onde há crianças que morrem de fome!”. O problema de segurança é também um problema social: à medida que a sociedade evolui econômica e socialmente, o nível de segurança de todos os sistemas materiais aumenta. Os coeficientes reduzidos são válidos até hoje.

Em 1980, assumi o cargo de professor titular na USP, em dedicação integral. Após 30 anos de experiência na profissão, resolvi dedicar-me exclusivamente ao ensino e pesquisa. Quando assumi o cargo de professor titular, o Hall Tecnológico da Escola Politécnica, com 75m de comprimento e 45m de largura, era um espaço vazio. Um colega, Décio de Zagotis, que havia sido chefe do Departamento, havia conseguido comprar uma máquina de ensaios mecânicos. Como na FEI, eu havia dado aulas no Edifício Salvador Arena, nome do cidadão formado pela Escola Politécnica da USP que havia doado um prédio para a FEI, resolvi ligar para ele e marcar um encontro para lhe

“ AS NORMAS SE
CONSTITUEM NA
ESPINHA DORSAL
DO CONHECIMENTO
TECNOLÓGICO
DE UM PAÍS ”

*ATUALMENTE FIB (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DO BETÃO)

“ O PROBLEMA DE SEGURANÇA É
TAMBÉM UM PROBLEMA SOCIAL: À
MEDIDA QUE A SOCIEDADE EVOLUI
ECONÔMICA E SOCIALMENTE, O
NÍVEL DE SEGURANÇA DE TODOS OS
SISTEMAS MATERIAIS AUMENTA ”

explicar o plano de montagem do laboratório. O Salvador Arena acabou por me doar uma ponte rolante para o laboratório, bem como todas as estruturas de movimentação. Anteriormente, com o governador do estado, Paulo Maluf, que era formado na Poli na turma de 1954, já havia conseguido, para a Escola, uma doação de 80 toneladas de sucata de aço do Metrô, em chapas de duas polegadas, e oito vigas pesadas de quatro toneladas cada uma. Outro amigo doou três mil sacos de cimento para as estacas raiz para a fundação das estruturas doadas por Arena. A Prefeitura da Cidade Universitária cedeu a mão de obra. A Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo) ajudou com uma pequena verba. Desta forma, o laboratório saiu. Quando pronto, a Poli abriu concurso para duas vagas de técnicos e eu consegui dois excelentes funcionários, que lá trabalham até hoje. Em um livro que acabei de escrever, faço um agradecimento para eles.

Quando me aposentei, em 1997, depois de formar 21 mestres e 21 doutores, de ter sido chefe do Departamento de Estruturas e Fundações durante 6 anos, de ter sido o relator da Comissão Politécnica 2.000, que visitou o mundo vendo como os países desenvolvidos ensinavam engenharia, de ter sido decano do Conselho Universitário da USP, e de ter sido vice-reitor da USP por 6 meses, quando o então reitor renunciou, Salvador Arena convidou-me para ajudá-lo a dirigir sua escola técnica filantrópica. Três meses depois, ele acabou falecendo e sua Fundação Salvador Arena estendeu o convite para ser diretor acadêmico dos cursos mantidos filantropicamente pela Termomecânica, onde fiquei por nove anos. Neste tempo, reformulei e ampliei os cursos, chegando a criar uma Faculdade de Tecnologia. Nesse caminho fui estudar pedagogia para enfrentar os problemas de educação. Também contratei com a Faculdade



Busto em bronze
de Salvador Arena

de Educação da USP um curso de 2 anos de aperfeiçoamento dos professores do Centro Educacional da Termomecânica. Também fiz esse curso e, posteriormente, até o lecionei para turmas vindouras.

Deixei a Faculdade de Tecnologia em 2007, com os cursos de Mecatrônica, de Tecnologia de Alimentos, de Tecnologia da Informação e de Tecnologia da Gestão, e com a organização de um novo curso de pós-graduação em tecnologia.

Voltei, então, para a Politécnica, onde exerço a função de Professor Sênior, cuidando de pesquisas em uma nova área, com resultados inéditos, que estou apresentando em um novo livro, “Análise de estruturas helicoidais”, que está submetido à análise para publicação pela EDUSP, no qual apresento uma teoria a respeito das estruturas metálicas das tubulações que vão buscar petróleo no fundo do mar. Dessas pesquisas, resultaram dois pedidos de patente de invenção, que fiz em parceria com a USP.

IBRACON – DE QUE FORMA, A ENGENHARIA ESTRUTURAL TEM SE BENEFICIADO DO ENORME DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO CONCRETO?

BRASILIENSE FUSCO – A tecnologia do concreto não tem muito mais do que esperar apenas nos capítulos da resistência e durabilidade, porque ela já evoluiu muito. Claro: é sempre possível evoluir mais!

Por isso, o correto foi a atitude do IBRACON em publicar dois volumes enciclopédicos do livro “Concreto: ciência e tecnologia” do qual também sou colaborador. Ainda outro dia, tive que me valer desse livro para me informar sobre algo que não sabia: a ação do fogo nas estruturas estaiadas, por conta do incêndio na ponte estaiada Orestes Quércia, que agora está sendo recuperada. Fiz um estudo, que se baseou nos resultados experimentais que estavam publicados no livro. É muito importante que o IBRACON, a cada período, reedite o livro. O trabalho do IBRACON nesta área é nota 10 e deve ser continuado.

Um problema que a Engenharia Civil ainda não assumiu são as obras no fundo do mar. Os engenheiros da Petrobrás são, em sua maioria, engenheiros civis. No livro meu que está sob análise para publicação pela Edusp (Editora da USP), discuto a estrutura das tubulações para poços de petróleo, que liga uma estrutura de concreto no fundo do mar com uma estrutura de concreto flutuante em cima. Saber como se calculam essas tubulações de mais de 1,5km ainda é segredo industrial, que o Brasil precisa dominar.

IBRACON – O BRASIL TEM ACOMPANHADO O DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA ESTRUTURAL?

BRASILIENSE FUSCO – Não existe mais diferença de avanço científico de um país para outro, porque o conhecimento se internacionalizou. Mas o avanço tecnológico autóctone depende do avanço tecnológico da indústria mecânica, porque a tecnologia da engenharia estrutural avança para a automação do trabalho. No quesito normalização, as diferenças entre normas são apenas detalhes.

IBRACON – O DESENVOLVIMENTO DAS CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO TEM CONTRIBUÍDO IMENSAMENTE PARA A ÁREA DE PROJETO DE ESTRUTURAS?

BRASILIENSE FUSCO – Hoje em dia, com os computadores, é possível determinar muito aproximadamente os valores de tensões em qualquer ponto de uma estrutura. Hoje, o engenheiro coloca as informações corretas num programa e obtém dele as respostas. Todavia, este é um caminho perigoso, porque pode dispensar os engenheiros de conhecerem as teorias das estruturas, que estão por trás dos programas de computador. O engenheiro pode passar a ser um simples alimentador de dados para o programa. Se ele coloca um dado errado, pode sobrevir uma catástrofe. É um absurdo o engenheiro que faz uso desses programas, mas que não sabe a ordem de grandeza dos esforços solicitantes, de modo que ele não sabe dizer se o resultado

“ É UM ABSURDO O ENGENHEIRO QUE FAZ USO DESSES PROGRAMAS, MAS QUE NÃO SABE A ORDEM DE GRANDEZA DOS ESFORÇOS SOLICITANTES, DE MODO QUE ELE NÃO SABE DIZER SE O RESULTADO DO COMPUTADOR TEM OU NÃO ERROS ”

“ QUANTO AO PROJETO ESTRUTURAL (DO SISTEMA PRÉ-MOLDADO), ELE FICA MAIS SIMPLES, RELACIONADO À MONTAGEM DAS PEÇAS PRÉ-FABRICADAS. MAS, É IMPORTANTE SABER COMO CADA PEÇA CONTRIBUI PARA A RESISTÊNCIA DO TODO NA ESTRUTURA ”

do computador tem ou não erros. É preciso que, no projeto estrutural, exista o “Maître Projecteur”, que realmente saiba o que está sendo feito. Este é o perigo! O projetista não pode se transformar num assistente da máquina. Como dizem os filósofos: o trabalho para as máquinas; as decisões para os computadores; e a criatividade para os homens.

Eu mesmo já fiz muito pronto-socorro de prédio em iminência de desabar por falhas no projeto estrutural. E eles continuam caindo. O ponto crítico são as estruturas construídas sem que haja um verdadeiro projeto de concepção estrutural, que mostre porque as coisas foram projetadas do modo que foram feitas.

IBRACON – QUAL É A IMPORTÂNCIA DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E QUAL É SUA INTERFACE COM A ENGENHARIA DE ESTRUTURAS?

BRASILIENSE FUSCO – A industrialização é importante, principalmente com o uso de peças pré-moldadas. Não faz mais sentido uma obra com tudo concretado no local. Mas, o ponto crítico das estruturas pré-fabricadas são os nós, que exigem um maior investimento do intelecto para imaginar nós suficientemente seguros, inclusive contra fadiga, a repetição de carregamento. Se eu tivesse mais 20 anos pelo frente, eu escreveria um livro sobre construções pré-moldadas, pois, creio que seja uma tendência na construção civil.

Quanto ao projeto estrutural, ele fica mais simples, relacionado à montagem das peças pré-fabricadas. Mas, é importante saber como cada peça contribui para a resistência do todo na estrutura. Não basta saber como montar as peças, qual peça se une com qual peça.

IBRACON – CONSIDERANDO TODA SUA EXPERIÊNCIA EM MODELOS EXPERIMENTAIS DE ELEMENTOS EM CONCRETO ARMADO, E TAMBÉM A REALIDADE ATUAL DE FÁCIL ACESSO A MODELOS NUMÉRICOS COM AUXÍLIO DE COMPUTADORES POTENTES, QUE

SUGESTÕES VOCÊ DARIA AOS PROFISSIONAIS QUE HOJE TRABALHAM NA ÁREA?

BRASILIENSE FUSCO – Que façam modelos experimentais e ensaiem. Quando publiquei meu livro “Técnica de armar as estruturas de concreto”, o meio técnico não tinha uma ideia clara de como armar algumas peças estruturais em função dos esforços solicitantes. Por exemplo, no caso de lajes cogumelos, pensava-se em colapso por ruptura por punção. Mas, como? Com toda a armadura de aço da laje? Em estudos experimentais, alguns deles publicados no livro, eu mostrei que a punção não existia em lajes cogumelos, porque a rede de aço segura o esforço, não permitindo o afundamento necessário para puncionar. Na verdade, os modelos apontavam o rompimento por cisalhamento e por grandes deformações. Eu mesmo só me convenci disso, quando eu ensaiei. Nada supera a investigação experimental! Quando era engenheiro do IPT, tive a oportunidade de participar da construção da primeira ponte pré-moldada com vigas protendidas feita no país, em São Paulo, próxima à Estação da Luz. Eu ensaiei uma das vigas no canteiro de obras, chegando a arrebentá-la com macacos hidráulicos para saber o quanto ela aguentaria de carregamento. E conclui que as vigas poderiam ser usadas e a ponte foi construída com tranquilidade.

Desta forma, nada supera a evidência, como já dizia Aristóteles! Cristo usou a evidência para provar que ele era divino! Ele fez milagres, que eram evidências de seus poderes divinos. A prova da verdade é a evidência! Isso também vale na investigação tecnológica.

IBRACON – COMO É HOJE O ENSINO DO CONCRETO ARMADO NAS ESCOLAS DE ENGENHARIA DO PAÍS? ELE ESTÁ ADEQUADO AO TEMPO ATUAL, AO QUE É DEMANDADO PELO SETOR CONSTRUTIVO BRASILEIRO?

BRASILIENSE FUSCO – Todo mundo fala em ensinar, mas poucos falam em aprender. Eu li os dois primeiros volumes da obra de Moersh, que foi quem inventou a



Exemplo de laje cogumelo

teoria do concreto armado, linha por linha, capítulo por capítulo, às vezes, mais de uma vez, sempre após o jantar, durante meu quinto ano no curso de Engenharia Civil. Intuitivamente aplicava a regra de ouro do aprendizado, que, depois, vim a saber que Aristóteles já a havia ensinado: para saber algo, você deve saber até a última minúcia, até a menor de suas partes!

Para escrever o livro “Técnica de armar as estruturas de concreto”, fui aprender como é que os ganchos funcionam, para seu melhor aproveitamento na peça de concreto. Na investigação teórica é interessante remontar às origens das coisas. Ao estudar concreto armado da forma como fiz, eu fui entender a menor das partes e remontei à fundação do concreto armado. Por isso, você está conversando comigo hoje. O que falta no ensino das escolas de engenharia é entender que ninguém ensina nada para ninguém: aprende-se, não se ensina. O professor é um mero guia do

aprendizado do aluno. Quem explicou bem isso foi Piaget, com seu construtivismo.

Um dos motivos pelos quais eu gostava do professor Nilo Andrade Amaral é que ele permitia a frequência livre em suas aulas teóricas, na parte da manhã. Obrigatórias eram apenas as aulas na parte da tarde, que consistiam de exercícios. Isto me permitia estudar e aprender. O professor não deve ser o expositor das ideias, mas deve auxiliar os alunos no acesso e debate das informações necessárias para o aprendizado.

Regra de ouro da aprendizagem: não pode ficar com nenhuma dúvida! Se você entendeu mais ou menos é porque não entendeu! Verifique porque você não está aprendendo. Volte e veja se não é uma falha em seu conhecimento. Como o aluno julga que aprendeu? Se ele for capaz de ensinar o que aprendeu para outro colega ou para si mesmo, como se as ideias fossem invenções suas. Estas ideias eu já as expus

“ EM ESTUDOS EXPERIMENTAIS, MOSTREI QUE A PUNÇÃO NÃO EXISTIA NAS LAJES COGUMELAS. EU MESMO SÓ ME CONVENCÍ DISSO, QUANDO EU ENSAIEI. NADA SUPERA A INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL! ”

”

“ O PROFESSOR NÃO DEVE SER O EXPOSITOR DAS IDEIAS, MAS DEVE AUXILIAR OS ALUNOS NO ACESSO E DEBATE DAS INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O APRENDIZADO ”

em um trabalho publicado pela revista da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

A ciência tem por objetivo o entendimento da natureza. Segundo Maxwell, a ciência é o departamento do conhecimento, que se relaciona à ordem na natureza, ou, em outras palavras, a regular sucessão de eventos. Ou seja, se não consigo, na investigação, fazer o percurso de começo ao fim, é porque existem eventos que não foram e precisam ser levantados.

IBRACON – O QUE VOCÊ GOSTA DE FAZER EM SUA HORA DE LAZER?

BRASILIENSE FUSCO – Quando eu fiz minha livre-docência,

em 1975, lamentava-me por não ter tido uma educação musical. Estudei música e fiz curso de órgão por dez anos. Mas, em 1985, quando estava construindo o laboratório do Departamento de Estruturas da Escola Politécnica, a vida me levou para outros lados e parei de tocar. Foi quando percebi que meu hobby, que vinha desde criança, era o gosto pelo aprendizado. Eu gosto de estudar e aprender, leio de tudo: sobre religião, sobre os filósofos helenísticos, sobre as teorias do Big Bang e dos multiversos, sobre mecânica quântica...

E eu ainda tenho minha empresa individual de consultoria, e o mundo continua girando. ●



Conheça as mais modernas soluções para impermeabilização de estruturas.

Estações de Tratamento de Água | Estações de Tratamento de Efluentes | Reservatórios

O concreto, devido a sua própria natureza, não é estanque, e em muitos faz-se necessária a devida impermeabilização. Há mais de 50 anos a MC-Bauchemie fornece soluções inovadoras para impermeabilização de estruturas de concreto. Conheça mais sobre nossas soluções através do site: www.mc-bauchemie.com.br

MC-Bauchemie - Innovation in building chemicals

Aditivos para Concreto | Produtos de Obra | Sistemas de Injeção | Impermeabilização e Proteção | Recuperação Estrutural | Pisos Industriais



Como comprar, estocar e manusear adequadamente o Cimento Portland

ARNALDO FORTI BATTAGIN – GEÓLOGO, GERENTE DO LABORATÓRIO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP)

Os critérios técnicos que balizam a escolha de uma empresa fornecedora de cimento devem incluir requisitos que contemplem empresas que forneçam cimentos com o Selo da Qualidade – da ABCP ou de qualquer outro órgão – que possa comprovar a qualidade do produto. Caso não haja selo, os consumidores devem pedir ao revendedor ou ao fabricante o laudo técnico com os ensaios. É um direito do consumidor e um dever do lojista, de acordo com o Código Brasileiro do Consumidor. O usuário deve estar atento ao prazo de validade, que é de três meses, ao peso da sacaria, identificação do tipo de cimento e nome do fabricante e referência à norma da ABNT. Definido o tipo de cimento, falta apenas atentar para os cuidados necessários à conservação do cimento (que é um produto perecível), pelo maior tempo possível, no depósito ou no canteiro de obras.



Figura 1 – Sacos de cimento empilhados e prontos para expedição

O cimento é embalado em sacos de papel *kraft* de múltiplas folhas. Trata-se de uma embalagem usada no mundo inteiro, para proteger o cimento da umidade e do manuseio no transporte, ao menor preço para o consumidor. Além disso, o saco de papel é o único que permite o enchimento com material ainda bastante aquecido, por ensacadeiras automáticas, imprescindíveis ao atendimento do fluxo de produção (ao contrário de outros tipos de embalagem já testados, como a de plástico). Mas, o saco de papel protege pouco o cimento nele contido da ação direta da água.

Se o cimento entrar em contato com a água na estocagem, ele vai empedrar ou endurecer antes do tempo, inviabilizando sua utilização.

A água é o maior aliado do cimento na hora de confeccionar as argamassas e os concretos. Mas é o seu maior inimigo antes disso. Portanto, é preciso evitar a todo custo que o cimento estocado entre em contato com a água. Essa água não vem só da chuva, de uma torneira ou de um cano furado, mas também se encontra, sob forma de umidade, no ar, na terra, no chão e nas paredes.

Por isso, o cimento deve ser estocado em local seco, coberto e fechado de modo a protegê-lo da chuva, bem como afastado do chão, do piso e das paredes externas ou úmidas, longe de tanques, torneiras e encanamentos, ou pelo menos separado deles.

Recomenda-se iniciar a pilha de cimento sobre um tablado de madeira, montado a pelo menos 30 cm do chão ou do piso e não formar pilhas maiores do que 10 sacos. Quanto maior a pilha, maior o peso sobre os primeiros sacos da pilha. Isso faz com que seus grãos sejam de tal forma comprimidos que o cimento contido nesses sacos fica quase que endurecido, sendo necessário afofá-lo de novo, antes do uso, o que pode acabar levando ao

rompimento do saco e à perda de boa parte do material. A pilha recomendada de 10 sacos também facilita a contagem, na hora da entrega e no controle dos estoques.

Para evitar ou minimizar as duas principais causas de deterioração do cimento aqui apontadas, ou seja, a umidade e carregamento excessivos dos sacos, recomenda-se a construção de um depósito coberto, bem arejado, com piso resistente, onde o cimento possa ser adequadamente armazenado.

São sugeridos, a seguir, alguns dados para construção de um depósito de cimento para 1200 sacos (pilhas de 10):

- a) Área coberta de 58m² (7,50m x 7,70m);
- b) Sacos de 50 kg, com dimensões aproximadas de: 0,66m x 0,42m x 0,16m;
- c) Estrado de madeira, com altura de 0,30m, com capacidade para 3t/m²;
- d) Previsão de um corredor de acesso às pilhas com largura de 1,20m e um afastamento mínimo das paredes de 0,30m;
- e) Piso de concreto com 0,10m de espessura, sobre base de 0,15m de brita; cobertura em telhas de fibrocimento;



Figura 2 – Sacos de cimento estocados de forma correta

paredes de blocos de concreto de 0,20m de espessura.

É recomendável utilizar primeiro o cimento estocado há mais tempo, deixando o que chegar por último para o fim, o que evita que um lote fique estocado por tempo excessivo, já que o cimento, bem estocado, é próprio para uso por três meses, no máximo, a partir da data de sua fabricação.

1. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

A fabricação de cimento processa-se rapidamente. O clínquer de cimento Portland sai do forno a cerca de 80°C, indo diretamente à moagem, ao ensacamento e à expedição, podendo, portanto, chegar à obra ou depósito ainda quente. É necessário desfazer o mito da influência da temperatura do cimento no aumento da temperatura do concreto e, por consequência, no aparecimento de manifestações patológicas. Estudos comprovam que há necessidade de aumento de 8°C na temperatura do cimento para aumentar em 1°C a temperatura da maior parte dos concretos frescos, tendo a água e os agregados influencia mais expressiva. Assim, para controle de recepção, recomenda-se aceitar para uso imediato cimentos com até cerca de 70°C para a maior parte das aplicações. Acima dessa temperatura, poderá haver problemas com trabalhabilidade da argamassa ou do concreto com ele confeccionados. Assim, deve-se deixar o cimento descansar até atingir a temperatura mais baixa e, para isso, recomenda-se estocá-lo em pilhas menores, de 5 sacos, deixando um espaço entre elas para favorecer a circulação de ar, o que fará com que eles se resfriem mais rapidamente.

Nas regiões de clima frio, a temperatura ambiente pode ser tão baixa que ocasionará um retardamento do início de pega. Para que isso não ocorra, convém estocar o cimento em locais protegidos de temperaturas abaixo de 12°C.

2. PRODUTO COM PRAZO DE VALIDADE

Tomados todos os cuidados na estocagem adequada do cimento para alongar ao máximo sua vida útil, ainda assim alguns sacos de cimento podem se estragar. Às vezes, o empedramento é apenas superficial. Se esses sacos forem tombados sobre uma superfície dura e voltarem a se afofar, ou se for possível esfarelar os torrões neles contidos entre os dedos, o cimento desses sacos ainda se prestará ao uso normal, pois o empedramento pode ter se originado das cargas eletrostáticas durante a moagem. Caso contrário, ainda se pode tentar aproveitar parte do cimento, peneirando-o. O pó que passa numa peneira de malha de 5 mm (peneira de feijão) pode ser utilizado em aplicações de

menor responsabilidade, como pisos, contrapisos e calçadas, mas não deve ser utilizado em peças estruturais, já que sua resistência ficou comprometida, pois parte desse cimento já teve iniciado o processo de hidratação.

Enfim, observa-se que é fundamental a estocagem correta, pois não apenas há o risco de perder-se parte do cimento, como também se acaba reduzindo a resistência final do cimento que não chegou a estragar. Deve se enfatizar que a cor do cimento não é indicativa de resistência mecânica. É necessário desmitificar o fato que o cimento “mais escuro” é mais forte e o cimento “mais claro” é mais fraco, sendo a coloração ligada tão somente às características das matérias-primas.

3. CUIDADOS À SAÚDE

As pessoas que trabalham com o cimento e com materiais de construção devem estar esclarecidas a respeito da natureza dos materiais e os possíveis riscos que possam oferecer.

Cada produto empregado na construção tem comportamento próprio, que deve ser conhecido para que se evite o seu mau uso ou manuseio incorreto, que poderá resultar dano à saúde. O cimento, por exemplo, quando reage com a água, libera o hidróxido de cálcio que confere à mistura alcalinidade elevada.

A alcalinidade é a propriedade das substâncias alcalinas ou básicas que misturadas com água apresentam solução com pH superior a 7. Em virtude desse comportamento alcalino do cimento, é necessário tomar precauções em seu manuseio, para evitar riscos à saúde do trabalhador.

Se a pele for exposta a forte alcalinidade do cimento, em

associação à abrasividade dos materiais de construção, podem ocorrer lesões conhecidas como “queimaduras do cimento”. A alcalinidade retira a camada de gordura protetora da pele, expondo-a a outros tipos de infecções.

Em geral, os materiais com que se trabalha na construção civil são abrasivos e até cortantes, incluindo-se tijolos, telhas, blocos de concreto, ferragens, madeira, vidros, areia, pedra, concreto, cal, cimento, etc.

Sem a devida proteção, esses materiais agredem constantemente a pele, causando microtraumatismos, o que facilita ainda mais a ação alcalina dos cimentos. Desta forma, há que se proteger as mãos, os braços e pés e toda parte que possa entrar em contato com a alcalinidade.

Durante o trabalho com o cimento, recomenda-se o uso de equipamento de proteção individual, entre eles:

- Luvas de PVC e botas de borracha para serviços de concretagem;
- Luvas de lona com ou sem raspa para a desforma e manuseio dos materiais diversos;
- Capacetes de segurança para uso constante na obra;
- Óculos de segurança e máscaras;
- Creme protetor contra eventuais dermatoses devem ser usados somente sob orientação médica.

Se ocorrerem acidentes, devem ser tomadas as seguintes precauções:

■ Olhos

Em caso de contato do cimento com os olhos, lavar as áreas afetadas com água em abundância;

■ Pele

Em caso de contato do cimento com a pele, lavar as áreas afetadas com água em abundância e remover as roupas contaminadas;

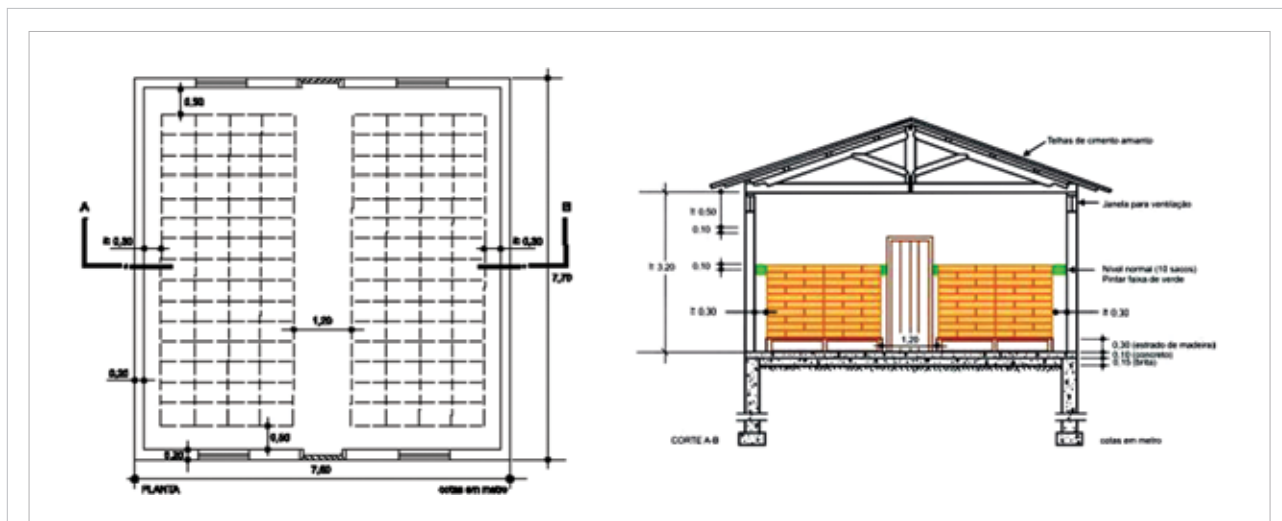


Figura 3 – Projeto de um depósito de cimento para 1.200 sacos



Figura 4 – Luvas de lona para assentamento de blocos de concreto

■ Inalação

O nariz e a garganta devem ser lavados com água por pelo menos 20 minutos e remover o paciente da exposição;

■ Ingestão

Não induzir vômito. Lavar previamente a boca com água e beber quantidade abundante, procurando atendimento médico em todos os casos.

Se as mãos ou os pés de um trabalhador da construção civil estiverem feridos ou irritados após contato com o cimento, ele deve procurar o serviço médico, seja na empresa ou no posto de saúde mais próximo. Durante o período de tratamento, o trabalhador deve evitar contato com cimento até

as áreas afetadas melhorarem. A dermatose ocorrida no serviço é considerada acidente de trabalho. Se isso acontecer, a empresa deve emitir a Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT), a fim de assegurar o tratamento integral da dermatose.

Em suma, as dermatoses pelo cimento podem ser perfeitamente evitadas se medidas de higiene forem adotadas juntamente com a utilização dos equipamentos de segurança adequados para cada atividade. ●



Figura 5 – EPIs usados na construção civil



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 m³/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



Recomendações sobre o uso dos distintos tipos de Cimento Portland nas diferentes aplicações

ARNALDO FORTI BATTAGIN – GEÓLOGO, GERENTE DO LABORATÓRIO
HUGO RODRIGUES – DIRETOR DE MARKETING DO IBRACON E GERENTE DE COMUNICAÇÃO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

1. INTRODUÇÃO

O cimento Portland, misturado com água e outros materiais de construção, como agregados miúdos e graúdos, adições cimentícias, aditivos químicos, pigmentos, cal e outros, resulta nos concretos e nas argamassas usadas na construção de casas, edifícios, pontes, barragens etc.

As características e propriedades desses concretos e

argamassas vão depender da qualidade e proporções dos materiais com que são compostos.

Dentre esses materiais, o cimento é o mais ativo quimicamente, sendo o principal responsável pela transformação da mistura no produto final desejado (uma laje, uma viga, um revestimento etc.).

Para aproveitar da melhor forma possível o potencial de desempenho resultante das características e propriedades in-

trínsecas dos diversos tipos de cimentos na aplicação que se tem em vista é de fundamental importância utilizá-lo corretamente e, assim, escolher o tipo de cimento mais adequado.

Há tempos havia no Brasil, assim como na maioria dos países, um único tipo, o cimento Portland comum, que predominou até fins da década de 1980.

Com a evolução do conhecimento tecnológico, foram sendo fabricados e consumidos novos tipos de cimento Portland, cujos existentes hoje no mercado brasileiro servem para o uso geral.



Museu Iberê Camargo: destaque para o uso de cimento Portland branco

Alguns deles, entretanto, apresentam certas características e propriedades que os tornam mais adequados para determinados usos, permitindo que se obtenha um concreto ou uma argamassa com a resistência e durabilidade desejadas, de forma econômica.

Uma das melhores maneiras de conhecer as características e propriedades dos diversos tipos de cimento Portland é conhecer sua composição, pois esta é a base adotada mundialmente nas normas técnicas para classificação dos diversos tipos de cimento.

2. COMPOSIÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO

O cimento Portland é composto de *clínquer* e de *adições*. O clínquer é o componente obrigatório presente em todos os tipos de cimento Portland. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os critérios de classificação dos diferentes tipos de cimento.

2.1 CLÍNQUER

O clínquer tem como matérias-primas o *calcário* e a



Estruturas de concreto do Edifício M. Bigucci, feitas com cimento CP-II E

argila, obtidos de jazidas em geral situadas nas proximidades das fábricas de cimento. A rocha calcária é primeiramente britada, depois moída e, em seguida, misturada, em proporções adequadas, com argila moída. A mistura é conduzida a um forno rotativo de grande diâmetro e comprimento, cuja temperatura interna chega a alcançar 1450°C. O intenso calor transforma a mistura em um novo material, denominado *clínquer*, que se apresenta sob a forma de pelotas. Na saída do forno, o clínquer, ainda incandescente, é bruscamente resfriado para posteriormente ser finamente moído, transformando-se em pó. O clínquer em pó tem a peculiaridade de desenvolver uma reação química em presença de água, formando silicatos, aluminatos e ferroaluminatos cálcicos hidratados, endurecendo e adquirindo elevada resistência e durabilidade. Essa característica do clínquer faz dele um ligante hidráulico muito resistente, sua propriedade mais importante.

2.2 ADIÇÕES

As adições são outros componentes do cimento que, misturadas ao clínquer, geralmente na fase de moagem, permitem a fabricação dos diversos tipos de cimento Portland hoje disponíveis no mercado. São elas: o sulfato de cálcio, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos.

O *sulfato de cálcio* tem como função básica controlar o tempo de pega. Caso não se adicionasse o sulfato de cálcio à moagem do clínquer, o cimento, quando entrasse em contato com a água, endureceria quase que instantaneamente, o que inviabilizaria seu uso nas obras. Por isso, o sulfato de cálcio é uma adição presente em todos os tipos de cimento Portland. A quantidade adicionada é pequena, em geral, 3% a 4% de sulfato de cálcio em massa.

As *escórias de alto-forno* são obtidas durante a produção de ferro-gusa nas indústrias siderúrgicas e se assemelham a grãos de areia. Antigamente, as escórias granuladas de alto-forno eram consideradas como um material sem maior utilidade, até ser descoberto que elas também tinham a propriedade de ligante hidráulico muito resistente, ou seja, que reagem em presença de água, quando ativada por um meio alcalino, desenvolvendo resistência de forma muito semelhante à do clínquer. Essa descoberta tornou possível adicionar a escória à moagem do clínquer com sulfato de cálcio, guardadas certas proporções,

e obter como resultado um tipo de cimento que, além de atender plenamente aos usos mais comuns, apresenta melhoria de algumas propriedades, como maior durabilidade e maior resistência final. Essa interação clínquer-escória na pasta hidratada de cimento é decorrente da ativação alcalina da escória pelo hidróxido de cálcio liberado pelas reações de hidratação do clínquer.

Os *materiais pozolânicos* constituem um conjunto de materiais, como certas rochas vulcânicas, certos tipos

de argilas calcinadas em elevadas temperaturas (550°C a 900°C) e cinzas da queima de carvão mineral nas usinas termelétricas, conhecidas como cinzas volantes. Como no caso da escória de alto-forno, pesquisas levaram à descoberta de que os materiais pozolânicos, quando pulverizados em partículas muito finas, também passam a apresentar a propriedade de endurecimento se forem colocados em presença de cal, que é justamente o mesmo hidróxido de cálcio liberado no processo de hidratação do clínquer. Esse é o motivo pelo qual a adição de materiais pozolânicos ao clínquer moído com sulfato de cálcio é perfeitamente viável, até um determinado limite. E, em alguns casos, é até recomendável, pois o tipo de cimento assim obtido ainda oferece a vantagem de conferir maior impermeabilidade, por exemplo, aos concretos e às argamassas, o que contribui para sua durabilidade.

Outros materiais pozolânicos, como o metacaulim, resultante da microssinterização de argilas cauliniticas puras ou cinzas resultantes da queima de cascas de arroz, e ainda a sílica ativa, um pó finíssimo que sai das chaminés das fundições de ferro-silício regional, já têm seu uso consagrado no Brasil como adição no concreto, a exemplo de outros países. Alguns fabricantes de cimento já praticam sua incorporação direta ao cimento.

Os *materiais carbonáticos* são rochas moídas que apresentam carbonato de cálcio em sua constituição, como o próprio calcário. Quando presentes no cimento são conhecidos como fíler calcário. A adição de fíler cal-



Pavimento de Concreto na Serra de São Vicente, com cimento CP-III

cário causa um efeito químico e físico durante a hidratação do cimento. O efeito químico é limitado e decorre da formação de carboaluminatos, com influência na pega e na resistência, fruto da incorporação de CaCO_3 na estrutura do C-S-H, o principal composto da hidratação das pastas de cimento e que é responsável pelo desenvolvimento da resistência mecânica. O efeito físico da adição calcária se deve unicamente ao preenchimento dos poros (efeito fíler), por ser geralmente um material extremamente fino. Por apresentar moabilidade mais fácil que o clínquer, durante a moagem conjunta nos moinhos industriais, ele se concentra nas frações mais finas do cimento. Essas frações preenchem os poros e, ao mesmo tempo, promovem uma aceleração da hidratação ao se comportarem como locais de nucleação na formação dos novos compostos de hidratação, servindo para tornar os concretos e as argamassas mais trabalháveis.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS DISTINTOS TIPOS DE CIMENTO

O uso de adições - cujo teor constitui um dos critérios de classificação dos tipos de cimento - vem aumentando no mundo inteiro, inclusive no Brasil, pois contribui para diminuir as emissões específicas de CO_2 , um dos gases de efeito estufa, tema muito discutido por conta das mudanças climáticas.

A indústria brasileira de cimento apresenta níveis de emissão bastante reduzidos, o que a tem posicionado como uma das mais ecoeficientes, transformando-a em “benchmark” mundial.

Quadro 1 – Tipos básicos de cimento e sua composição normalizada

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + sulfato de cálcio	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-	-	-	ABNT NBR 5732
	CP I-S	99-95	-	1-5	-	
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	ABNT NBR 11578
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	
Alto-forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	ABNT NBR 5735
Pozolânico	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	ABNT NBR 5736
Alta resistência inicial	CP V-ARI	100-95	-	-	0-5	ABNT NBR 5733

O Quadro 1 apresenta os tipos de cimento básicos normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as respectivas composições, em função do teor de adições presentes.

Os principais tipos oferecidos no mercado, ou seja, os mais empregados nas diversas obras de construção civil são:

- cimento Portland composto com escória (CP II-E);
- cimento Portland composto com pozolana (CP II-Z);
- cimento Portland composto com material carbonático (CP II-E).

Em menor escala são consumidos, seja pela menor oferta, seja pelas características especiais de aplicação ou disponibilidades regionais, os seguintes tipos de cimento:

- cimento Portland comum (CP I);
- cimento Portland de alto-forno (CP III);
- cimento Portland pozolânico (CP IV);
- cimento Portland de alta resistência inicial (CP V).

Além dos tipos descritos, que se pode classificar como básicos, existem no mercado tipos especiais de cimento que deles derivam por apresentar propriedades adicionais, como cimento Portland resistente aos sulfatos, o cimento Portland branco, o cimento Portland de baixo calor de hidratação e o cimento para poços petrolíferos.

Os cinco tipos básicos de cimento podem então ser “resistentes aos sulfatos”, desde que se enquadrem em pelo menos uma das seguintes condições:

- 1) teor de aluminato tricálcico (C_3A) do clínquer e teor de adições carbonáticas de, no máximo, 8% e 5% em massa, respectivamente;
- 2) cimentos do tipo alto-forno que contiverem entre 60% e 70% de escória granulada de alto-forno, em massa;
- 3) cimentos do tipo pozolânico que contiverem entre 25% e 40% de material pozolânico, em massa; e



Pavimento de concreto da BR-101, com cimento CP-II Z

- 4) cimentos que tiverem antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou de obras que comprovem resistência aos sulfatos.

Desse modo, os cimentos resistentes a sulfatos são designados pelo tipo de cimento do qual se deriva, acrescido do sufixo RS. A principal propriedade característica - como o próprio nome e sigla adicionais destacam - é que eles oferecem resistência aos meios agressivos sulfatados, como redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e a alguns tipos de solos.

Podem ser usados em: concreto dosado em central, concreto de alto desempenho, obras de recuperação estrutural e industriais, concreto projetado, armado e protendido, elementos pré-moldados de concreto, pisos industriais, pavimentos, argamassa armada, argamassas e concretos submetidos ao ataque de meios agressivos, como estações de tratamento de água e esgotos, obras em regiões litorâneas, subterrâneas e marítimas.

O mesmo acontece com o Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC), que, além das siglas e classes de seu tipo, recebe o acréscimo da sigla BC. Por exemplo: CP III-32 (BC) é o Cimento Portland de Alto-Forno com baixo calor de hidratação, determinado pela sua composição. Esse tipo de cimento tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento.

Como o primeiro cimento Portland lançado no mercado



Detalhe das estruturas do vertedouro da Barragem de Castanhão, Ceará, feitas com cimento CP-IV

brasileiro foi o conhecido *CP*, correspondendo atualmente ao *CP I*, sem quaisquer adições além do sulfato de cálcio como retardador da pega, ele acabou sendo considerado, na maioria das aplicações usuais, como termo de referência para comparação com as características e propriedades dos tipos de cimento posteriormente fabricados. Seguindo o exemplo de países tecnologicamente mais avançados, surgiu no mercado brasileiro, em 1991, um novo tipo de cimento, o *cimento Portland composto*, cuja composição é intermediária entre os cimentos Portland comuns e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico). Atualmente, os cimentos Portland compostos são os mais encontrados no mercado, respondendo por quase 70% da produção industrial brasileira e são utilizados na maioria das aplicações usuais.

O Quadro 2 mostra a evolução da produção dos vários tipos de cimento, de acordo com estatística efetuada pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC.

Quadro 2 – Evolução da produção por tipo de cimento (%)

Tipo de cimento	Ano											
	1960	1970	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	
CPI	95,5	89,7	80,8	73,2	75,0	2,9	1,2	2,0	0,2	0,2	0,1	
CPII	-	-	-	-	-	74,1	79,7	65,0	66,5	63,1	61,1	
CPIII	3,8	7,6	11,4	10,1	12,3	10,9	6,5	17,5	14,4	15,2	15,4	
CPIV	-	2,1	7,5	16,2	12,5	9,4	5,8	6,6	11,6	13,4	14,8	
CPV	-	-	-	-	0,02	2,6	6,7	5,3	7,3	8,1	8,6	
Branco	-	-	-	-	0,17	0,12	0,05	0,2	-	-	-	



Pré-fabricados de concreto feitos com cimento CP-V

3. INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE CIMENTO NAS ARGAMASSAS E CONCRETOS E RECOMENDAÇÕES NAS DIFERENTES APLICAÇÕES

As propriedades dos concretos e argamassas dependem fundamentalmente das características de seus constituintes, da proporção entre eles, das condições de cura e adensamento, da sua interação com o ambiente em que está inserido, entre outras.

De forma geral, todos os tipos de cimento Portland são adequados, em sua maior parte, a todos os tipos de estrutura e aplicações.

Existem, entretanto, alguns tipos de cimento que são mais vantajosos ou recomendáveis para determinadas aplicações.

Dentro desse princípio, pode-se afirmar que os cimentos CP I e CP II se destinam a aplicações gerais, ao passo que o CP III, CP IV e ARI comportam-se melhor em algumas situações específicas.

Mantidos outros parâmetros constantes, o Quadro 3 mostra, de maneira simplificada, de que forma os diversos tipos de cimento agem sobre as argamassas e concretos de função estrutural com eles constituídos.

As influências assinaladas no Quadro 3 são relativas, podendo-se ampliar ou reduzir seu efeito sobre as argamassas e concretos por meio do aumento ou diminuição da quantidade de seus componentes, sobretudo a água e o cimento. As características dos demais componentes, que

Quadro 3 – Influência dos tipos de cimento nas argamassas e concretos

Propriedade	Tipo de cimento Portland						
	Comum e composto	Alto-forno	Pozolânico	Alta resistência inicial	Resistente aos sulfatos	Branco estrutural	Baixo calor de hidratação
Resistência à compressão	Padrão	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Muito maior nos primeiros dias	Padrão	Padrão	Menor nos primeiros dias e padrão no final da cura
Calor gerado na reação do cimento com a água	Padrão	Menor	Menor	Maior	Padrão	Maior	Menor
Impermeabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Resistência aos agentes agressivos (água do mar e de esgotos)	Padrão	Maior	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior
Durabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão	Maior

são principalmente os agregados (areia, pedra britada, pó de pedra etc.), também poderão alterar o grau de influência, sobretudo se contiverem matérias orgânicas, apresentar-sem friáveis ou mesmo potencialmente reativos ou ainda se forem fontes de substâncias deletérias ao concreto. Finalmente, podem-se usar aditivos químicos para reduzir certas influências ou aumentar o efeito de outras, quando desejado ou necessário.

Tudo isso leva à conclusão de que é necessário estudar a dosagem ideal dos componentes das argamassas e concretos a partir do tipo de cimento escolhido ou disponível na praça, de forma a estabelecer uma composição que dê o melhor resultado ao menor custo. As dosagens devem obedecer a métodos racionais comprovados na prática e que respeitem às normas técnicas aplicáveis. O mesmo deve se dar com uso dos aditivos: ser regido pelas normas de especificações da ABNT, complementadas pelas instruções dos fabricantes.

Além disso, é absolutamente fundamental fazer corretamente o adensamento e a cura das argamassas e dos concretos. O adensamento e a cura malfeitos são as principais causas de defeitos e problemas que surgem nas argamassas e nos concretos, como a baixa resistência, as trincas e fissuras, a corrosão da armadura etc. O bom adensamento é obtido através de uma vibração adequada ou do uso do concreto autoadensável. O principal cuidado que se deve tomar para obter uma cura correta é manter as argamassas e os concretos úmidos após a pega. Técnicas antigas e consagradas consistem em molhá-los com uma mangueira ou com um regador, ou então cobri-los com sacos molhados (de aniagem ou do próprio cimento), ou até mesmo colocando tábuas ou chapas de madeira molhadas sobre a superfície, de modo a impedir, durante um período mínimo de sete dias, a evaporação da água por ação do vento e do calor do sol. Atualmente se faz uso de agentes de cura, que são produtos químicos que aspergidos, por exemplo, sobre piso de pa-

vimento de concreto, protegem-no contra a evaporação brusca pela formação da película química protetora.

Em que pese a possibilidade de se ajustar, por meio de dosagens adequadas, os diversos tipos de cimento às mais diversas aplicações, a análise das suas características e propriedades, bem como de sua influência sobre as argamassas e os concretos já mostra que certos tipos são mais apropriados para determinados fins do que outros.

As principais vantagens dos cimentos Portland de alto-forno e pozolânicos estão ligadas a maior estabilidade, durabilidade e impermeabilidade, pois conferem ao concreto menor calor de hidratação, maior resistência ao ataque por sulfatos e cloretos, maior resistência à compressão em idades mais avançadas e maior resistência à tração e à flexão. Portanto, é especialmente recomendável o uso de cimentos CP III e CP IV em:

- obras de concreto-massa, como barragens e peças de grandes dimensões, fundações de máquinas, pilares etc;
- obras em contato com ambientes agressivos por sulfatos, terrenos salinos etc;
- tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos ou efluentes industriais;
- concretos com agregados reativos, pois esses cimentos concorrem para minimizar os efeitos expansivos da reação álcali-agregado;
- pilares de pontes ou obras submersas em contato com águas correntes puras;
- obras em zonas costeiras ou em água do mar;
- pavimentação de estradas e pistas de aeroportos etc.



Postes pré-fabricados de concreto feitos com cimento CP-V

Por outro lado, a menor resistência inicial dos cimentos mencionados, quando comparados com os cimentos Portland comuns, pode ser incrementada pelo uso de aditivos aceleradores do endurecimento ou por compensações na dosagem do concreto. O emprego dos cimentos CP III e CP IV deve ser cauteloso em pré-moldados com cura normal, nos casos em que se exija desforma rápida; recomenda-se nesses casos a cura a vapor. Também devem ser evitadas as concretagens em ambientes muito secos ou em temperaturas baixas. Como contém sulfetos, provenientes da escória, o cimento Portland de alto-forno não é recomendado em caldas de injeção para bainhas de protensão. No concreto protendido ou armado não há restrições de uso. Também deve ser evitado

seu uso em argamassa de assentamento de pisos e azulejos, o que pode provocar manchas no revestimento.

O cimento CPV ARI é o mais adequado para aplicações onde o requisito de elevada resistência às primeiras idades é fundamental, como na indústria de pré-moldados e, especialmente, na aplicação da protensão. No entanto, apesar de garantir um crescimento acelerado de resistência já nos primeiros dias, há um decréscimo na velocidade desse crescimento, tendendo a valores finais assintóticos próximos aos obtidos para os demais tipos de cimento a idades avançadas.

Os concretos preparados com cimento de alta resistência inicial exigem mais água para a obtenção da mesma consistência

Quadro 4 – Aplicações dos diferentes tipos de cimento Portland disponíveis no mercado

Aplicação	Tipos de cimento Portland
Argamassa de revestimento e assentamento de tijolos e blocos	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F) e Pozolânico (CP IV)
Argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos	Branco (CPB)
Concreto simples (sem armadura)	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Concreto magro (para passeios e enchimentos)	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Concreto armado com função estrutural	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto protendido com protensão das barras antes do lançamento do concreto	Composto (CP II-Z, CP II-F), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto protendido com protensão das barras após o endurecimento do concreto	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto armado para desforma rápida, curado por aspersão de água ou produto químico	De Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto armado para desforma rápida, curado a vapor ou com outro tipo de cura térmica	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento curados por aspersão de água	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural) (VER NOTA) (*)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados por aspersão de água	De Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados a vapor ou com outro tipo de cura térmica	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Pavimento de concreto simples ou armado	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Pisos industriais de concreto	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)
Concreto arquitetônico	Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Argamassa armada (*)	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Solo-cimento	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Argamassas e concretos para meios agressivos (água do mar e de esgotos)	De Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Resistente a Sulfatos
Concreto-massa	De Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e de Baixo Calor de Hidratação
Concreto com agregados reativos	Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)

Nota: (*) Dada a pouca experiência que se tem no Brasil sobre uso do CP III e do CP IV na argamassa armada, deve-se consultar um especialista antes de especificá-los para esse uso.

obtida com outros tipos de cimento. Esse comportamento demanda cautela do ponto de vista de buscar indiscriminadamente resistências mais altas às primeiras idades, sem a prática da boa tecnologia, sob pena de se enfrentar manifestações patológicas como, por exemplo, fissuras decorrentes da maior retração por secagem em condições ambientais inapropriadas.

O Quadro 4 aponta quais tipos de cimento disponíveis no mercado podem ser usados nas mais diferentes aplicações. O cimento Portland comum não consta do quadro pelo fato de estar praticamente ausente do mercado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS


O cimento Portland produzido no Brasil e disponibilizado ao mercado apresenta níveis de desempenho de excelência. Porém, sempre há desafios para a indústria de cimento.

Produzir cimento suficiente para garantir a demanda dos programas governamentais de infraestrutura e habitação é um deles, pois o cimento é a base indispensável para a construção de casas, hospitais, escolas, rodovias, ferrovias, saneamento, usinas hidroelétricas, portos, aeroportos, pontes, estádios, necessidades urbanas, etc.

O Brasil apresenta um consumo *per capita* de cimento inferior à média mundial e ao consumo de países desenvolvidos que já dispõem de infraestrutura, que é condição fundamental para o crescimento de um país

Todos os tipos de cimento produzidos no Brasil têm características que os qualificam para uso geral, no entanto, alguns tipos são mais adequados a algumas aplicações. As diferenças entre os diversos tipos de cimento buscam atender às necessidades dos consumidores e, simultaneamente, contribuir para desenvolvimento sustentável, utilizando de maneira segura e adequada subprodutos industriais, como escórias e pozolanas, que entram na composição dos cimentos compostos e dos cimentos pozolânicos e de alto-forno. Estes últimos, por exemplo, podem exigir algumas precauções para compensar o menor desenvolvimento inicial de resistência, sendo seu uso especialmente indicado para concretos em ambientes agressivos, por promoverem melhoria da durabilidade.

A melhor interação entre os diversos elementos da cadeia produtiva, com um intercâmbio mais intenso de informações, pode possibilitar o melhor aproveitamento das potencialidades que o cimento e os produtos com ele elaborados oferecem. ●



**Contribuímos com
soluções sustentáveis
e duradouras.**

A Penetron Brasil oferece soluções diferenciadas para proteção e impermeabilização de estruturas de concreto.



Penetron Brasil

(12) 3159-0060
penetron.com.br
info@penetron.com.br



Evolução da normalização, finura e resistência à compressão dos cimentos Portland brasileiros

ARNALDO FORTI BATTAGIN – GEÓLOGO, GERENTE DO LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA
FLAVIO ANDRÉ CUNHA MUNHOZ – MESTRE EM ENGENHARIA, SUPERVISOR DO LABORATÓRIO DE CIMENTO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

INÊS LARANJEIRA S. BATTAGIN – ENGENHEIRA CIVIL, SUPERINTENDENTE COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

1. INTRODUÇÃO

O berço mundial do cimento Portland foi a Inglaterra, onde, em 1824, o pedreiro Joseph Aspdin patenteou o resultado de suas experiências queimando calcário e argila finamente moídos e misturados a altas temperaturas, que, depois de resfriados, eram submetidos à moagem final. Denominou o pó obtido desse processo de Cimento Portland, em analogia à coloração cinza de uma rocha calcária muito utilizada como material de construção na ilha de Portland ao sul da Inglaterra.

Os avanços tecnológicos foram expressivos no mundo todo, mas o princípio de fabricação do cimento, contudo, permaneceu o mesmo até os nossos dias, ou seja, calcário e argila calcinados a altas temperaturas, com adição de sulfato de cálcio para regular a pega e uso cada vez mais frequente de adições.

A melhoria da qualidade do cimento decorreu principalmente de avanços tecnológicos dos equipamentos e dos projetos de fornos, que aumentaram a uniformidade do clínquer e das técnicas de controle.

A Alemanha, que iniciou a produção comercial de cimento Portland em 1855, foi a precursora na realização de análises químicas sistemáticas de toda matéria-prima utili-

zada a partir de 1871 e, na segunda metade do século XIX, foi o principal centro de desenvolvimento de métodos de ensaio para o cimento.

O início da produção de cimento Portland de alto forno data de 1892, na Alemanha, ao passo que o cimento Portland pozolânico apenas em 1923 começaria a ser industrializado na Itália. Em 1976, a França foi a precursora na produção de cimentos com fíler calcário.

As diferentes composições desses cimentos, bem como propriedades específicas de outros tipos no que se refere aos quesitos de desenvolvimento de resistência, coloração ou resistência a meios agressivos, ou ainda desenvolvimento de calor durante a hidratação, serviram de base para a classificação dos tipos de cimentos e sua respectiva normalização técnica.

As questões ligadas à normalização técnica na Europa sempre acompanharam de perto o desenvolvimento industrial. Em 1947, assistiu-se à fundação da ISO – *International Organization for Standardization* e, em 1975, do CEN – Comitê Europeu de Normalização.

No Brasil, até 1926, praticamente todo o cimento consumido era importado, proveniente de países europeus (Bélgica, Alemanha, Dinamarca, França e Grã-Bretanha). Até então,

apenas algumas tentativas regionais de produção de cimento no País haviam ocorrido e logo malogrado em função principalmente da dificuldade em competir com o produto importado, localização dos empreendimentos longe dos centros de consumo da época e até mesmo de problemas de qualidade.

A partir de meados dos anos 20 e anos 30 do século XX, ocorreu no Brasil uma importante fase de desenvolvimento industrial, possibilitando a instalação definitiva das fábricas de cimento, cuja precursora foi a Companhia Brasileira de Cimento Portland, depois denominada Companhia de Cimento Portland Perus, hoje desativada por obsolescência.

A necessidade de integração nacional para o fortalecimento da indústria cimenteira no Brasil estimulou a criação, pelas cinco fábricas existentes em 1936, de uma

associação técnica para dar suporte às atividades desenvolvidas pelo Setor e para o atendimento ao meio técnico nacional na utilização do produto. Assim, em dezembro daquele ano, foi fundada a Associação Brasileira de Cimento Portland, que iniciou suas atividades em um escritório no Edifício “A Noite”, maior estrutura em concreto armado no mundo, quando foi concluído em 1929, na cidade do Rio de Janeiro. A sede da ABCP mudou-se em 1938 para São Paulo, desenvolvendo seus trabalhos em instalações na Rua Barão de Itapetininga e outros locais do centro da cidade até 1976, quando passou a ocupar o Centro Tecnológico do Cimento (CTC), construído próximo à Cidade Universitária, em terreno de 15 000 m², onde se encontra instalada atualmente.

OS FATOS QUE MARCARAM O CRESCIMENTO DA INDÚSTRIA DE CIMENTO NO BRASIL, A CRIAÇÃO DE ENTIDADES E DE PROGRAMAS DE QUALIDADE ESTÃO CRONOLÓGICAMENTE RESUMIDOS A SEGUIR E POSSIBILITAM A ANÁLISE DA ATUAL DIVERSIDADE DE PRODUTOS EXISTENTES NO MERCADO, BEM COMO SUA INTER-RELAÇÃO COM AS NORMAS DE ESPECIFICAÇÃO DOS DISTINTOS TIPOS DE CIMENTO.

- | | |
|---|--|
| 1926 – Primeira fábrica de cimento no Brasil e primeira partida de Cimento Portland Comum | 1991 – Publicação das especificações de Cimento Portland, adotando-se as novas terminologias de classificação (CPI a CP V-ARI) |
| 1936 – Fundação da ABCP | 1991 – Criação do Selo da Qualidade ABCP para cimento |
| 1937 – Primeiras normas técnicas brasileiras MB-1 e EB-1 | 1992 – Revisão da ABNT NBR 5737 (Especificação de Cimento Portland resistente a sulfatos) |
| 1940 – Fundação da ABNT e publicação das NB-1 e EB-2 (Especificação de Cimento Portland de Alta-Resistência Inicial) | 1993 – Publicação da ABNT NBR 12989 (Especificação de Cimento Portland Branco) e da ABNT NBR 9831 (Especificação de Cimento Portland para Poços Petrolíferos) |
| 1952 – Primeira partida de Cimento Portland de Alto Forno (AF) produzida no Brasil | 1994 – Publicação da NBR 13116 (Especificação de Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação) |
| 1953 – Fundação do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) | 1996 – Criação do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) |
| 1954 – Primeira partida de Cimento Portland de Alta-Resistência Inicial (ARI) produzida no Brasil | 1998 – Selo da Qualidade passa a integrar o PSQ- Programa Setorial da Qualidade do Cimento do PBQP-H |
| 1955 – Primeira partida de Cimento Branco (CPB) produzida no Brasil | 1999 – Criação da Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento (em inglês CSI), em parceria com o WBCSD (sigla em inglês do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável). |
| 1966 – Publicação da EB-208 (Especificação de Cimento Portland de Alto Forno) | 2001 – Crise de energia elétrica (apagão) |
| 1969 – Primeira partida de Cimento Portland Pozolânico (POZ) produzida no Brasil | 2006 – Revisão da ABNT NBR 9831 (Especificação de Cimento Portland para Poços Petrolíferos) |
| 1973 – Primeira crise do Petróleo | 2009 – Cimento Portland é o produto da cesta de materiais de construção com maior índice de conformidade pelo PBQP-H (99,2%) |
| 1974 – Publicação da EB-758 (Especificação de Cimento Portland Pozolânico) | 2011 – Debates no Congresso Internacional de Química do Cimento em Madrid estimulam o uso dos cimentos como adições como parâmetro de sustentabilidade |
| 1977 – Adição de 10% de escória no Cimento Portland Comum, estabelecida em norma do produto | 2012 – Novas normas norte-americanas, canadenses, mexicanas, argentinas, etc com teores mais expressivos de adições já são realidade no mercado de cimento |
| 1977 – Cimento é o primeiro produto a obter Marca de conformidade da ABNT | 2013 – O Brasil destaca-se como o quarto produtor mundial de cimento |
| 1979 – Segunda crise do Petróleo | |
| 1980 – Adequação das Normas Técnicas ao Sistema Internacional de Unidades (modificação na denominação das classes do cimento) | |
| 1988 – Publicação das novas normas de cimento Portland comum (CPS, CPE e CPZ) | |
| 1991 – Publicação da EB-2138 (Especificação de Cimento Portland Composto - CPII) | |

Com participação ativa da ABCP e de outros institutos de renome, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), foram elaborados os primeiros textos normativos do País, estabelecendo as características dos cimentos nacionais e os métodos de ensaio para sua determinação. Esses documentos ganharam o status de Normas Técnicas (EB-1) e (MB-1) por decreto do então presidente Getúlio Vargas, em 1937, antes da fundação da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que data de 1940, e passa, então, a coordenar todas as atividades de normalização. Paralelamente, foi desenvolvida a primeira norma brasileira de projeto e execução de estruturas de concreto (NB-1), cuja publicação ocorreu na própria reunião de fundação da ABNT.

2. EVOLUÇÃO DAS NORMAS DE ESPECIFICAÇÃO DE CIMENTOS NO BRASIL

Acompanhando sempre as modernas tendências europeias de fabricação de cimento, as fábricas brasileiras evoluíram, passando a aproveitar materiais como as pozolanas e as escórias siderúrgicas de natureza básica, que modificam algumas características do cimento, permitindo, por meio de processos de beneficiamento e controles de qualidade de excelência, a obtenção de produtos destinados a diversas aplicações. O uso das quantidades adequadas de materiais carbonáticos, finamente moídos e incorporados ao cimento durante o processo de fabricação,

melhora também algumas de suas propriedades, conferindo ao concreto com ele preparado mais trabalhabilidade, o que possibilita melhor adensamento, sem prejuízo das demais propriedades.

Esse processo foi sempre acompanhado pela normalização técnica, que tem servido de base à aplicação dos produtos e compósitos de cimento Portland, seguindo as tendências internacionais. Mais especificamente no caso do cimento Portland, as Normas Brasileiras sempre foram inspiradas no modelo europeu, com as devidas adaptações à realidade brasileira, estabelecendo no País a cultura do uso de cimentos compostos e garantindo ao consumidor o atendimento a requisitos de qualidade para obtenção de características adequadas do produto adquirido.

Estimulada pelas normas técnicas, pelos avanços tecnológicos e demandas de uma sociedade mais consciente do ponto de vista ambiental, a produção brasileira de cimento evoluiu como mostra a Tabela 1.

Os cimentos Portland comuns que eram predominantes até o início da década de 1990, foram gradativamente substituídos pelos cimentos Portland compostos, que atualmente respondem por mais de 60% do consumo de cimento no Brasil.

Na sequência, discorre-se sobre a evolução das normas dos diversos tipos de cimento ao longo do tempo, que concorreram como um dos parâmetros para se chegar ao atual perfil da produção de cimento no País.

Tabela 1 – Evolução da produção por tipo de cimento (%)

Ano	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V	Branco
1960	95,5	-	3,8	-	-	-
1965	95	-	4,4	-	-	-
1970	89,7	-	7,6	2,1	-	-
1975	86,9	-	7,1	5,4	0,2	-
1980	80,8	-	11,4	7,5	-	-
1985	73,2	-	10,1	16,2	-	-
1990	75	-	12,3	12,5	0,02	0,17
1995	2,9	74,1	10,9	9,4	2,6	0,12
2000	1,2	79,7	6,5	5,8	6,7	0,05
2005	2	65	7,5	6,6	5,3	0,2
2007	2,2	63,9	6,4	8,3	6,9	0,2
2008	0,6	64	7,2	11,1	6,9	0,2
2009	0,2	66,7	6,4	10	6,7	0
2010	0,2	66,5	4,4	11,6	7,3	0
2011	0,2	63,1	5,2	13,4	8,1	0
2012	0,1	61,1	5,4	14,8	8,6	0

Fonte:SNIC, 2013

Tabela 2 – Evolução da normalização dos cimentos Portland comum e composto no Brasil

	Ano	Tipo de cimento	Classe	Quantidade de adições na produção	Resistência mínima					
					Unidade	3 dias	7 dias	28 dias		
Cimento Portland comum	1937	CP	250	0	(kgf/cm ²)	80	150	250		
	1973	CP	250	0	(kgf/cm ²)	80	150	250		
			320	0		100	200	320		
	1977	CP	400	0	(kgf/cm ²)	140	240	400		
			250	10% escória		80	150	250		
			320	10% escória		100	200	320		
	1988	CP S CP E CP Z	25, 32 e 40 para cada tipo	5% material carbonático 10% escória 10% material pozolânico	MPa	Mantidos os limites de 1977, em MPa				
						400	0	140	240	400
						25	0	8	15	25
	1991	CP I	32	0	MPa	10	20	32		
40						25	40			
25						5% escória ou	8	15	25	
32						5% material pozolânico ou	10	20	32	
Cimento Portland composto	1991	CP II-E	6% a 34% escória e até 10% material carbonático	MPa	15	25	40			
					25	6% a 14% material pozolânico e até 10% material carbonático	8	15	25	
					32	6% a 10% material carbonático	10	20	32	
	1991	CP II-Z	40	6% a 10% material carbonático	MPa	15	25	40		
						25	6% a 10% material carbonático	8	15	25
						32	6% a 10% material carbonático	10	20	32
						40	6% a 10% material carbonático	15	25	40

2.1 NORMALIZAÇÃO E APLICAÇÃO DOS CIMENTOS PORTLAND COMUM E COMPOSTO

A busca por escolhas corretas sob os pontos de vista técnico, ecológico e econômico, orientou a gradativa migração na fabricação em grande escala do cimento Portland comum para o cimento Portland composto (Tabela 1). As principais razões para a utilização de adições aos cimentos devem-se:

- à diminuição do consumo energético específico na fabricação do cimento que esses materiais proporcionam, contribuindo para a economia de combustíveis;
- às propriedades específicas que acarretam ao cimento, em especial a durabilidade, com aplicações vantajosas sobre o cimento comum;
- a razões ecológicas, com o aproveitamento de rejeitos industriais poluidores;
- a razões estratégicas, evitando que as jazidas de calcário sejam exauridas prematuramente;
- à diminuição das emissões de CO₂.

A Tabela 2 mostra a evolução da normalização de Ci-

mento Portland Comum (ABNT NBR 5732 e EB-1) e de Cimento Portland composto (ABNT NBR 11578).

2.2 EVOLUÇÃO DA NORMALIZAÇÃO DOS CIMENTOS PORTLAND DE ALTO FORNO E POZOLÂNICO

De uma maneira geral, os cimentos com adições têm, para as aplicações rotineiras e convencionais, desempenho comparável ao dos cimentos Portland comuns, sendo que, para certos tipos de obras, apresentam algumas vantagens, principalmente nos aspectos de durabilidade.

As Tabelas 3 e 4, respectivamente, mostram a evolução da normalização do Cimento Portland de Alto Forno (ABNT NBR 5735, antiga EB-208) e do Cimento Portland Pozolânico (ABNT NBR 5736, antiga EB-758).

2.3 EVOLUÇÃO DA NORMALIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL

O cimento CP V ARI é o mais adequado para aplicações

Tabela 3 – Evolução da normalização de cimento Portland de alto forno (CP III) no Brasil

Ano	Quantidade de adições na produção	Unidade	Classe	Resistência mínima			
				3 dias	7 dias	28 dias	90 dias*
1966	25% a 65% de escória	(kgf/cm ²)	250	80	150	250	-
1974	25% a 65% de escória	(kgf/cm ²)	250	80	150	250	320
			320	100	200	320	400
1987	35% a 70% de escória até 5% material carbonático	MPa	25	8	15	25	32
			32	10	20	32	40
			40	12	23	40	48
1991	35% a 70% de escória até 5% material carbonático	MPa	25	8	15	25	32
			32	10	20	32	40
			40	12	23	40	48

* Opcional, determinado aos 90 dias na EB-208:1974 e aos 91 dias na ABNT NBR 5735:1987 e 1991.

* Quantidade de adições em relação à massa total de cimento. O gesso, adicionado para regular a pega, não está considerado nos limites estabelecidos para o aporte de adições.

onde o requisito de elevada resistência às primeiras idades é fundamental, alcançando valores de resistências mecânicas à compressão aos 7 dias que os demais tipos demoram em média 28 dias.

A Tabela 5 mostra de forma sintética a evolução da normalização de Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (ABNT NBR 5733, antiga EB-2).

A evolução da normalização dos diversos tipos de cimento foi apresentada enfocando apenas os tipos e classes dos cimentos correntes, as quantidades permitidas de adições durante o processo de fabricação e os valores mínimos de resistência à compressão.

A Tabela 6 resume as exigências físicas e mecânicas estabelecidas atualmente em norma para todos os tipos de Cimento Portland produzidos no Brasil e a Tabela 7 mostra as exigências químicas para esses cimentos.

3. QUALIDADE DO CIMENTO E A EVOLUÇÃO DA ÁREA ESPECÍFICA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O uso indiscriminado de adição de materiais não conhecidos ou controlados, sem adequado beneficiamento, quando adicionados ao cimento fora do processo de fabricação ou quando introduzidos diretamente no concreto, pode resultar em propriedades ligantes menores do que as esperadas e, quando muito, comportar-se como material inerte, requerendo maiores quantidades de água, o que pode provocar diminuição na durabilidade de estruturas. Daí a necessidade de controles rotineiros de qualidade, tanto nas matérias-primas quanto nos produtos finais. No caso do cimento Portland de alto forno (CP III) e do cimento Portland composto com adição de escória de alto forno (CP II-E), as características das escórias devem ser controladas por ensaios específicos, devendo ser verificado seu grau

Tabela 4 – Evolução da normalização de cimento Portland pozolânico (CP IV) no Brasil

Ano	Quantidade de adições na produção	Unidade	Classe	Resistência mínima			
				3 dias	7 dias	28 dias	90 dias*
1974	10% a 40% de pozolana	(kgf/cm ²)	250	70	150	250	320
			320	100	180	320	400
1986	15% a 40% de pozolana	MPa	25	7	15	25	32
			32	10	18	32	40
1991	15% a 50% de pozolana até 5% de material carbonático	MPa	25	8	15	25	32
			32	10	18	32	40

* Opcional, 90 dias na EB-208/1974 e 91 dias na ABNT NBR 5733/1987.

* Quantidade de adições em relação à massa total de cimento. O gesso, adicionado para regular a pega, não está considerado nos limites estabelecido para o aporte de adições.

Tabela 5 – Evolução da normalização de cimento Portland de alta resistência inicial (CP V ARI) no Brasil

Ano	Quantidade de adições na produção*	Resistência mínima		
		1 dia	3 dias	7 dias
1940	1% de qualquer material	110 kgf/cm ²	220 kgf/cm ²	310 kgf/cm ²
1974	0	110 kgf/cm ²	220 kgf/cm ²	310 kgf/cm ²
1991	5% de material carbonático	14 MPa	24 MPa	34 MPa

* Quantidade de adições em relação à massa total de cimento. O gesso, adicionado para regular a pega, não está considerado nos limites estabelecidos para o aporte de adições.

de vitrificação, reatividade, granulometria, além da atuação conjunta com o clínquer, trabalho que a ABCP, por exemplo, desenvolve rotineiramente.

Por sua vez, as pozolanas são materiais silicosos ou sílico-aluminosos que, por si só, não possuem propriedades aglutinantes; quando em presença de água, durante a preparação de concreto ou argamassa, esses materiais pozolânicos reagem com o hidróxido de cálcio, dando origem a compostos aglomerantes. No processo de fabricação do cimento Portland Pozolânico (CP IV) e do cimento Portland composto com adição de materiais pozolânicos (CP II-Z), as adições são submetidas à comprovação de suas propriedades pozolânicas, verificadas por ensaios específicos.

Felizmente, o cimento, que foi primeiro produto brasileiro a ter suas características garantidas por sistema de

certificação (Marca de Conformidade e Selo de Qualidade ABCP), exibe atualmente um dos maiores índices de conformidade às normas técnicas da ABNT dentre todos os materiais de construção, conforme o Programa Setorial da Qualidade do Cimento, do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Para atingir esse patamar, foram e são necessários inúmeros ensaios, cuja síntese do tratamento estatístico é mostrada neste trabalho com base no banco de dados da ABCP, para comprovar a evolução e tendências nas propriedades de resistência e finura ao longo do tempo.

Preliminarmente, contudo, julga-se oportuno tecer esclarecimentos quanto aos fundamentos teóricos da resistência à compressão do cimento, pois as mais importantes propriedades ligadas ao uso do cimento são a resistência

Tabela 6 – Exigências físicas e mecânicas

Tipo de cimento Portland	Classe	Finura		Tempos de pega (h)		Expansibilidade (mm)		Resistência à compressão (MPa)				
		Resíduo peneira 75µm (%)	Área específica (m ² /kg)	Início	Fim	A frio	A quente	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	91 dias
CP I	25	≤12,0	≥240	≥1	≤10 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	-
	32		≥260					≥10	≥20	≥32	-	
	40		≥280					≥15	≥25	≥40	-	
CP II-E	25	≤12,0	≥240	≥1	≤10 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	-
	32		≥260					≥10	≥20	≥32	-	
	40		≥280					≥15	≥25	≥40	-	
CP II-Z	25	≤12,0	≥240	≥1	≤10 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	≥32 ¹
	32		≥260					≥10	≥20	≥32	≥40 ¹	
	40		≥280					≥12	≥23	≥40	≥48 ¹	
CP II-F	25	≤10,0	≥240	≥1	≤10 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	≥32 ¹
	32		≥260					≥10	≥20	≥32	≥40 ¹	
	40		≥280					≥12	≥23	≥40	≥48 ¹	
CP III ²	25	≤8,0	-	≥1	≤12 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	≥32 ¹
	32		≥10					≥20	≥32	≥40 ¹		
	40		≥12					≥23	≥40	≥48 ¹		
CP IV ²	25	≤8,0	-	≥1	≤12 ¹	≤5 ¹	≤5	-	≥8	≥15	≥25	≥32 ¹
	32		≥10					≥20	≥32	≥40 ¹		
CPV-ARI	-	≤6,0	≥300	≥1	≤10 ¹	≤5 ¹	≤5	≥14	≥24	≥34	-	-

¹ Ensaio facultativo

² Outras características podem ser exigidas, como calor de hidratação, inibição da expansão devido à relação álcali-agregado, resistência a meios agressivos, tempo máximo de início de pega.

mecânica e a trabalhabilidade, com um compromisso precípuo de garantia da durabilidade.

A resistência mecânica do cimento depende de uma série de características, tais como: reatividade do clínquer, relação a/c, condições de cura, distribuição granulométrica das partículas, teor de adições minerais, entre outras.

A resistência à compressão, medida em laboratório através do método ABNT NBR 7215, chamada resistência à compressão normal, estabelece uma relação a/c fixa de 0,48 e condições de cura padronizadas, de modo que a distribuição granulométrica do cimento e o teor de adição vão influir mais decisivamente no desenvolvimento da resistência dos corpos de prova. Com o aumento da área específica Blaine, obtém-se maior resistência. Entretanto, o aumento da resistência pode ser alcançado também com o mesmo valor de Blaine, porém com uma curva de distribuição granulométrica de partículas mais fechada. A grande vantagem de utilização de cimento com valores de finura Blaine mais baixos (mais grossos) e curvas granulométricas mais fechadas é a economia de energia elétrica nos moinhos. Por outro lado, maiores valores de Blaine e curva granulométrica mais estreita aumentam o teor de água requerida para uma mesma trabalhabilidade. Esse fato não tem repercussão no valor de resistência normal (pois a relação a/c é fixa), porém pode acarretar transtornos na reologia do concreto e levar ao aparecimento de manifestações patológicas.

Análises de distribuição de tamanho de partículas por analisador de difração a laser podem indicar rapidamente as-

pectos sobre o desempenho do produto, bem como a própria eficiência dos separadores e moinhos das fábricas de cimento.

Assim, partículas com dimensões menores que 2µm não são desejáveis, pois contribuem apenas para o aumento do requerimento de água, pouco influenciando na resistência. Já, as partículas superiores a 50µm comportam-se praticamente como inertes, sendo desejável que 60% a 70% das partículas situem-se na faixa de 3µm a 30µm.

Portanto, depreende-se que não há interesse da indústria cimenteira em aumentar deliberadamente a finura do cimento, pois esse fato, além de antieconômico como mencionado, pode acarretar comportamento reológico anômalo. Já, com relação ao uso de adições ativas, verifica-se tendência crescente, tanto no passado, estimulada principalmente pela diminuição da dependência de importação de óleo combustível (crises do petróleo de 1973 e 1979), quanto atualmente, com forte apelo ambiental, um dos pilares do desenvolvimento sustentável, sem nunca negligenciar em qualquer época as grandes vantagens técnicas auferidas ao produto final.

Com base nos valores médios de todas as amostras analisadas para o Selo de Qualidade ABCP, as Figuras 1 a 7 mostram o desenvolvimento da resistência à compressão dos distintos tipos e classes de cimentos mais produzidos no Brasil nas últimas quatro décadas e apresentam também o comportamento da área específica nesse mesmo período. Os valores médios representam os resultados de 5801 amostras.

Na Figura 1, que mostra o desempenho do cimento Portland comum (mais de 75% de todo o cimento produzido e

Tabela 7 – Exigências químicas

Tipo de cimento Portland	Resíduo insolúvel (%)	Perda ao fogo (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	CO ₂ (%)	S (%)
CP I	≤1,0	≤2,0			≤1,0	-
CP I-S	≤5,0	≤4,5	≤6,5	≤4,0	≤3,0	-
CP II-E	≤2,5					-
CP II-Z	≤16,0	≤6,5	≤6,5	≤4,0	≤5,0	-
CP II-F	≤2,5					-
CP III	≤1,5	≤4,5	-	≤4,0	≤3,0	≤1,0 ¹
CP IV ^{2 e 3}	- ⁴	≤4,5	≤6,5	≤4,0	≤3,0	-
CPV-ARI	≤1,0	≤4,5	≤6,5	≤3,5 para C ₃ A≤8% ≤4,5 para C ₃ A>8%	≤3,0	-

¹ Ensaio facultativo.

² A atividade pozolânica do cimento, determinada conforme ABNT NBR 5753, deve ser positiva.

³ A atividade do material pozolânico, determinada conforme ABNT NBR 5752, deve ser maior que 75%.

⁴ O teor de material pozolânico deve ser determinado pelo ensaio de resíduo insolúvel.

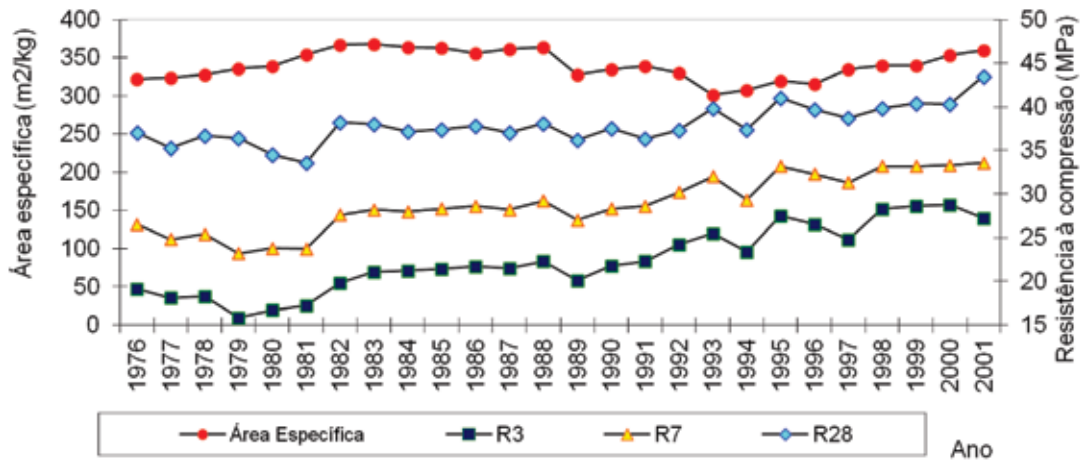


Figura 1 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland comum (CP I-S-32) (Fonte: ABCP)

comercializado no País nas décadas de 70 e 80), verifica-se aumento da área específica com a crise mundial do petróleo (1979), período em que a indústria de cimento buscava alternativas energéticas nacionais para o óleo importado, havendo a necessidade de cominuir o cimento a finuras mais elevadas, de forma a manter as demais características do produto, já que a normalização técnica passou a admitir até 10% de escória nesse tipo de cimento (1977). Mesmo assim, os valores médios de resistência à compressão experimentaram pequena queda no biênio 79/80, passando de valores da ordem de 37 MPa para 35 MPa, assim mesmo ultrapassando o mínimo exigido por Norma, de 32 MPa. Com

a experiência adquirida nesse período e dotando as fábricas de separadores de alta eficiência, foi possível chegar a curvas granulométricas adequadas, sem comprometimento da resistência ou de outras propriedades do cimento, retornando à prática de valores médios mais baixos para a área específica, com a manutenção e até relativo aumento dos valores de resistência à compressão. Há mais de dez anos, a participação do cimento Portland comum é inexpressiva no mercado brasileiro, destinando-se a aplicações específicas e sendo comercializado sob demanda especial.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram as características do cimento Portland composto subtipos II-F, II-E e II-Z,

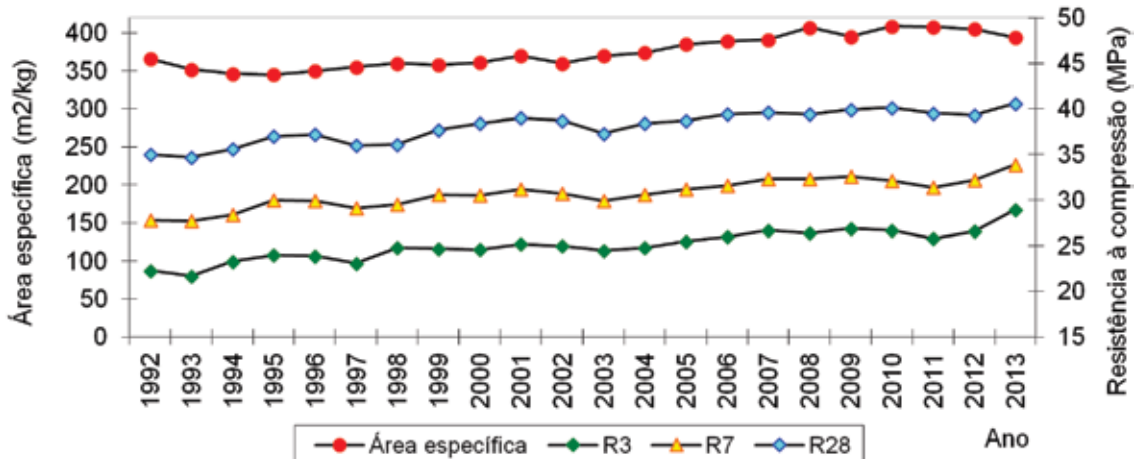


Figura 2 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland Composto CP II-F-32 (Fonte: ABCP)

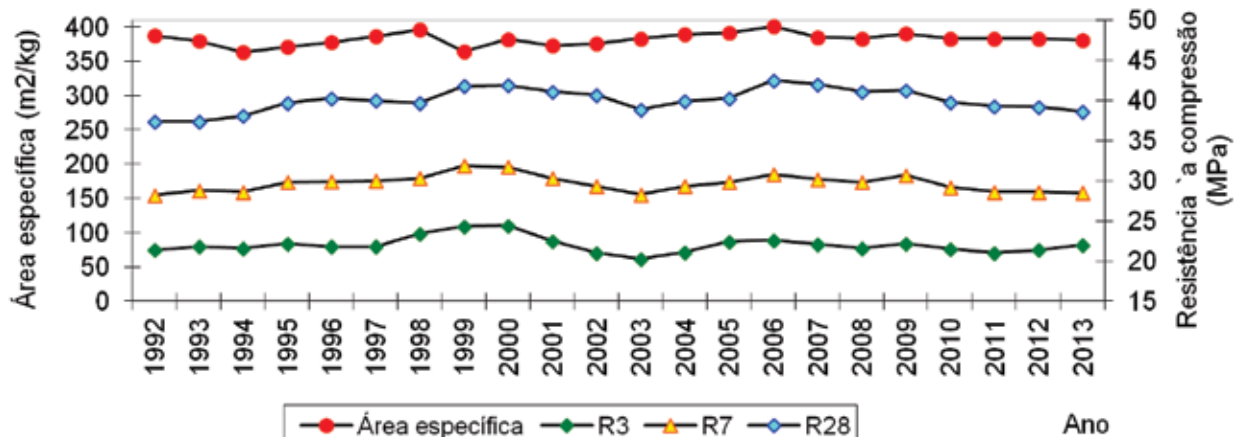


Figura 3 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland Composto CP II-E-32 (Fonte: ABCP)

respectivamente, que após sua normalização em 1991, passou a ser o tipo de cimento mais produzido e comercializado no Brasil, substituindo na maior parte das aplicações o cimento Portland comum, como se verifica na Tabela 1.

A Figura 2 evidencia que o cimento Portland composto com adição de material carbonático nos teores normalizados tem apresentado valores médios ligeiramente crescentes de área específica até o ano de 2008, quando então se estabiliza em torno de 400 m²/kg. A resistência à compressão acompanha essa tendência com variação entre o início dos anos 90 para os últimos 5 anos da ordem de 5 MPa para as idades até 28 dias).

A Figura 3 mostra que a área específica do cimento

Portland composto com adição de escória granulada de alto forno (CP II-E), expressa em valores médios, é um pouco maior do que a verificada para o CP II-F. Os valores desse parâmetro mantiveram-se constantes nos últimos anos ao redor de 390 m²/kg, com aumento da resistência à compressão aos 28 dias (37 MPa para 42 MPa), o que demonstra melhoria na reatividade do produto nos últimos anos.

Com a crise energética de 2001, as fábricas de cimento optaram ou por aumentar o teor de adições, mantendo a área específica, ou manter o teor de adições, diminuindo a área específica. Qualquer uma dessas escolhas levou a ligeira diminuição da resistência aos 3 dias.

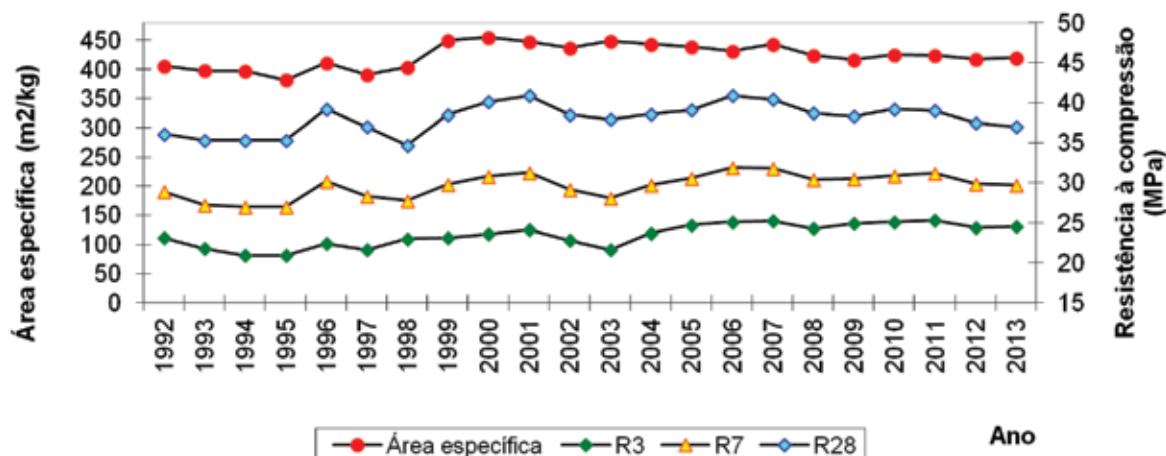


Figura 4 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland Composto CP II-Z-32 (Fonte: ABCP)

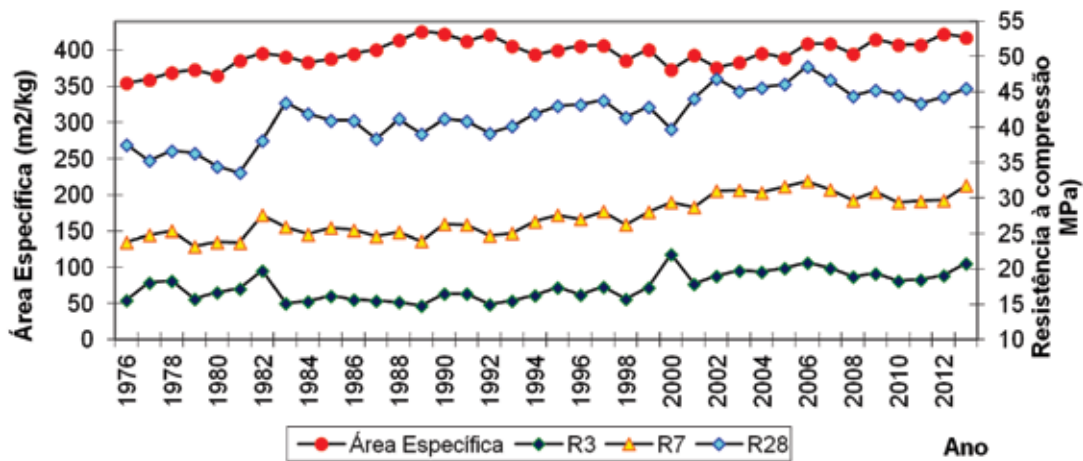


Figura 5 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland de alto forno (CP III-32) (Fonte: ABCP)

Uma das características do cimento Portland composto com adição de material pozzolânico (CP II-Z) é sua maior área específica, comparativamente aos outros tipos de cimentos compostos, em função da granulometria do tipo de adição. Verifica-se, na Figura 4, valores médios crescentes de área específica até o ano 2000, com pequeno decréscimo a partir desse ano, acompanhado por pequenas oscilações da resistência à compressão, que, aos 28 dias, alcança valores próximos a 37 MPa, em 2013.

A manutenção das características apresentadas na Figura 5 na última década para o CP III e o cumprimento das exigências estabelecidas em norma, com valores médios de

resistência à compressão aos 28 dias que ultrapassam em muito os limites mínimos, atingindo a casa dos 45 MPa, sendo mantida a área específica próxima de 400 m²/kg, demonstra a qualidade desse tipo de cimento.

O comportamento do CP IV, mostrado na Figura 6, é similar ao do CP II-Z, valendo as mesmas observações, verificando-se, porém, valores médios mais elevados de área específica em função da maior quantidade de material pozzolânico adicionado. Nota-se um aumento gradativo da finura na última década, nem sempre acompanhado de aumento da resistência, que, no entanto, sempre ultrapassou largamente os limites mínimos de norma.

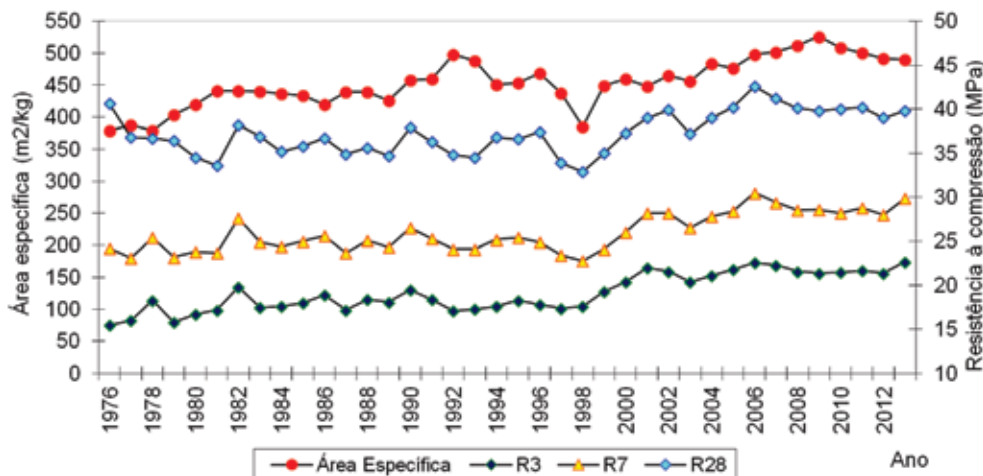


Figura 6 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland pozzolânico (CP IV-32) (Fonte: ABCP)

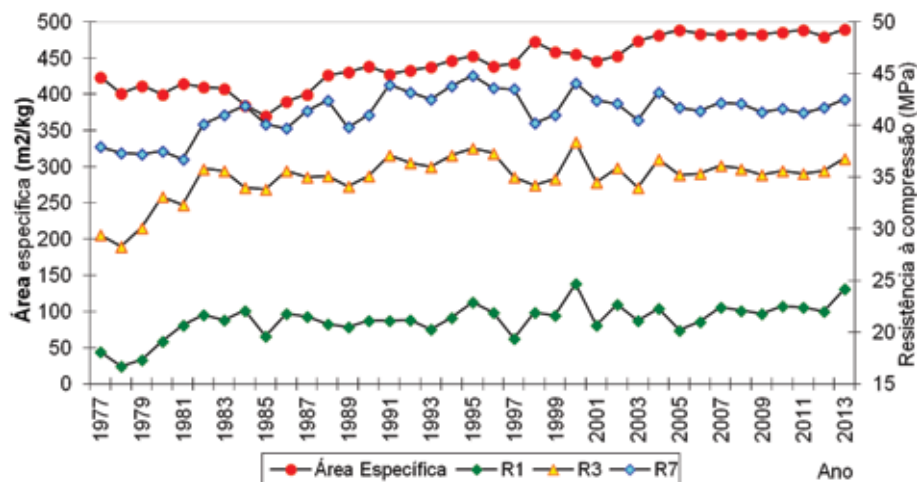


Figura 7 – Evolução da resistência à compressão e da área específica do cimento Portland de alta resistência inicial (CP V) (Fonte: ABCP)

O cimento Portland de alta resistência inicial tem, como uma de suas características, a maior finura, se comparado a outros tipos de cimento, como se verifica na Figura 7. Como já explicitado anteriormente, é um tipo de cimento que atende às necessidades de resistência nas primeiras idades, mas requer cuidados maiores com o processo de cura. A elevada resistência a 1 dia é evidenciada na Figura 7.

4. EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS CIMENTOS A DISTINTAS IDADES DE 2000/2013

Existe uma percepção no mercado de que a evolução da resistência mecânica à compressão dos diferentes tipos de cimento teria mudado o padrão de comportamento, principalmente no que diz respeito ao ganho de resistência de 28 para 91 dias.

Com base na compilação de resultados de ensaios realizados na Associação Brasileira de Cimento Portland, são mostradas as Tabelas 8 e 9, cujas informações visam esclarecer o meio técnico com dados estatísticos, contrapondo-se a divulgações parciais e pontuais. Constituem resultados de aproximadamente 5400 amostras representados por cimentos fabricados por todas as unidades brasileiras das diferentes regiões do País.

As Tabelas 8 e 9 mostram que a evolução da resistência mecânica de 1 dia a 91 dias depende expressivamente do tipo de cimento.

Essas tabelas mostram ainda, como era esperado, que o cimento CPV ARI apresenta a 1 dia cerca de 50% da resistência que irá atingir aos 28 dias e, aos 91 dias, o

Tabela 8 – Resultados de resistência à compressão dos cimentos brasileiros, em função da idade

Tipo de cimento	Resultados de resistência à compressão, em MPa, em função da idade							
	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	63 dias	91 dias	180 dias	360 dias
CP II-E-32	9,6	21,7	29,5	40,4	44,8	50,2	54,1	54,2
CP II-F-32	13,2	25,9	31,6	39,1	42,8	45,3	48,0	50,3
CP II-E-40	(*)	28,2	36,7	47,7	50,5	55,6	59,1	(*)
CP II-Z-32	12,4	24,4	30,5	38,9	41,3	43,2	47,3	49,4
CP III-32	6,7	16,7	27,3	42,0	48,9	51,6	55,8	56,6
CP III-40	10,5	21,9	33,6	48,7	54,1	56,6	60,8	60,9
CP IV-32	12,2	21,8	28,7	40,0	43,3	45,7	50,5	52,9
CP V-ARI	24,7	37,5	43,0	50,3	52,6	55,4	57,8	59,1
CP V-ARI RS	19,8	33,6	40,5	50,2	53,5	56,6	58,2	63,1

(*) Não se dispõe de dados suficientemente estatísticos

crescimento é de 10% do registrado aos 28 dias, um pouco maior quando esse cimento é RS, pois geralmente contem escória de alto forno, componente reconhecidamente de taxa de hidratação mais lenta e, por esse motivo, apresenta cerca de 40% a um dia da resistência a ser atingida aos 28 dias.

No outro extremo, o CP III-32 mostra que a evolução de resistência é superior a 20% aos 91 dias em relação aos 28 dias, chegando a 35% em um ano. A um dia, esse tipo de cimento apresenta apenas 16% da resistência que irá atingir aos 28 dias.

Esses resultados corroboram o que estabelece a ABNT NBR 6118:2014 em seu item 12.3.3 com relação ao crescimento esperado dos concretos preparados com cada tipo de cimento Portland, desconsiderando outras variáveis além do desempenho do próprio cimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças verificadas nas últimas décadas na produção de cimento não repercutiram em alterações significativas na finura e na resistência mecânica quando se compararam o mesmo tipo de cimento. O que mudou efetivamente foi a participação porcentual de cimentos caracteristicamente mais finos no mercado, como o CP V ARI e os cimentos com expressivos teores de adições (CP III e CP IV) em relação aos cimentos compostos (CP II-F, CP II-E e CP II-Z), os mais consumidos no Brasil, gerando a percepção errônea de que os cimentos estão mais finos e, portanto, podendo gerar concretos ou argamassas susceptíveis a maior fissuração.

No início dos anos 90, os cimentos compostos já haviam substituído o cimento Portland comum no País, até então o mais utilizado. Essa tendência de uso de cimentos com adições

é mundial, estimulada por constituir um dos vetores de diminuição de gases de efeito estufa (os outros vetores são a eficiência energética e o uso de combustíveis alternativos de fontes renováveis), sendo o Brasil considerado *benchmark* mundial, em igualdade de condições com muitos países europeus.

Atualmente, os cimentos com adições têm participação expressiva no mercado brasileiro, sendo que o meio técnico mais esclarecido já não tem dúvidas e predisposições contrárias ao emprego desses tipos de cimento, principalmente pela maior durabilidade que proporcionam.

Como mostrado neste trabalho, os cimentos de alta resistência inicial (CP V ARI) são os mais finos, tendo apresentado resultado médio de área específica próxima de 490 m²/kg em 2013. Esse tipo de cimento atualmente atinge uma participação de mercado de cerca de 9%, quando, em 1990, era praticamente inexistente. Houve, para esse tipo de cimento, um ligeiro aumento na finura decorrente do surgimento do CP V-ARI RS, contemplando adições de escória de alto forno e materiais pozolânicos, aumento esse de cerca de 40 m²/kg, registrado a partir de 2008 com relação a 2001. Os cimentos CP IV têm também como característica a maior finura, quando comparados aos outros tipos produzidos no Brasil, além do CP V ARI, e representaram quase 15% do mercado em 2012, quando não passavam de 2% em 1970. Já, os cimentos do tipo CP III apresentam-se ligeiramente mais grossos, com finura próxima de 415 m²/kg, com participação atual de 15% do mercado brasileiro, mas concentrados na Região Sudeste. Os dados mostram ainda que o cimento Portland comum, que era o cimento mais consumido do mercado nos anos 70, apresentava área específica de 330 a 350 m²/kg, sendo atualmente sua produção inexpressiva. Dentre os cimentos compostos, o

Tabela 9 – Percentual de resistência à compressão dos cimentos brasileiros, em diferentes idades, em relação à resistência à idade de 28 dias

Tipo de cimento	Resistência à compressão, em %, em função dos resultados aos 28 dias							
	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	63 dias	91 dias	180 dias	360 dias
CP II-E-32	24	54	73	100	111	124	134	134
CP II-F-32	34	66	81	100	109	116	123	129
CP II-E-40	-	59	77	100	106	117	124	-
CP II-Z-32	32	63	78	100	106	111	122	127
CP III-32	16	40	65	100	116	123	133	135
CP III-40	21	45	69	100	111	116	125	125
CP IV-32	30	54	72	100	108	114	126	132
CP V-ARI	49	75	85	100	105	110	115	118
CP V-ARI RS	39	67	81	100	107	113	116	126

CP II-Z é o que apresenta maior finura, com área específica média em 2013 da ordem de 420 m²/kg, em comparação com o CP II-F (395 m²/kg) e o CP II-E (380 m²/kg).

Em suma, todos os tipos de cimento produzidos no Brasil têm características que os qualificam para uso geral, no entanto, alguns tipos são mais adequados a algumas aplicações. As diferenças entre os diversos tipos de cimento buscam atender às necessidades dos consumidores e simultaneamente contribuir para desenvolvimento sustentável, utilizando de maneira segura e adequada subprodutos industriais como escórias e pozolanas, que entram

na composição dos cimentos compostos e dos cimentos pozolânicos e de alto forno; esses últimos, por exemplo, podem exigir algumas precauções para compensar o menor desenvolvimento inicial de resistência, sendo seu uso especialmente indicado para concretos em ambientes agressivos por promoverem melhoria da durabilidade.

A melhor interação entre os diversos elementos da cadeia produtiva, com um intercâmbio mais intenso de informações, pode possibilitar o melhor aproveitamento das potencialidades que o cimento e os produtos com ele elaborados oferecem.

Referências Bibliográficas

- [01] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – Relatórios anuais – 1967 a 2013
- [02] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – Guia Básico de Utilização do Cimento Portland – Boletim Técnico (BT-106), São Paulo, 2012.
- [03] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Normas Brasileiras de Cimento, Rio de Janeiro, 1940 a 1992.
- [04] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – ABNT NBR 6118, Rio de Janeiro, 2014.
- [05] Sindicato Nacional da Indústria Do Cimento (SNIC) – Relatórios Anuais, 1960 a 2013.
- [06] BATTAGIN, AF, MUNHOZ, F.A.C ,BATTAGIN, ILS., A evolução da normalização e de algumas propriedades dos cimentos Portland, Anais do 52º Congresso Brasileiro do Concreto, Fortaleza, 2010. ●

Há mais de 35 anos a **RR COMPACTA** vem desenvolvendo métodos construtivos em concreto, do **Reforço Estrutural** ao **Tratamento Superficial**.
RR COMPACTA, sempre em busca de **novas tecnologias**.

Os concretos de alta resistência na NBR 6118:2014

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – PROFESSOR ASSOCIADO
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

1. INTRODUÇÃO

Após muitos meses de intenso trabalho da Comissão de Estudo encarregada de sua revisão, está sendo finalmente emitida a versão 2014 da Norma Brasileira ABNT NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto. Esta versão coloca a NBR 6118 no mesmo nível de atualização das normas internacionais mais conceituadas, refletindo todo um esforço da Associação Brasileira de Normas Técnicas e de toda a comunidade técnica brasileira de atingir um elevado patamar de qualidade no projeto e construção das estruturas de concreto. Dentre outras importantes alterações, a faixa de aplicação dos critérios de projeto da NBR 6118 é estendida da Classe C50 até a Classe C90. Apresenta-se aqui um breve resumo de alguns dos novos critérios desta revisão da Norma.

2. MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

O avanço no maior conhecimento das propriedades do concreto obtido nos últimos anos permitiu uma definição mais precisa do módulo de elasticidade do concreto, na ausência de ensaios específicos para sua determinação.

A estimativa para o módulo de elasticidade inicial, a ser utilizado nas análises globais e avaliação de perdas de protensão de uma estrutura, passa a ser:

$$E_{ci} = \alpha_E \cdot 5600 \sqrt{f_{ck}}, \text{ para } f_{ck} \text{ de 20 MPa a 50 MPa} \quad [1]$$

$$E_{ci} = 21,5 \cdot 10^3 \cdot \alpha_E \cdot \left(\frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{1/3}, \quad [2]$$

para f_{ck} de 55 MPa a 90 MPa

O parâmetro α_E depende da rocha matriz da brita empregada:

$\alpha_E = 1,2$ para basalto e diabásio

$\alpha_E = 1,0$ para granito e gnaiss

$\alpha_E = 0,9$ para calcário

$\alpha_E = 0,7$ para arenito

A estimativa para o módulo de elasticidade secante, a ser utilizado na avaliação do comportamento de um elemento estrutural ou de uma seção transversal, passa a ser:

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci} \quad [3]$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

Os dois módulos confluem para o mesmo valor com o aumento da resistência do concreto, na medida em que o trecho inicial do diagrama tensão-deformação vai se tornando mais próximo do linear.

A visualização gráfica da variação destes dois parâmetros (para $\alpha_E = 1,0$) é apresentada na Figura 1.

3. DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DO CONCRETO

Os diagramas tensão-deformação de cálculo dos concretos de alta resistência irão refletir sua maior fragilidade, na medida em que ele vai crescendo em resistência. A Figura 2, reproduzida da NBR 6118:2014, define as novas características destes diagramas tensão-deformação.

Os valores a serem adotados para os parâmetros ϵ_{c2} (deformação específica de encurtamento do concreto no

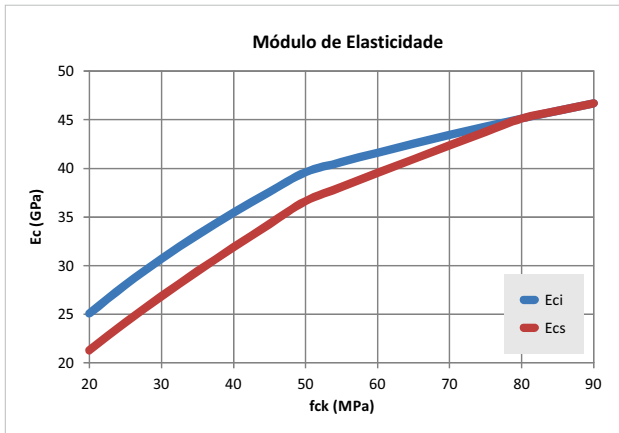


Figura 1 – Módulos de elasticidade tangente e secante do concreto

início do patamar plástico) e ϵ_{cu} (deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura) são:

- para concretos de classes até C50:

$$\begin{aligned} \epsilon_{c2} &= 2,0\text{‰} \\ \epsilon_{cu} &= 3,5\text{‰} \end{aligned} \quad [4]$$

- para concretos de classes de C50 até C90:

$$\begin{aligned} \epsilon_{c2} &= 2,0\text{‰} + 0,085\text{‰} \cdot (f_{ck} - 50)^{0,53} \\ \epsilon_{cu} &= 2,6\text{‰} + 35\text{‰} \cdot [(90 - f_{ck})/100]^4 \end{aligned} \quad [5]$$

Os parâmetros n , ϵ_{c2} e ϵ_{cu} são mostrados graficamente na Figura 3.

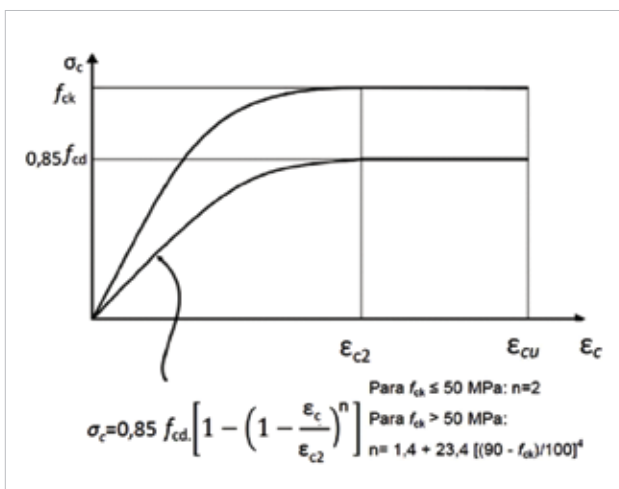


Figura 2 – Diagrama tensão-deformação de cálculo do concreto

4. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO CONCRETO

Na ausência de ensaios específicos, os valores de resistência média à tração do concreto são estimados pelas expressões:

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3} \quad (f_{ck} = 50 \text{ MPa}) \quad [6]$$

$$\begin{aligned} f_{ct,m} &= 2,12 \ln(1 + 0,11 f_{ck}) \\ &(f_{ck} > 50 \text{ até } 90 \text{ MPa}) \end{aligned} \quad [7]$$

Observe-se que a resistência à tração do concreto cresce mais lentamente em relação ao aumento da resistência à compressão. A expressão gráfica desta variação é dada na Figura 4.

5. RETANGULARIZAÇÃO DO DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DO CONCRETO

Tendo em vista as características de fragilidade dos concretos de classe acima de C50, os critérios de retangularização dos diagramas tensão-deformação foram revistos, de forma que os diagramas retangularizados forneçam um valor de resultante e de seu posicionamento nas seções, ambos compatíveis com os obtidos com o diagrama real. Para o entendimento da retangularização agora proposta, apresentam-se na Figura 5 esquemas típicos de deformação específica e diagramas real e retangularizado de tensões ao longo da altura de uma seção em flexão simples no Estádio 3.

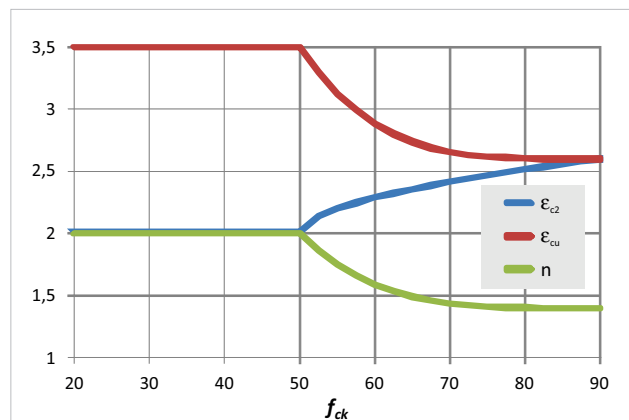
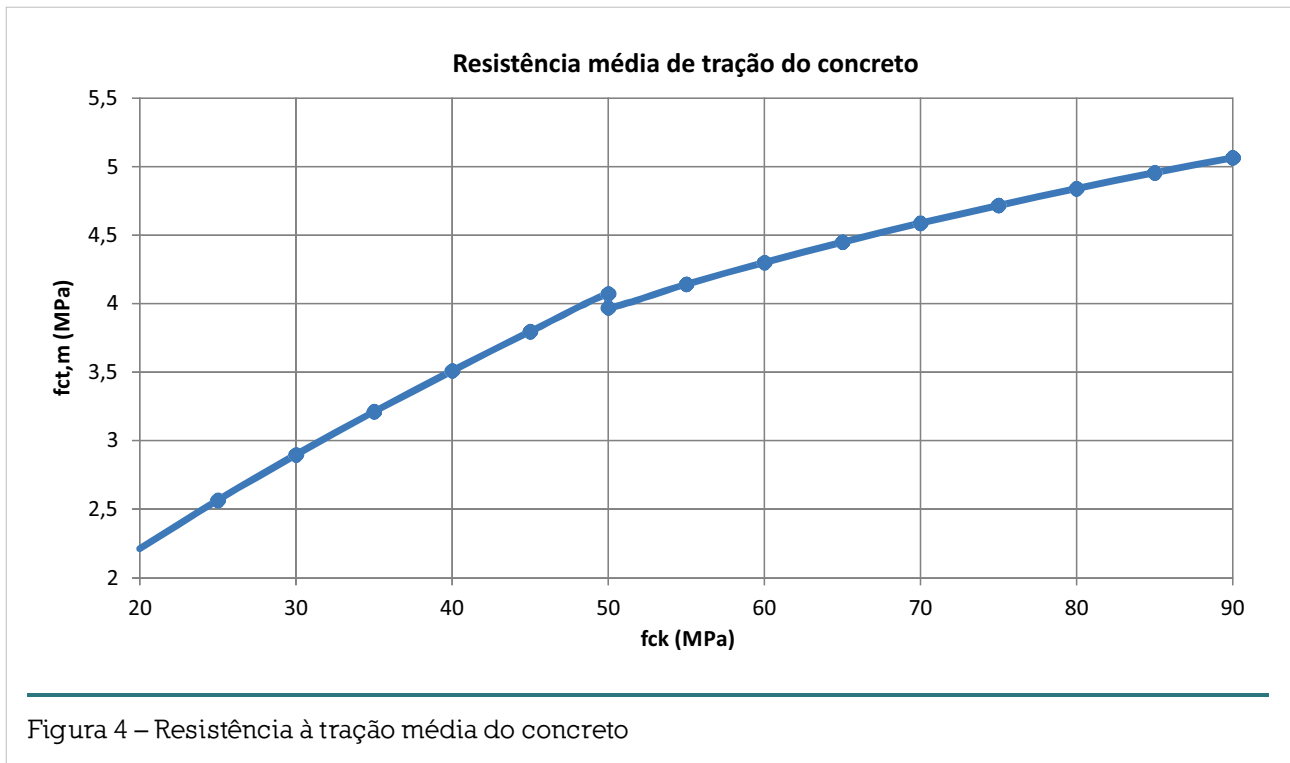


Figura 3 – Variação dos parâmetros n , ϵ_{c2} e ϵ_{cu}



O diagrama real pode ser substituído por um retângulo de profundidade $y = \lambda x$, onde o valor do parâmetro λ é:

$$\lambda = 0,8 \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad [8]$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ para } f_{ck} > 50 \text{ MPa até } 90 \text{ MPa} \quad [9]$$

A tensão constante atuante até a profundidade y pode ser tomada igual a $\alpha_c f_{cd}$, no caso da largura da seção não diminuir a partir da linha neutra para a borda comprimida, e $0,9 \alpha_c f_{cd}$, no caso contrário.

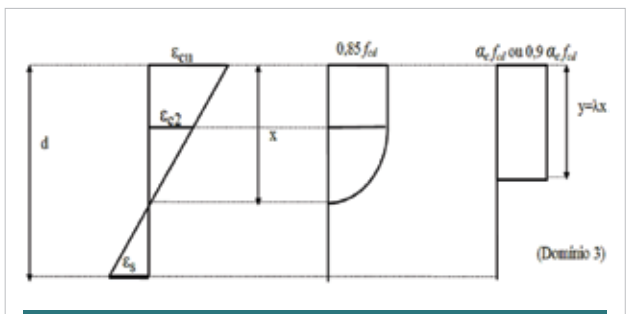


Figura 5 – Esquemas de deformação específica e diagramas de tensões

O parâmetro α_c é definido como:

- para concretos de classes até C50; $\alpha_c = 0,85$
- para concretos de classes de C50 até C90: $\alpha_c = 0,85 \cdot [1,0 - (f_{ck} - 50) / 200]$

Devem ser considerados na flexão simples os limites de x/d :

- $x/d \leq 0,45$ - para concretos com $f_{ck} \leq 50$ MPa;
- $x/d \leq 0,35$ - para concretos com $50 \text{ MPa} < f_{ck} \leq 90$ MPa.

A variação dos parâmetros λ e α_c é apresentada graficamente na Figura 6.

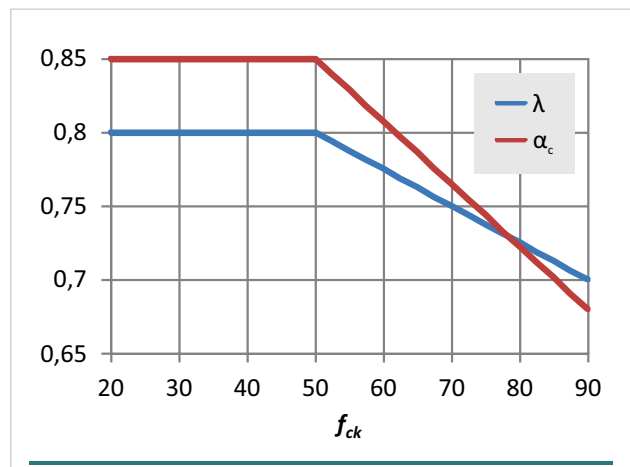


Figura 6 – Parâmetros λ e α_c

Tabela 1 – Dimensionamento à flexão simples

f_{ck}	≤50MPa		60MPa		70MPa		80MPa		90MPa	
ϵ_{cu} e k_{lim23}	3,500	0,259	2,884	0,224	2,656	0,210	2,604	0,207	2,600	0,206
λ e α_ϵ	0,800	0,850	0,775	0,808	0,750	0,765	0,725	0,723	0,700	0,680
k_x	k_z	K_{md}	k_z	K_{md}	k_z	K_{md}	k_z	K_{md}	k_z	K_{md}
0,02	0,992	0,013	0,992	0,012	0,993	0,011	0,993	0,010	0,993	0,009
0,04	0,984	0,027	0,985	0,025	0,985	0,023	0,986	0,021	0,986	0,019
0,06	0,976	0,040	0,977	0,037	0,978	0,034	0,978	0,031	0,979	0,028
0,08	0,968	0,053	0,969	0,049	0,970	0,045	0,971	0,041	0,972	0,037
0,10	0,960	0,065	0,961	0,060	0,963	0,055	0,964	0,050	0,965	0,046
0,12	0,952	0,078	0,954	0,072	0,955	0,066	0,957	0,060	0,958	0,055
0,14	0,944	0,090	0,946	0,083	0,948	0,076	0,949	0,070	0,951	0,063
0,16	0,936	0,102	0,938	0,094	0,940	0,086	0,942	0,079	0,944	0,072
0,18	0,928	0,114	0,930	0,105	0,933	0,096	0,935	0,088	0,937	0,080
0,20	0,920	0,125	0,923	0,115	0,925	0,106	0,928	0,097	0,930	0,089
0,22	0,912	0,136	0,915	0,126	0,918	0,116	0,920	0,106	0,923	0,097
0,24	0,904	0,148	0,907	0,136	0,910	0,125	0,913	0,115	0,916	0,105
0,26	0,896	0,158	0,899	0,146	0,903	0,135	0,906	0,123	0,909	0,112
0,28	0,888	0,169	0,892	0,156	0,895	0,144	0,899	0,132	0,902	0,120
0,30	0,880	0,180	0,884	0,166	0,888	0,153	0,891	0,140	0,895	0,128
0,32	0,872	0,190	0,876	0,175	0,880	0,162	0,884	0,148	0,888	0,135
0,34	0,864	0,200	0,868	0,185	0,873	0,170	0,877	0,156	0,881	0,143
0,35	0,860	0,205	0,864	0,189	0,869	0,174	0,873	0,160	0,878	0,146
0,37	0,852	0,214	-	-	-	-	-	-	-	-
0,39	0,844	0,224	-	-	-	-	-	-	-	-
0,41	0,836	0,233	-	-	-	-	-	-	-	-
0,43	0,828	0,242	-	-	-	-	-	-	-	-
0,45	0,820	0,251	-	-	-	-	-	-	-	-

6. NOVA TABELA PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO SIMPLES

A partir das novas definições normativas, é apresentada uma nova tabela para o dimensionamento à flexão simples de seções retangulares de concreto armado, sem armadura de compressão (Tabela 1). Na tabela:

$$k_x = \frac{x}{d}; k_z = \frac{z}{d}; K_{md} = \frac{M_d}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}; A_s = \frac{M_d}{d \cdot k_z \cdot f_{yd}} \quad [10]$$

7. NOVA TABELA PARA AS ARMADURAS MÍNIMAS NA FLEXÃO SIMPLES

A Tabela 17.3 da NBR 6118:2007 foi totalmente reformulada e é parcialmente reproduzida na Tabela 2.

8. NOVOS ÁBACOS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO COMPOSTA RETA

Novos ábacos para o dimensionamento à flexão composta reta devem ser desenvolvidos. Devido às novas

Tabela 2 – Valores de ρ_{min} ($A_{s,min}/A_c$) (%) em função do f_{ck}

f_{ck}	20	30	40	50	60	70	80	90
ρ_{min}	0,150	0,150	0,179	0,208	0,219	0,233	0,245	0,256

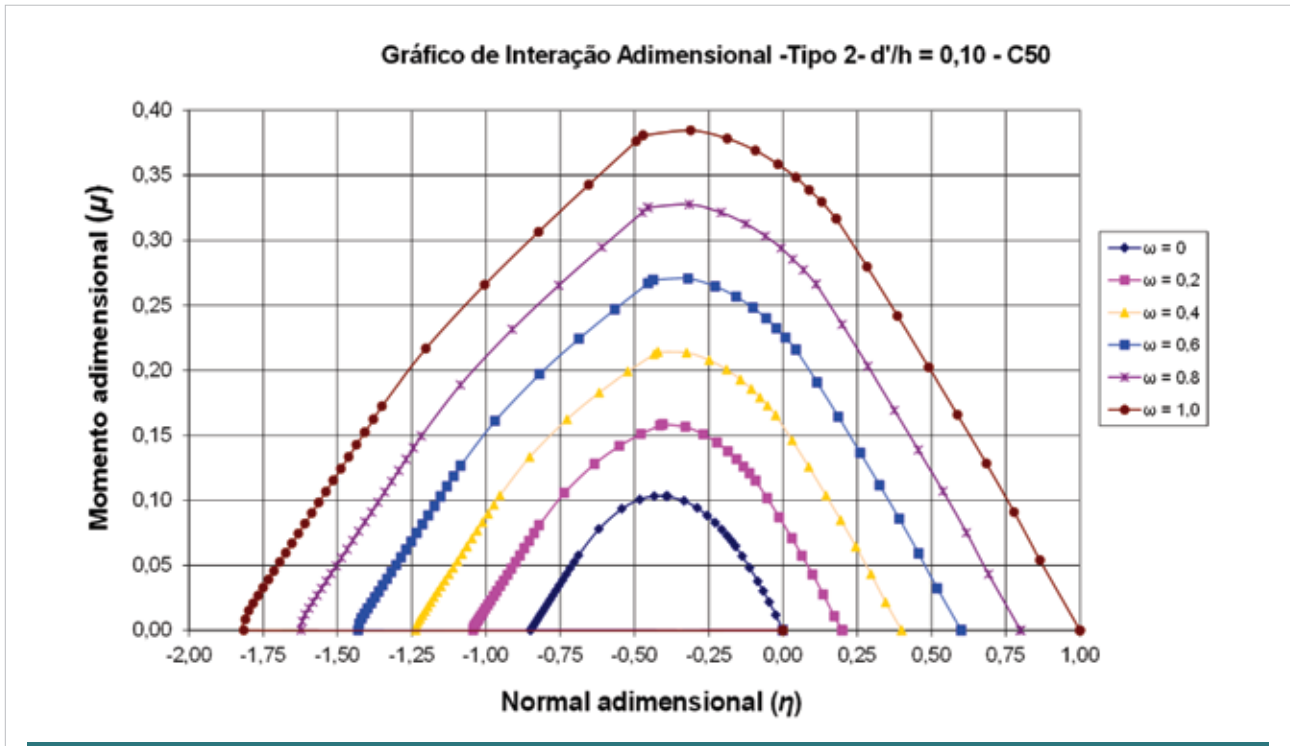


Figura 7 – Ábacos de dimensionamento adimensionais traçados para concreto até C50

definições da NBR 6118, os ábacos para os concretos de alta resistência apresentam valores muito distintos dos traçados para os concretos de classe até

C50. Estes novos ábacos podem ser encontrados em CERUTTI (2014).

Neste trabalho, constatou-se que, para os concretos de

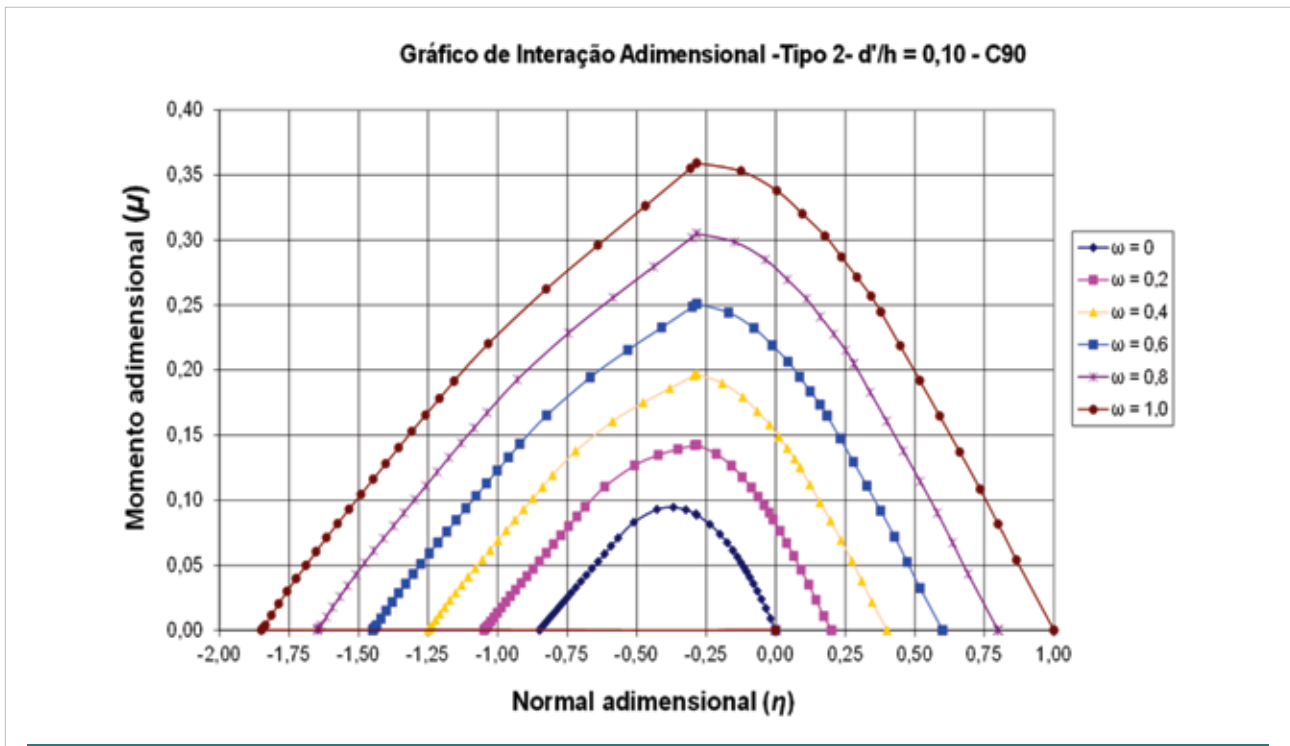


Figura 8 – Ábacos de dimensionamento adimensionais traçados para concreto até C90

categoria superior ao C50, a retangularização não se aplica ao domínio 5, por levar a resultados excessivamente conservadores. Isto obriga à utilização dos diagramas tensão-deformação reais do concreto. As Figuras 7 e 8 comparam ábacos de dimensionamento adimensionais traçados para concreto até C50 e para concreto C90, respectivamente (para a seção retangular com armadura uniformemente distribuída em sua periferia).

$$\eta = \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} ; \mu = \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} ; \omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \quad [11]$$

9. CONCLUSÃO

Algumas das alterações introduzidas na versão 2014 da NBR 6118, que terão impacto direto nos cálculos de deformações e nas verificações de segurança das estruturas de concreto armado, foram aqui brevemente resumidas. Outras novidades, como, por exemplo, critérios para a aplicação ao projeto de modelos biela-tirante, novos critérios para a consideração da retração e da fluência e para a consideração das imperfeições globais, dentre outros, deverão ser tratados oportunamente em outros artigos. Observar que, de forma diferente das revisões anteriores, esta revisão da NBR 6118 entra em vigor e tem aplicação obrigatória imediatamente após sua publicação.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- [02] CERUTTI, R. M. B. – Análise do Comportamento do Concreto de Alta Resistência na Flexão Composta com Base na NBR 6118:2014 – Projeto de Graduação, Escola Politécnica, UFRJ, 2014. ●



**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.

Norma não é lei, mas por força de lei é obrigatória

1. INTRODUÇÃO

Com frequência sou consultada a respeito do caráter legal das Normas Técnicas Brasileiras e tenho percebido que esse tema é recorrente em eventos da Construção Civil.

O assunto é amplo e controverso e tem, de forma crescente, chamado também a atenção de profissionais do Direito, valendo ser explorado, para melhor entendimento.

Para embasar a discussão do tema, alguns conceitos devem ser explicitados e inicio transcrevendo algumas definições extraídas do ABNT ISO/IEC Guia 2¹:

- **Norma Técnica:** documento, estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para um uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.
- **Nota:** Convém que as normas sejam baseadas em resultados consolidados pela ciência, pela tecnologia e pela experiência acumulada, visando à obtenção de benefícios para a comunidade.
- **Regulamento:** documento que contém regras de caráter obrigatório e que é adotado por uma autoridade.
- **Regulamento Técnico:** regulamento que estabelece requisitos técnicos, seja diretamente, seja pela referência ou incorporação do conteúdo de uma norma, de uma especificação técnica ou de um código de prática.
- **Normalização:** atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem, em um dado contexto.

A análise dessas definições deve ser feita sob a ótica de entendimentos internacionais, que embasam processos comuns aos diversos países envolvidos, e dela podemos depreender:

- os principais objetivos que se pretende atingir a partir das Normas Técnicas;
- diferenças (e semelhanças) entre as Normas e os Regulamentos de atendimento compulsório;

- o conceito, internacionalmente aceito, quanto à homologação das Normas por um organismo reconhecido.

2. A ABNT E SEU PAPEL NA NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA

A partir das considerações anteriores e para contextualizar o caso brasileiro, vale conhecer um pouco da estrutura, da história² e do trabalho da ABNT, que podem ser consultados no site da entidade. Por ora, cumpre salientar que a ABNT:

- é uma entidade privada, sem fins lucrativos, fundada em 1940;
- foi reconhecida como de utilidade pública pelo governo brasileiro em 1962;
- é o foro nacional único de normalização, tendo sido reconhecida pelo CONMETRO em 1992 pela Resolução de nº 7;
- representa o Brasil nos foros regionais e internacionais de normalização;
- responde pela gestão do processo de elaboração das normas brasileiras.

Algumas dúvidas frequentes são aqui esclarecidas, como, por exemplo, o fato de a ABNT não ser um órgão do governo, mas uma associação privada, reconhecida pelo governo brasileiro.

Assim como seus congêneres, a ABNT não elabora Normas Técnicas, mas estabelece as diretrizes, reconhecidas nacional e internacionalmente, para seu desenvolvimento e aprovação, gerencia esse processo e homologa os documentos normativos.

3. A ESSÊNCIA E O CONTEÚDO DAS NORMAS TÉCNICAS

“As Normas Técnicas são elaboradas pela sociedade, para essa mesma sociedade!”

Essa máxima nos remete a diversas reflexões, pois:

- as boas práticas (fruto de pesquisas, desenvolvimento tecnológico, experimentação técnica etc) são a essência da normalização técnica, que serve ao seu registro, reconhecimento e popularização;

¹ ABNT ISO/IEC Guia 2:2006 NORMALIZAÇÃO E ATIVIDADES RELACIONADAS - VOCABULÁRIO GERAL, QUE CONSISTE NA VERSÃO BRASILEIRA, ADOTADA PELA ABNT, DO ISO/IEC GUIDE 2:2004 STANDARDIZATION AND RELATED ACTIVITIES - GENERAL VOCABULARY.

² A “HISTÓRIA DA ABNT EM DETALHES” PODE SER CONHECIDA NO SITE WWW.ABNT.ORG.BR.

- o consenso social, estabelecido no processo de normalização, fortalece a aplicação dos conceitos e promove o crescimento (técnico, social, econômico etc);
- a sociedade (e não um colegiado previamente escolhido) voluntariamente participa, debate e aprova o que deseja ter como base técnica, dentro de suas reais possibilidades.

Pelo exposto, costume afirmar que as Normas Técnicas refletem o consenso técnico de um País (ou região) sobre um determinado tema, em um dado momento da história.

As Normas são evolutivas e o gatilho de uma revisão (ou de um novo trabalho) deve ser a necessidade da própria sociedade. A Figura 1 mostra o fluxograma de desenvolvimento das Normas Brasileiras, ilustrando essa condição.

Tudo isso pode parecer utópico num primeiro momento, mas muito se tem avançado nessas bases; tanto que as nações desenvolvidas têm na normalização técnica uma legítima aliada no combate ao uso indiscriminado de produtos perigosos, às práticas comerciais abusivas e à busca pela sustentabilidade, entre outros importantes objetivos.

O Estatuto da ABNT prevê que as Normas Técnicas Brasileiras sejam desenvolvidas de forma descentralizada no âmbito dos Comitês Brasileiros, dos Organismos de Normalização Setorial e das Comissões de Estudo Especiais, além de estabelecer a participação de todos os setores da sociedade nas Comissões de Estudo (pois estas são as verdadeiras células de construção das Normas Técnicas).

O processo de normalização brasileiro é dos mais democráticos do mundo e visa possibilitar que a sociedade participe em dois momentos:

- durante o trabalho das Comissões de Estudo;
- na Consulta Nacional, pelo site da ABNT.

Esse pano de fundo, explicitando como ocorre e em que se baseia a Normalização Técnica (em especial a Brasileira) possibilita inferir que as Normas Técnicas são voluntárias em sua essência.

4. DO RECONHECIMENTO À CERTIFICAÇÃO E AO CUMPRIMENTO OBRIGATÓRIO

É crescente a busca por processos de certificação que possibilitem comprovar que produtos e serviços seguem rigorosamente as Normas Técnicas.

Além de uma garantia para o consumidor, os processos de certificação têm servido como instrumento de marketing e acabam gerando o que se convencionou denominar de “círculo virtuoso”.

O intercâmbio de produtos e a contratação de serviços ficam facilitados e essa melhoria nas relações de consumo, incluindo importações, serve de base à elaboração de Regulamentos Técnicos e seus respectivos processos de fiscalização.

É importante lembrar que a partir do Código de Defesa do Consumidor (Lei 8078, de 11.09.1990, Regulamentada pelo Decreto 861, de 09.07.1993), as relações de consumo tornaram-se mais claras, apesar de complexas, e passou-se a falar de “responsabilidade compartilhada”, termo que imputa responsabilidades, independentemente de culpa, a todos que de alguma forma fazem parte de um determinado sistema (ver Art.12 do CDC).

Por exemplo, se um produto (nacional ou importado) trazer dano de alguma espécie ao comprador, de acordo com o Código de Defesa do Consumidor respondem solidariamente pelo dano causado todos os envolvidos (produtor, importador, vendedor, instalador e outros, se houver).

5. SER OU NÃO SER: EIS A QUESTÃO

Ainda sobre o Código de Defesa do Consumidor, é bastante conhecida a Seção IV, que trata das Práticas Abusivas, e seu Artigo 39, que no inciso VIII estabelece:

“É vedado ao fornecedor de produtos e serviços colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou,

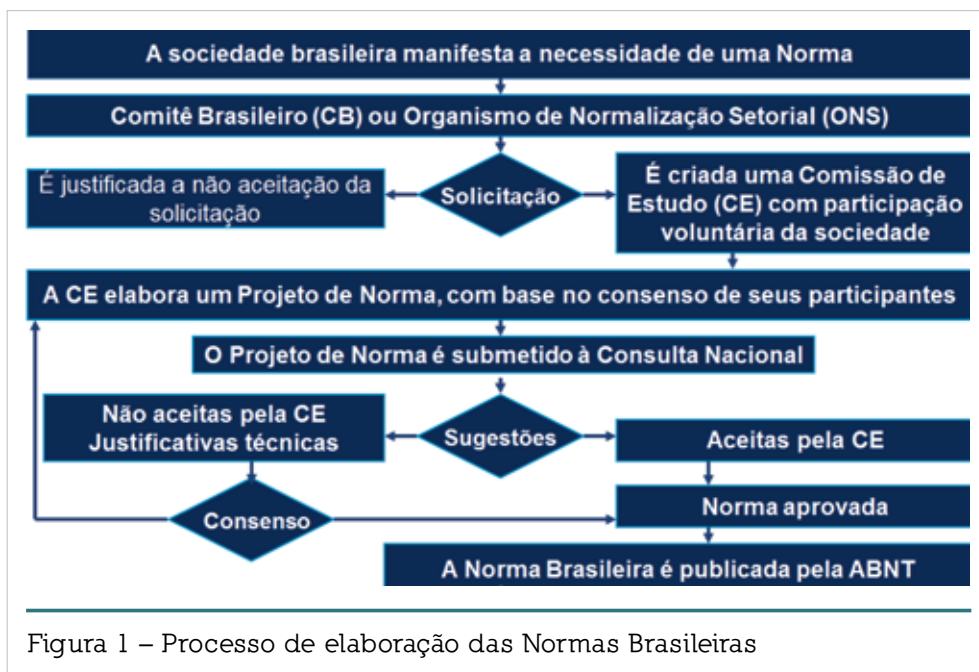


Figura 1 – Processo de elaboração das Normas Brasileiras

se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ou outra Entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO.”

Ora, se não há Regulamentação Técnica específica sobre um produto ou serviço e se a ABNT é a única entidade reconhecida pelo CONMETRO, as Normas ABNT passam a ser a referência para a qualidade destes itens, quando comercializados no País.

No entanto, note-se que a citação é genérica a toda e qualquer Norma ABNT, assim como também se verifica na Lei 8.666, das Licitações Públicas³, que traz o seguinte texto:

“O conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra deve estar de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.”

Diferem, portanto, essas formas de citação, daquela verificada na Resolução nº157 CONATRAM, onde no Artigo 6º tem-se o seguinte:

“Os extintores de incêndio deverão ser fabricados em conformidade à NBR 10.721 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.”

Ou o que consta da Instrução Técnica de nº 8 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (item 2.1, de sua aplicação), em atendimento à Lei nº 684, de 30.09.1975, Regulamentada pelo Decreto 47.076, de 31.08.2001:

“Adota-se a NBR 14432:2000 – Exigência de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações – Procedimento, com as inclusões e adequações de exigências constantes nesta instrução.”

Ou ainda o que se verifica com relação às questões de acessibilidade, que são estabelecidas em Leis Federais, que referenciam de forma geral as Normas ABNT, mas são complementadas por Leis Estaduais e Municipais, muitas das quais referenciam de forma específica a ABNT NBR 9050.

Embora não resolva o impasse, é bom saber que, no cenário internacional, ocorre também essa interface entre documentos que em sua essência são voluntários e dispositivos legais obrigatórios.

O entendimento internacional, transmitido pelo Secretário Geral da ISO em sua visita ao Brasil em maio/2011, é a seguir transcrito, com comentários de minha interpretação entre parêntesis:

“Quando o conteúdo de uma Norma Técnica é transcrito em uma Lei, então essa Norma (especi-

ficamente essa) passa a ter caráter legal.”

“Quando uma ou mais normas são citadas em uma Lei (como ocorre nos casos das Leis 8078 e 8666, por exemplo), a Norma não é considerada lei, mas apenas um instrumento utilizado pelo poder público como uma prática adequada, que deve ser seguida na ausência de outra comprovadamente melhor ou igual.”

6. CONCLUSÕES

Como se depreende do exposto, nos dias atuais há um limite tênue no campo da Normalização Técnica entre o que se considera de atendimento obrigatório e o que pode ser tido como uma simples recomendação.

Essa difícil separação tende a ser mais complexa com a crescente referência às Normas ABNT pelos diversos dispositivos legais, especialmente em função de processos de acreditação e certificação que embasam os Programas Governamentais (diversos na construção civil, como os previstos pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat e respectivos Programas Setoriais da Qualidade).

A preocupação passa a residir na necessidade de maior atenção ao conteúdo das Normas Técnicas e à sua frequente atualização.

Nos últimos anos, a ABNT lançou um difícil desafio a seus Comitês Técnicos, impondo metas ousadas para a atualização das Normas sob sua responsabilidade.

Muitos documentos foram considerados obsoletos, sendo cancelados, e outros sofreram processos de revisão. O desenvolvimento de novos textos foi prejudicado no período, mas o objetivo principal está preste a ser atingido.

Hoje, a ABNT tem mais de 80% de seu acervo (cerca de 8 000 Normas Técnicas) com menos de cinco anos de idade (levando em conta as confirmações de Normas consideradas atualizadas).

No entanto, estamos muito aquém do que seria desejável para um País que está entre as dez maiores economias do mundo, considerando que a ISO⁴ tem um acervo de mais de 18.000 documentos e alguns países da Europa já superaram o total de 28.000 normas em seu acervo.

ENG^a INÊS LARANJEIRA DA SILVA BATTAGIN

SUPERINTENDENTE DO ABNT/CB-18

MEMBRO DOS CONSELHOS TÉCNICO E DELIBERATIVO DA ABNT

DIRETORA TÉCNICA DO IBRACON

³ SEÇÃO II, ARTIGO 6º, INCISO X, DA LEI 8.666, DE 21.06.1993, REGULAMENTADA PELO DECRETO 3.931, DE 19.09.2001.

⁴ ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ENTIDADE INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO, QUE REÚNE MAIS DE 200 PAÍSES, QUE RESPONDEM POR CERCA DE 97% DA ECONOMIA E DA POPULAÇÃO MUNDIAIS.

Influência da montagem de testemunhos nos resultados de resistência à compressão do concreto

M. H. F. MEDEIROS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

A. C. M. KORMANN

I. C. OLIVEIRA

A. FERREIRA

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL)

J. C. FRÉZ

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA)

1. INTRODUÇÃO

A necessidade da realização de manutenções periódicas em estruturas de concreto, bem como o eventual surgimento de manifestações patológicas, despertam o interesse em investigar a estrutura e obter informações que possibilitem inferir sobre a qualidade do material e as condições em que se encontra determinada edificação.

Para avaliar a segurança de uma estrutura já edificada, um dos parâmetros mais requisitados é a resistência à compressão do concreto. Para tal, pode ser realizado um ensaio com esclerômetro de reflexão, preconizado pela ABNT NBR 7584:2012, pelo qual é possível estimar a resistência mecânica do concreto através da dureza superficial do mesmo. Outra possibilidade é extrair testemunhos de concreto da estrutura e submetê-los ao ensaio de resistência à compressão axial, seguindo as especificações da ABNT NBR 7680:2007 .

A extração de testemunhos é um método cujo procedimento tem custo considerável, sua operação demanda

tempo e mão de obra especializada e ainda implica na necessidade de reparos posteriores na estrutura. Seus resultados, entretanto, apresentam maior confiabilidade que a esclerometria, por avaliar a resistência mecânica do concreto de forma direta. Na esclerometria, a resistência é obtida de forma indireta, pela avaliação da dureza superficial.

Depois de obtidos os valores de resistência à compressão dos testemunhos ensaiados, a avaliação dos dados deve ser cuidadosa, pois variações em alguns parâmetros como diâmetro, relação diâmetro/altura (razão de esbeltez), condições de umidade, direção de perfuração, presença de armadura no testemunho e nível de resistência do concreto, podem interferir nos resultados (TUNCAN *et al.* 2008).

No entanto, em algumas situações torna-se inviável extrair testemunhos com dimensões que permitam obter relação diâmetro/altura de 1:2, conforme indica a ABNT NBR 7680:2007. É o caso, por exemplo, de estruturas com densidade de armadura elevada, lajes de concreto protendido,

regiões onde seja difícil a execução de reparo, entre outros.

Para casos como esses, a ABNT NBR 7680:2007 coloca como possibilidade aceitável produzir testemunhos com relação de esbeltez de 1:2 pela colagem de partes extraídas utilizando argamassa de consolidação, simulando o comportamento de testemunho inteiro na relação 1:2 (Bilesky & Tango, 2007).

Baseando-se nessa recomendação de norma e levando em consideração que esta não é exatamente uma prática usual, este trabalho apresenta uma comparação de resultados de ensaio de resistência à compressão axial de corpos de prova moldados com testemunhos extraídos maciços e colados.

2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL COM TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS

De acordo com a ABNT NBR 7680:2007 “*Concreto – Extração, preparo e ensaios de testemunhos de concreto*”, o equipamento a ser utilizado para a extração dos testemunhos deve garantir que o material removido não seja alterado quando extraído; desse modo, não deve produzir vibração da broca em demasia. A extratora usa uma broca com coroa diamantada e possui um sistema de refrigeração por circulação de água por dentro da mesma. O equipamento de extração de testemunhos empregado neste trabalho está ilustrado na Fig. 1.

De acordo com Vieira Filho (2007), além da resistência à compressão axial pela extração de testemunhos de concreto, é possível também realizar ensaios para determinação do módulo de elasticidade e resistência à tração por compressão diametral. Ainda, pela análise e submissão dos testemunhos a ensaios específicos, é possível determinar características do concreto como compactidade, homogeneidade, aderência em juntas de construção, espessura do elemento, grau de deterioração do concreto e análise da profundidade atingida pelo fogo em caso de incêndio. Além disso, os testemunhos extraídos também podem ser utilizados para caracterizações de ataque por sulfato, dióxido de carbono, cloretos, reação álcali-agregado, porosidade, absorção e permeabilidade do concreto da edificação inspecionada.

Segundo a ABNT NBR 7680:2007, os testemunhos deverão ser extraídos respeitando-se a distância mínima de um diâmetro com relação às bordas ou juntas e entre si. Dessa forma, evita-se que ocorram influências ou danos à estrutura e aos testemunhos.

Referente à montagem dos testemunhos, a ABNT NBR 7680:2007 recomenda que seja feita apenas quando não for possível a obtenção de espécimes com razão de esbeltez 1:2, ou quando existir muitos defeitos na amostra obtida. Além disso, a montagem somente poderá ser feita seguindo os tipos apresentados em seu Anexo A, sendo que os corpos de prova resultantes devem, obrigatoriamente, ter altura equivalente ao dobro do diâmetro do testemunho. A argamassa de consolidação deve ter resistência igual ou superior a do concreto estudado, e sua espessura de aplicação não deve ultrapassar os 3mm.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a dosagem dos concretos foram utilizados cimento CP II-F-32, agregados naturais, artificiais, areia industrializada e aditivo superplastificante.

Para a colagem das fatias, foi utilizada argamassa



Figura 1 – Equipamento extrator de testemunhos empregado na pesquisa

Tabela 1 – Caracterização química e propriedades físicas dos cimentos empregados

(a) Composição química										
Cimento	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Perda fogo (%)	CaO livre (%)	Resid. insol. (%)	Equiv. alcal. (%)
CP II-F-32	18,35	4,07	2,54	59,64	5,19	3,07	5,35	1,20	1,47	0,63
CPB - 40	17,95	2,98	0,21	62,40	2,87	3,09	7,01	2,11	2,29	0,43

(b) Propriedades físicas									
Cimento	Tempo de pega		Cons. normal (%)	Finura Blaine (cm ² /g)	Finura # 200 (%)	Exp. quente (mm)	Resistência à compressão (MPa)		
	Início (hh:min)	Fim (hh:mm)					3 dias	7 dias	28 dias
CP II-F-32	03:31	04:10	25,5	3.338	3,87	0,83	25,1	32,0	40,4
CPB - 40	02:40	03:40	31,4	4.380	0,40	0,50	26,0	35,4	51,1

de cimento branco (CPB 40) com adição de sílica ativa, com traço 1 : 0,25 : 1,48 : 0,24 : 3% (cimento : adição (sílica ativa) : areia : relação água/aglomerante : superplastificante), aplicada em uma espessura média de 2mm entre as fatias de concreto. A resistência à compressão desta argamassa foi de 65,3 MPa aos 7 dias de cura úmida. A caracterização química e as propriedades físicas dos dois cimentos deste trabalho estão apresentadas na Tabela 1.

Foram utilizados dois traços de concreto determinados previamente em um estudo de dosagem, sendo um de menor resistência, classificado na ABNT NBR 8953:2009, como C20 e outro de maior resistência, especificado como C30. O proporcionamento usado nos dois concretos, assim como as médias da resistência à compressão aos 28 dias de cura úmida, estão apresentados na Tabela 2.

Para cada um dos traços de concreto, foram moldados dois blocos de dimensões (50 x 63 x 27)cm e 8 corpos de

prova de (10 x 20)cm para controle da resistência à compressão com rupturas aos 28 e 63 dias. As extrações dos testemunhos de diâmetro igual a 10 cm foram realizadas aos 28 dias da concretagem e seguiram o esquema apresentado na Fig. 2. A Figura 3 indica um fluxograma que fornece uma visão geral dos blocos moldados e corpos de prova extraídos.

Os ensaios de resistência à compressão axial para as comparações desta pesquisa foram realizados aos 63 dias de idade dos concretos, para os quatro tipos de corpos de prova avaliados: moldados (CPM), testemunhos maciços (TM), testemunhos 2 fatias (T2F) e testemunhos 3 fatias (T3F), conforme pode ser observado na Fig. 3.

A extração dos testemunhos dos blocos ocorreu aos 28 dias, após a sua moldagem, e a colagem com argamassa foi realizada aos 56 dias, de modo que no momento da ruptura a argamassa de colagem tivesse 7 dias de idade. A montagem dos testemunhos está representada no esquema da Fig. 4 e, na Fig. 5, está ilustrado os dois tipos de montagem testados nesta pesquisa. O procedimento de ruptura adotado em todos os casos seguiu as especificações da ABNT NBR 7680:2007.

Tabela 2 – Proporcionamento dos materiais empregados para os concretos de classe C20 e C30

Material (kg)	C20	C30
Cimento	1,00	1,00
Areia natural	1,12	1,11
Areia artificial	2,71	1,57
Brita 1	3,00	2,04
Brita 2	1,00	0,68
Água	0,70	0,48
Aditivo (policarboxilato)	1,0%	1,0%
Resistência à compressão aos 28 dias	25,5 MPa	26,3 MPa

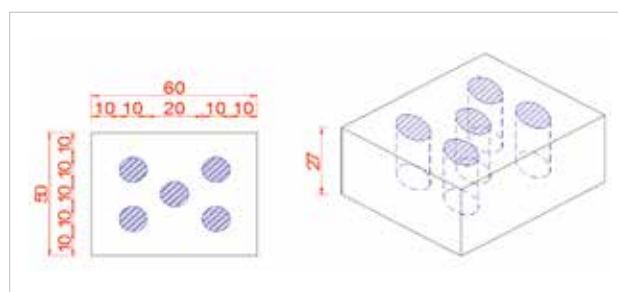


Figura 2 – Esquema de extração dos testemunhos

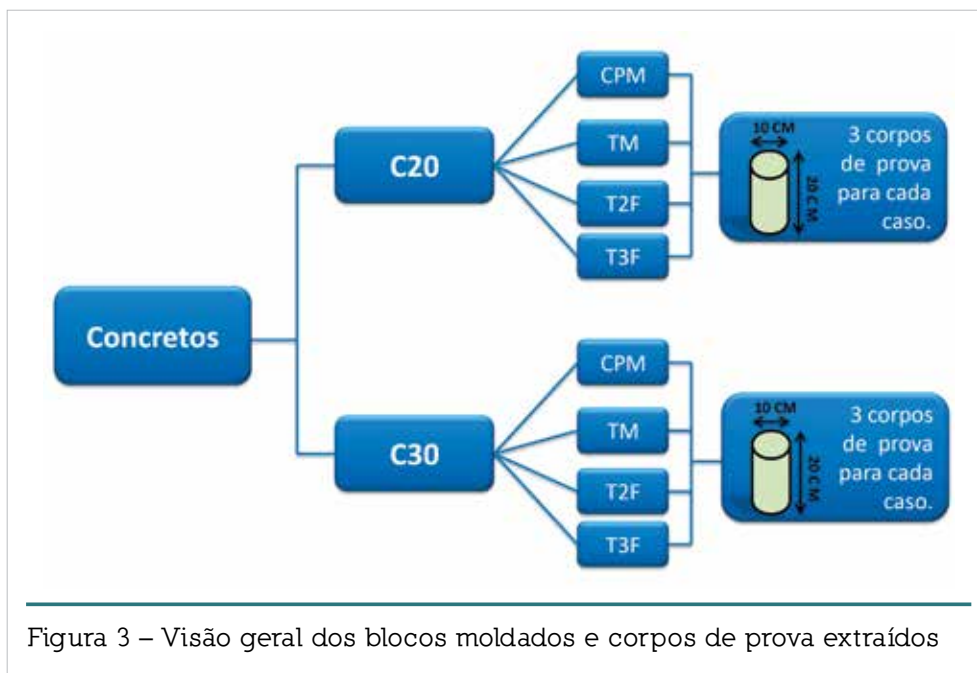


Figura 3 – Visão geral dos blocos moldados e corpos de prova extraídos

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o ensaio de resistência à compressão axial do concreto, apresenta-se na Tabela 3 a síntese dos valores do ensaio realizado, que, por sua vez, encontram-se ilustrados na Fig. 6.

Os resultados indicam que os testemunhos extraídos apresentam resistência à compressão inferior aos corpos de prova moldados. Isso é explicado pelo fato de que os corpos de prova moldados sofreram cura em câmara úmida com 100% de umidade relativa e temperatura de 25°C, assim como pelas possíveis fissuras surgidas em consequência do efeito de broqueamento nos exemplares extraídos.

Também ficou demonstrado que a montagem dos testemunhos não influenciou a resistência determinada no ensaio de compressão axial. Isso porque no caso do bloco 1, os valores são estatisticamente iguais e,

no caso do bloco 2, os testemunhos inteiros apresentam resistência média um pouco inferior a média dos testemunhos montados, ou seja, a colagem dos testemunhos não afetou negativamente os resultados.

Na Tabela 4, é apresentada uma análise de significância, realizada pelo método estatístico de Análise de Variância (ANOVA), dos valores apresentados na Tabela 3, para os três tipos de composição de teste-

munhos extraídos.

Como o $F_{\text{crítico}}$ é maior que o valor de F , pode-se afirmar que, comparando os exemplares extraídos inteiros e aqueles colados, os resultados não são estatisticamente distintos, com 95% de confiança. Ou seja, a colagem dos corpos de prova não afetou os resultados obtidos, sendo uma prática viável para trabalhos de inspeção em que seja necessária a extração de testemunhos para determinação da resistência à compressão, conforme também comprovado por Bilesky & Tango em 2007.

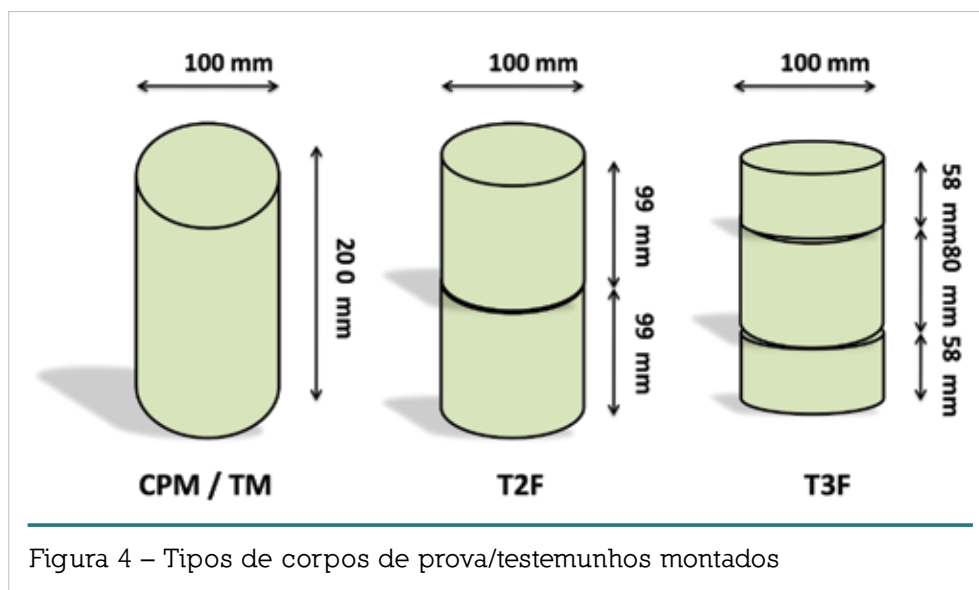


Figura 4 – Tipos de corpos de prova/testemunhos montados



Figura 5 – (a) testemunho tipo T2F após colagem; (b) testemunho T3F após a colagem dos testemunhos

Na Tabela 5, são apresentados os valores médios de resistência à compressão do concreto C30 e, na Fig. 7, é feita a representação gráfica desses valores. No caso do concreto C30, no caso do bloco 3, os resultados apresentam a mesma tendência do testemunhos do concreto

não afetou os resultados.

De modo geral, para ambos os concretos (C20 e C30), a maioria dos corpos de prova rompeu de forma cisalhada, como pode ser visto nas ilustrações da Fig. 8. Este comportamento parece confirmar que o sistema de

C20. Para o bloco 4, os corpos de prova moldados apresentam valores de resistência à compressão semelhantes a todos os casos de testemunhos extraídos.

A avaliação por ANOVA do concreto C30 é mostrada na Tabela 6. Como no caso anterior do Concreto C20, o $F_{\text{crítico}}$ é maior que o valor de $F_{\text{calculado}}$, mostrando que os resultados não são estatisticamente diferentes, ou seja, a colagem de partes de testemunhos para posterior ruptura também

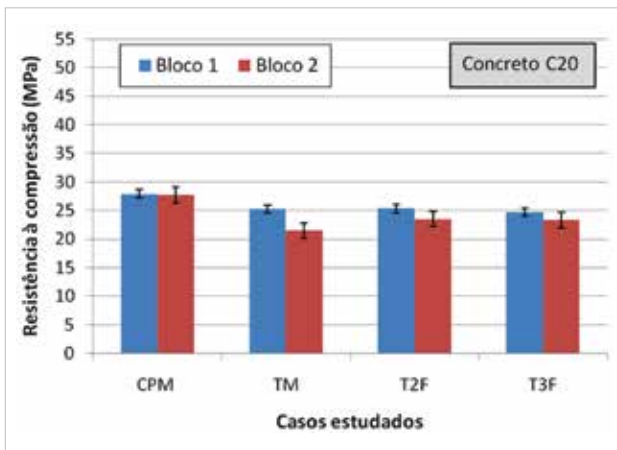


Figura 6 – Valores médios de resistência à compressão – C20

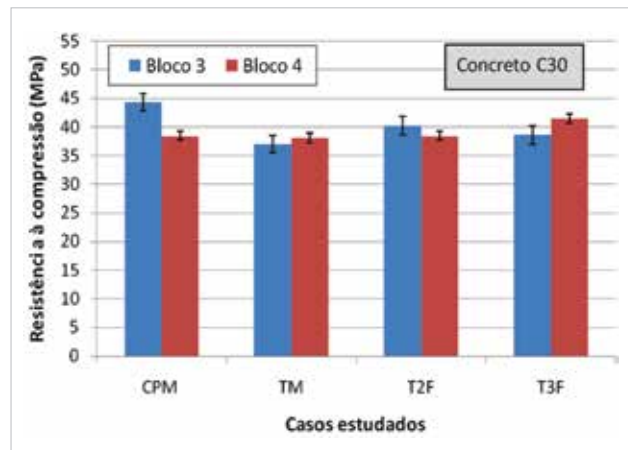


Figura 7 – Valores médios de resistência à compressão – C30

Tabela 3 – Valores médios de resistência à compressão do concreto C20 aos 63 dias de idade

Bloco	Tipo CP			
	CPM: 20 cm	TM: 20 cm	T2F: 9,9+9,9 cm	T3F: 5,8+8+5,8 cm
1	27,9 MPa	25,2 MPa	25,3 MPa	24,7 MPa
2	27,7 MPa	21,5 MPa	23,5 MPa	23,3 MPa

colagem de testemunhos para a determinação da resistência à compressão, em casos de inspeção em que isso seja necessário, é plenamente viável e não compromete os resultados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando-se os resultados obtidos para os ensaios de resistência à compressão axial para os dois tipos de concreto e para os três tipos de montagem de testemunhos, fica evi-



Figura 8 –(a) testemunho tipo T2F após colagem; (b) testemunho T2F após a ruptura cisalhada da maioria dos corpos de prova montados

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) para o concreto C20 (significância de 95%)

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F _{crítico}
Entre grupos	1,12	2	0,56	0,178	0,845	9,552
Dentro dos grupos	9,45	3	3,15	-	-	-
Total	10,57	5	-	-	-	-

Tabela 5 – Valores médios de resistência à compressão axial do concreto C30

Tipo CP				
Bloco	CPM: 20 cm	TM: 20 cm	T2F: 9,9+9,9 cm	T3F: 5,8+8+5,8 cm
1	44,3 MPa	37,0 MPa	40,2 MPa	38,6 MPa
2	38,4 MPa	38,1 MPa	38,4 MPa	41,4 MPa

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) para o concreto C30 (Significância de 95%)

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F _{crítico}
Entre grupos	6,37	2	3,185	1,555	0,3441	9,552
Dentro dos grupos	6,145	3	2,048	-	-	-
Total	12,515	5	-	-	-	-

denciado que a colagem dos corpos de prova não afetou a precisão da determinação da resistência à compressão por extração de testemunhos. Esta constatação pode ser afirmada com 95% de significância, comprovada utilizando a ferramenta estatística de Análise de Variância (ANOVA).

Desse modo, ficou demonstrado que a consideração da ABNT NBR 7680:2007 sobre a montagem de teste-

munhos, nos casos em que isso seja inevitável, é plenamente viável e não compromete os resultados do trabalho de inspeção.

Os valores obtidos são indicativos de que o procedimento é adequado, sempre que a argamassa de colagem tenha resistência à compressão equivalente à do concreto em análise, para que não influencie negativamente nos resultados dos ensaios.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7584. Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7680. Concreto – extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. Rio de Janeiro, 2007.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8953. Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2009.
- [04] BILESKY, Pedro C & TANGO, Carlos E. S. Avaliação do concreto de peças estruturais pequenas pelo método dos cilindros montados. São Paulo, Técnica, 121, abril 2007. p. 62-8
- [05] TUNCAN, M.; ARIÖZ, O.; RAMYAR, K.; KARASU, B. Assessing concrete strength by means of small diameter cores. Construction and Building Materials, 22, 2008. p. 981-88.
- [06] VIEIRA FILHO, J. O. Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do broqueamento. São Paulo, 2007. 217 p. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. ●

T&A. CREDIBILIDADE PARA CONSTRUIR, TECNOLOGIA PARA INOVAR.



A T&A Pré-Fabricados assume o compromisso de uma engenharia de qualidade em cada fase da obra. Aliando experiência e inovação, a T&A oferece soluções customizadas, logística inteligente, acabamento de ponta e alta durabilidade dos produtos – atributos que solidificaram uma trajetória de resultados amplamente reconhecidos no mercado brasileiro. **T&A. Concretizando o futuro.**



FORTALEZA
RECIFE
SALVADOR
SÃO PAULO
www.tea.com.br

Ensaaios não destrutivos em estruturas de concreto: correlação entre cravação de pinos, esclerometria e ruptura de corpos de prova

DIEGO MAOSKI – TECNÓLOGO EM CONCRETO
SABRINA LIGIANE GALVÃO – TECNÓLOGA EM CONCRETO
WELLINGTON MAZER – PROFESSOR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR

1. INTRODUÇÃO

A utilização de ensaios não destrutivos se apresenta como uma boa alternativa para a inspeção de estruturas de concreto armado sem produzir danos na estrutura, ou quando produz danos, são de pequena magnitude. Esses ensaios, entretanto, devem ser realizados segundo procedimentos adequados, com análise cautelosa dos resultados obtidos, uma vez que eles são afetados por diversos fatores.

Um dos ensaios não destrutivos mais comuns para avaliação da resistência à compressão axial do concreto “*in situ*” é a determinação da dureza superficial através do ensaio de esclerometria. A utilização deste método é normalizada nacionalmente através da ABNT NBR 7584:2012 – Concreto endurecido: avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Outro método também utilizado internacionalmente é o método conhecido como de penetração de pinos. Embora, conforme citado por Evangelista (2002), esse método tenha menor utilização no Brasil, é reconhecido e normalizado internacionalmente (ASTM

C803:2003 (2010) *Standard Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete*).

Os ensaios não destrutivos oferecem vantagens significativas no que diz respeito à velocidade de execução, custo e ausência de danos à estrutura em relação aos ensaios que requerem a remoção de amostras para um posterior exame. Eles permitem a realização de uma maior quantidade de ensaios, possibilitando, assim, uma investigação mais abrangente da estrutura em estudo. Outra vantagem que merece destaque é a imediata disponibilidade de resultados (MALHOTRA E CARINO, 2004).

Para a interpretação dos resultados destes ensaios é necessária a elaboração de curvas de correlação, porém, segundo Malhotra (1984), sempre que houver mudanças dos materiais envolvidos na confecção do concreto, uma nova curva de correlação deverá ser estabelecida. Erros consideráveis poderão ser cometidos na avaliação da resistência à compressão axial caso sejam utilizadas indiscriminadamente curvas de correlação fornecidas pelos fabricantes dos aparelhos utilizados nesses ensaios, uma vez que elas foram estabelecidas para condições de ensaio e materiais específicos.

De acordo com o ACI 228.1R:2003 - *In Place Methods to Estimate Concrete Strength*, a utilização de ensaios não destrutivos no campo deve ser precedida pelo estabelecimento de curvas de correlação, a partir de ensaios realizados no laboratório em corpos de prova (cilíndricos ou cúbicos) de concretos feitos com os mesmos materiais utilizados no concreto da estrutura a ser avaliada. Nestes corpos de prova são realizadas medições de uma determinada grandeza por meio de um ensaio não destrutivo e, logo a seguir, eles são submetidos a ensaios de resistência à compressão. Por fim, os pares de resultados obtidos são submetidos a análises para determinar expressões que melhor caracterizem a correlação desejada.

Vieira (1978) estudou a utilização da Pistola de *Walsywa*, existente no Brasil, em substituição à pistola *Windsor Probe*, utilizada no exterior, denominado Método Brasileiro de Penetração de Pinos.

Segundo a ABNT NBR 7584:2012, a avaliação da dureza superficial pelo *esclerômetro de reflexão*, que consiste fundamentalmente de uma massa martelo que, impulsionada por uma mola, se choca através de uma haste com ponta em forma de calota esférica com a área de ensaio e, como parte da energia é conservada elasticamente, ao fim do impacto, propicia-se o retorno do martelo. Segundo Focaoaru (1984), não há uma correlação única entre o valor do índice esclerométrico e a resistência à compressão, devido à influência de vários fatores nessa relação: tipo e quantidade de cimento,

natureza do agregado, maturidade e teor de umidade do concreto.

Face à facilidade de utilização destes ensaios para a estimativa da resistência à compressão do concreto, este trabalho procurou determinar a correlação entre os ensaios de penetração de pino e esclerometria com a ruptura de corpos de prova cilíndricos feitos em laboratório, com materiais da região de Curitiba, PR.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Para a realização do estudo, foi utilizado o cimento CP-II-Z 32, agregados miúdos e graúdos da região de Curitiba e aditivo superplastificante. Foram moldados 12 corpos de prova cilíndricos de 10x20cm para o ensaio de resistência à compressão axial do concreto e 24 corpos de prova cúbicos de 20x30x40cm, sendo 12 corpos de prova para o ensaio de esclerometria e 12 para o ensaio de cravação de pinos.

2.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio de resistência à compressão seguiu os procedimentos da ABNT NBR 5739:2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. A carga de compressão axial foi aplicada aos corpos de prova por meio de uma prensa hidráulica, modelo Emic DL 30. Para capeamento dos corpos de prova, foram utilizados discos de neoprene dentro de capacetes metálicos.

Os ensaios foram realizados nas idades de 7, 14 e 28 dias, sendo utilizados 4 corpos de prova em cada idade. Na Figura 1, é mostrado um corpo de prova pronto para o ensaio de resistência à compressão axial.

2.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO

Utilizou-se o esclerômetro SCHMIDT-HAMMER, do Tipo N 2,25Nxm, da marca Proceq, e seguiu-se a ABNT NBR 7584:2012 para execução deste ensaio. A calibração do equipamento foi realizada de acordo com o procedimento indicado pelo fabricante.

Foram utilizados 4 corpos de prova prismáticos para cada idade, sendo realizadas 16 medições em cada corpo



Figura 1 – Corpo de prova na prensa



Figura 2 – Realização do ensaio de dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão



Figura 3 – Realização do ensaio de penetração de pinos

de prova, totalizando 64 medições por idade. Na Figura 2, está ilustrado um dos ensaios de esclerometria realizados.

2.4 ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE PINOS

O ensaio consistiu na cravação de pinos de aço de 6,3mm de diâmetro em uma superfície de concreto, conforme ilustrado na Figura 3, com o auxílio da pistola modelo HILTER DX36. As leituras realizadas foram do comprimento do pino antes de sua cravação (57,6mm) e do comprimento exposto após a cravação.

As massas dos cartuchos de pólvora utilizados nos ensaios também foram consideradas. Conforme especificação do fabricante, para o modelo da pistola supracitada, o tipo de munição a ser utilizada deveria ser a carga do tipo vermelha, porém, para comparação dos resultados, a munição do tipo carga amarela também foi utilizada. O que difere uma munição da outra é a quantidade de pólvora existen-

te, sendo que a carga do tipo vermelha possui uma maior quantidade de pólvora e, quanto maior for a quantidade de pólvora, maior será a velocidade de disparo e a pressão exercida pelo cartucho sobre o pino; conseqüentemente, para concretos com mesma resistência, a carga vermelha faz com que ocorra uma maior penetração do pino no corpo de prova quando comparada com a carga amarela.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados do ensaio de compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias. Na Figura 4, apresenta-se a evolução da resistência ao longo do tempo.

Observa-se o crescimento normal da resistência do concreto com o aumento da idade, sendo que aos 7 dias

Tabela 1 – Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos – idade: 7 dias

CP	Idade	Área (cm ²)	Força (kgf)	Tensão (MPa)
CP I	7	78,5	9454	12,0
CP II	7	78,5	12909	16,4
CP III	7	78,5	8520	10,9
CP IV	7	78,5	10821	13,8

Tensão média (MPa): 13,3

Tabela 2 – Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos – idade: 14 dias

CP	Idade	Área (cm ²)	Força (kgf)	Tensão (MPa)
CP I	14	78,5	12794	16,3
CP II	14	78,5	13556	17,3
CP III	14	78,5	13590	17,3
CP IV	14	78,5	14056	17,9

Tensão média (MPa): 17,2

os corpos de prova apresentaram 52% da resistência que chegaram aos 28 dias e, com 14 dias, a resistência era de 67% da resistência alcançada aos 28 dias.

3.2 RESULTADOS DO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO

Conforme recomenda a ABNT NBR 7584:2012, foram executados 16 impactos em cada corpo de prova e os índices que se afastaram em 10% da média foram desconsiderados, sendo, em seguida, determinada uma nova média.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados médios obtidos em cada corpo de prova, para cada idade e as médias finais do ensaio. Na Figura 5, apresenta-se a evolução do índice esclerométrico ao longo do tempo.

Observa-se que uma curva logarítmica apresentou um bom ajuste aos dados obtidos, com R² de 0,991, indicando o crescimento do índice esclerométrico com o aumento da idade do corpo de prova, seguindo o mesmo comportamento do ensaio de resistência à compressão axial; porém, para idades avançadas, a curva ajustada tende a apresentar valores de índices esclerométricos muito elevados, que podem não refletir a realidade.

Tabela 3 – Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos – idade: 28 dias

CP	Idade	Área (cm ²)	Força (kgf)	Tensão (MPa)
CP I	28	78,5	20315	25,9
CP II	28	78,5	20755	26,4
CP III	28	78,5	19876	25,3
CP IV	28	78,5	19754	25,2

Tensão média (MPa): 25,7

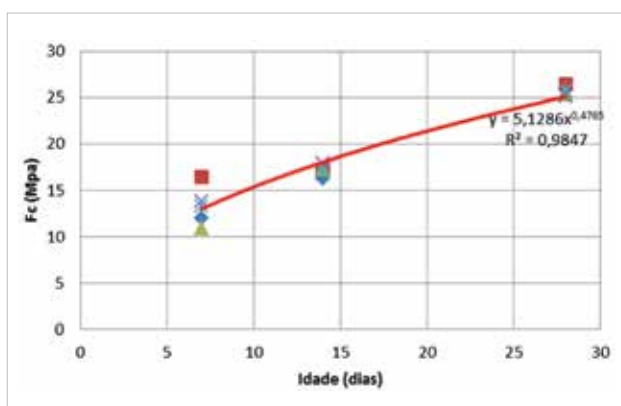


Figura 4 – Resistência à compressão axial média – evolução em função do tempo

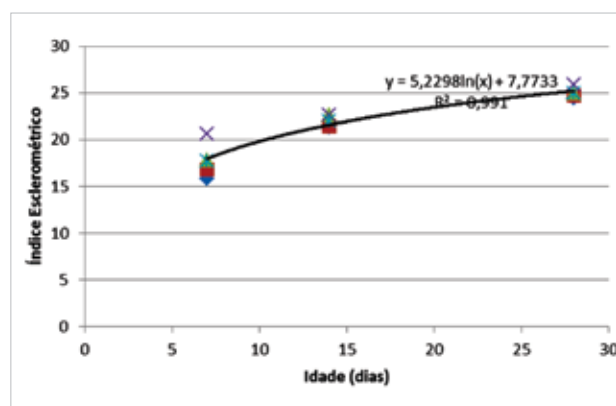


Figura 5 – Evolução índice esclerométrico em função da idade

Tabela 4 – Resultados dos índices esclerométricos

CP	7 dias	14 dias	28 dias
CP I	15,8	21,3	24,4
CP II	16,8	21,4	24,7
CP III	17,8	22,6	25,0
CP IV	20,6	22,6	25,9
Média	17,8	22,0	25,0

3.3 RESULTADOS DO ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE PINOS

Considerando a baixa resistência do concreto nas primeiras idades e o fato da carga do cartucho vermelho possuir uma maior quantidade de pólvora que a carga do cartucho amarelo, realizou-se este ensaio com o cartucho vermelho apenas para a idade de 28 dias, cuja resistência média estimada foi de 24,3MPa. Já para a carga do cartucho amarelo, foram feitos ensaios a 7, 14 e 28 dias, cujos resultados médios são apresentados na Tabela 5. Na Figura 6, mostra-se a evolução ao longo do tempo do comprimento exposto dos pinos, onde foi ajustada uma linha de tendência linear, que apresentou a melhor correlação.

A expressão obtida pelo ajuste que apresentou o melhor R² apresenta limitações na sua utilização, pois, para idades avançadas, o comprimento exposto estaria próximo do comprimento total do pino.

3.4 CORRELAÇÕES ENTRE ENSAIOS

A partir dos resultados obtidos nos ensaios, verificou-se a correlação existente entre eles. Inicialmente, foi feita a análise entre os Índices Esclerométricos e a resistência à compressão dos corpos de prova, ajustando-se uma curva de potência entre os dados, com um R² de 0,9294, conforme mostrado na Figura 7.

Para a idade de 14 dias, o índice esclerométrico médio observado foi de 22,0 e, para a idade de 28 dias, foi de 25,0, conduzindo, respectivamente, às estimativas de resistências à compressão axial de 16,2 MPa e 18,3MPa, utilizando-se a curva de calibração do aparelho. Para a idade de 7 dias, o índice esclerométrico médio foi de 17,8, porém este índice é inferior ao menor valor do gráfico de conversão do aparelho utilizado, não sendo possível estimar a resistência à compressão do concreto. A estimativa de resistência à compressão obtida na idade de 14 dias se aproxima do resultado obtido na ruptura dos corpos de prova, sendo 5,8% menor. Porém para a idade de 28 dias, a estimativa de re-

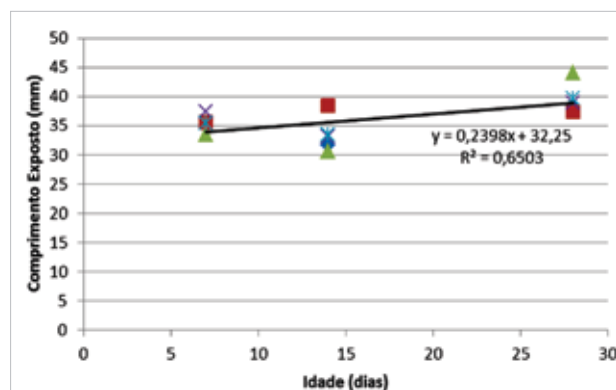
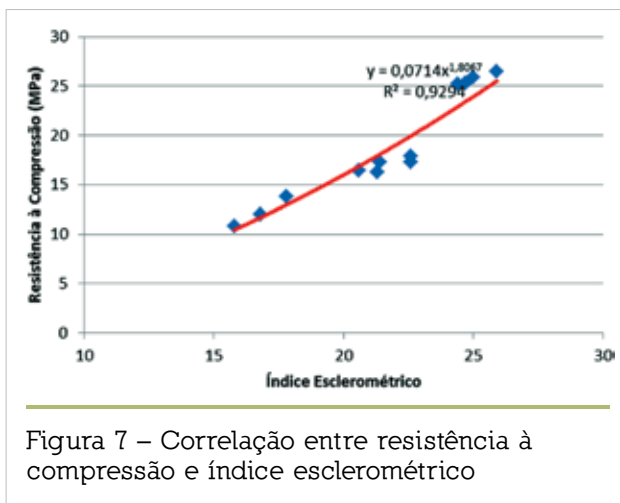


Figura 6 – Evolução penetração de pinos em função da idade

Tabela 5 – Comprimento exposto dos pinos

CP	7 dias	14 dias	28 dias
CP I	34,9	31,7	38,3
CP II	35,6	38,5	37,4
CP III	33,5	30,6	44,1
CP IV	37,4	33,1	38,9
Média	35,4	33,5	39,7



sistência dada pela esclerometria apresentou um resultado 28,8% inferior à ruptura dos corpos de prova.

Com a expressão ajustada, é possível obter estimativas de resistência à compressão para o concreto com 7 dias de idade, que não foi possível obter a partir da curva de calibração do equipamento, com um valor de 13,0 Mpa. Já, para a idade de 14 dias, os valores estimados a partir da curva de calibração do equipamento estão mais próximos dos resultados obtidos na ruptura dos corpos de prova que o valor obtido pela expressão ajustada, que foi de 19,0Mpa. Porém, para os 28 dias de idade, o valor obtidos a partir da curva ajustada (23,0Mpa) volta a apresentar melhor resultado que os valores estimados a partir da curva de calibração do equipamento. No entanto, tanto para a idade de 14 dias quanto para 28 dias, as diferenças dos valores obtidos é pequena, sendo o R^2 em ambos os casos muito próximos.

Para a análise do ensaio de penetração de pinos, foi feita a correlação entre o comprimento exposto dos pinos com os resultados de resistência à compressão obtidos em laboratório. Na Figura 08, é apresentada esta correlação, com o ajuste de uma linha de tendência linear, que apresentou o melhor valor para R^2 .

É possível observar uma grande dispersão entre os valores, resultando em um R^2 muito baixo (0,4566), diminuindo a precisão da correlação destes ensaios. Isto pode ser verificado ao se estimar a resistência à compressão do concreto utilizando os valores médios dos comprimentos expostos dos pinos. Para 7 dias, o comprimento exposto médio foi de 35,4mm, resultando em uma resistência estimada de 17,9Mpa. Já, para 14 dias, tem-se um comprimento exposto médio de 33,5, resultando em uma estimativa de 16,0Mpa e, para 28 dias, a média dos comprimentos expostos foi de 39,7, com uma estimativa de resistência de 22,3Mpa. Sendo que todas as estimativas apresentam-se bem diferentes dos valores de resistência obtidos em laboratório, que são

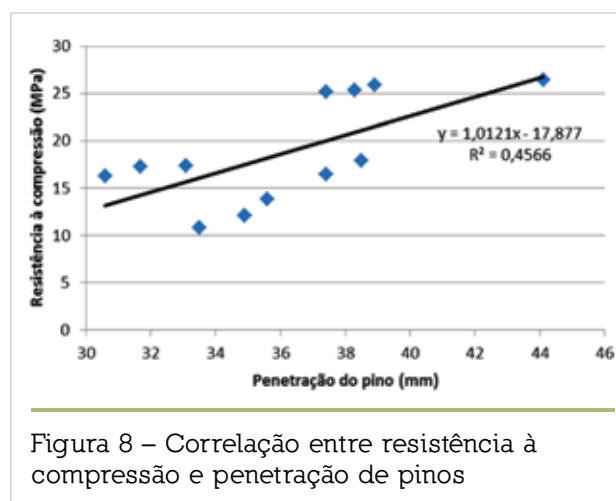
de 13,3Mpa, 17,2Mpa e 25,7Mpa para as idades de 7, 14 e 28 dias, respectivamente, sendo todos os resultados apresentaram erros de estimação superiores a 10%.

4. CONCLUSÕES

A utilização de ensaios não destrutivos para se estimar a resistência à compressão e avaliar a qualidade do concreto tem se tornado cada vez mais comuns, sendo necessária a realização de pesquisas para o estabelecimento de correlações para cada caso. O presente estudo objetiva estabelecer correlações entre o ensaio de esclerometria e de penetração de pinos com a resistência à compressão de concretos obtidos através da ruptura de corpos de prova em laboratório para concretos executados com materiais da região de Curitiba-PR.

O ensaio de esclerometria apresentou resultados para a resistência estimada próximos dos resultados obtidos em laboratório, tanto para a expressão ajustada quanto pela utilização da curva de calibração do aparelho. As diferenças obtidas entre a expressão ajustada e a curva de calibração do fabricante são oriundas dos fatores de influência sobre o ensaio, tais como: tipo de agregado, tipo de cimento, umidade e carbonatação superficial. No entanto, deve-se ter cuidado para a realização do ensaio em concretos com idades baixas, dando-se preferência para a realização do ensaio aos 28 dias de idade, conforme recomenda a ABNT NBR 7584:2012.

Por outro lado, o ensaio de penetração de pinos apresentou resultados bastante dispersos para o caso estudado, com erros de estimação superiores a 10% dos valores obtidos em laboratório pela ruptura de corpos de prova. Para a idade de 28 dias, os resultados dos ensaios de penetração de pinos e de esclerometria apresentam-se bastante próximos e com ordem de grandeza similar aos valores obtidos em laboratório pela ruptura de corpos de prova; porém,



devido à baixa correlação obtida, acredita-se que este ensaio deva ser utilizado e seus resultados interpretados com bastante parcimônia.

A partir dos resultados obtidos, observa-se que ambos os ensaios apresentaram resultados similares para a estimativa de resistência à compressão do concreto para a idade de 28 dias, porém o ensaio de determinação da dureza superficial através da utilização do esclerômetro de reflexão é mais fácil de ser realizado, possui norma

nacional e apresentou boa correlação com a ruptura de corpos de prova, sendo uma boa alternativa para a estimativa da resistência à compressão do concreto. Já, o ensaio de penetração de pinos necessita dos cuidados de utilização de uma arma de fogo, possui apenas normalização internacional e a correlação obtida com a ruptura de corpos de prova foi baixa, de modo que se acredita que ainda exista a necessidade de mais estudos para a utilização deste ensaio.

Referências Bibliográficas

- [01] EVANGELISTA, A.C.J., “Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaio Não Destrutivos”. [Rio de Janeiro] 2002. COPPE/UFRJ, 219 p.
- [02] FOCAOARU, I., 1984, “Romanian Achievements in Nondestructive Strength of Concrete”, In Situ/Nondestructive Testing of Concrete, Special Publication SP-82, American Concrete Institute, Detroit, pp.35-56.
- [03] MALHOTRA, V. M., 1984, “In Situ/Nondestructive Testing of Concrete – A Global Review”, In Situ/Nondestructive Testing of Concrete, Special Publication SP-82, American Concrete Institute, Detroit, pp. 1-16.
- [04] MALHOTRA, V. M., CARINO, N.J., “Handbook on Nondestructive Testing of Concrete”, CRC Press, 2004 - 392 páginas.
- [05] Vieira, D.P., 1978, “Método Brasileiro de Penetração de Pinos”, XIX Jornadas Sudamericanas de Engenharia Estrutural, Santiago, Chile. ●

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.

Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto forno ativados por catalisador cristalino

EMILIO M. TAKAGI – GERENTE DE PRODUTO E MESTRE
MC-BAUCHEMIE BRASIL/INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA (ITA)

MARYANGELA G. LIMA – PROFESSORA DOUTORA
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA DO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA (ITA)

PAULO HELENE – DIRETOR
PHD ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

A relevância da pesquisa é apresentar o desenvolvimento no Brasil da tecnologia de concretos autoadensáveis autocicatrizantes pela abordagem autógena, buscando, dentre os cimentos comerciais, aqueles com maior potencial de autocicatrização. Concretos autocicatrizantes foram utilizados recentemente na laje de subpressão do Museu da Imagem e do Som (M.I.S.), em Copacabana, e também na Cobertura Fluida do Museu de Arte do Rio (M.A.R.), no centro da cidade do Rio de Janeiro.

Os engenheiros BRITZ e HELENE apresentaram os desafios envolvidos na concretagem da uma laje de subpressão estanque em concreto armado da nova sede do M.I.S., com 1m de espessura e volume de 1.200m³, situada a 50m da orla marítima. O traço do concreto com propriedades autocicatrizantes possuía relação água/aglomerante = 0,35 (130kg de gelo em cubos à -10°C + umidade de 5% da areia), vinculado à classe de agressividade IV e com consumo por m³ de 448kg de ci-

mento CPM 40RS, adição de 30kg sílica ativa e 4,5kg de aditivo impermeabilizante por cristalização integral Cat-X concentrado. Os resultados demonstraram que a composição do concreto, o plano de concretagem e os procedimentos executivos empregados foram decisivos para promover uma estrutura íntegra e com propriedades estanques, dispensando, nesse caso, alternativas tradicionais e convencionais de impermeabilização, bem como algumas engenhosidades empregadas na construção dessa laje do M.I.S. [1].

Para o traço do concreto da Cobertura Fluida do M.A.R., o engenheiro ALMEIDA especificou uma composição com relação água/aglomerante 0,45 (189 litros de água) e com consumo por m³ de 391kg de cimento CPM 40RS, adição de 30kg sílica ativa e 8,0kg de agente cristalizante Cat-X. Esta cobertura, com 66m de comprimento e 25m de largura (1.700m²), possui a forma de uma onda com desníveis de até 1,75m e gera uma impressão de fluidez com diferentes espessuras (predominantemente de 15cm), “flutuando” a cerca de 30m de altura

apoiada em 37 tubos de aço galvanizado. O maior desafio foi a preparação da fôrma desta cobertura fluida que foi moldada com peças de isopor EPS, com 6m por 8m em média e em torno de 800kg, pelo responsável da Festa do Boi Garantido em Parintins - AM. A concretagem da laje foi executada em apenas um dia, com uma concretagem ininterrupta de 13 horas, para evitar que a cobertura apresentasse junta de concretagem. Na concretagem dos 320m³ de concreto, 80% da água foi substituída por gelo, todos os concretos dos caminhões foram lançados em temperaturas entre 16°C a 21°C, com a trabalhabilidade necessária e retardando a pega, evitando ao máximo a fissuração. A laje foi calculada com uma taxa de armadura muito alta de 310kg/m², para apresentar um comportamento estrutural como uma casca de concreto [2].

O concreto autoadensável (CAA) é uma das mais recentes conquistas na tecnologia do concreto. No entanto, em comparação com os concretos convencionais, os CAAs mostram níveis muito mais elevados de retração térmica e autógena; esses CAAs apresentam resistências altas e, portanto, são mais propensos a fissurar em uma idade mais precoce do que os concretos com resistências normais. As investigações do pesquisador SAHMARAN *et al.* sobre as propriedades de autocicatrização de CAAs submetidos à carregamento mecânico levou ao desenvolvimento de um novo mecanismo de cicatrização baseado na hidratação contínua das partículas de cimento quando exposto à água [3].

Em investigações posteriores das capacidades de autocicatrização de compósitos cimentícios incorporando diferentes materiais suplementares cimentícios (MSC), SAHMARAN *et al.* observaram que a cicatrização foi mais evidente nas amostras que utilizavam a escória de alto forno (EAF) [4]. Além disso, a elevada área específica da superfície dos grãos da EAF fornece mais locais de nucleação, bem como os íons OH⁻ e álcalis para o fluido dos poros quando EAF é ativada.

A pesquisadora DE BELIE *et al.* demonstra que os produtos de hidratação dos grãos de cimento Portland e das EAF são praticamente os mesmos, exceto pelas menores quantidades de cristais de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) nos cimentos com teores mais elevados de EAF e, portanto, este concreto possui uma estrutura de poros mais refinada com uma menor quantidade de Ca(OH)₂, o que, por conseguinte, contribuir para a sua maior resistência química [5].

O Cat-X (Xypex Admix C-500) é um material cimentício sintético classificado como um impermeabilizante hidrófilo, ou também como um aditivo redutor da permeabilidade hidrostática de acordo com o relatório sobre aditivos químicos

para concreto ACI 212.3R-10. Os pesquisadores SISOMPHON, COPUROGLU e KOENDERS verificaram que as substâncias químicas ativas do Cat-X reagem com o Ca(OH)₂ para formar produtos cristalinos que desconectam poros e preenchem as fissuras do concreto, e que esses produtos de cristalização somente podem ocorrer quando estiver presente umidade suficiente [6].

KURAMOTO *et al.* demonstra que, por meio da difusão, as substâncias químicas ativas do Cat-X utilizam-se da água como um meio para migrar e entrar nas fissuras do concreto. Neste processo, o Cat-X precipita uma reação química entre a umidade e os subprodutos de hidratação do cimento, formando uma nova estrutura de cristais não solúveis de hidrato de silicato de cálcio (C-S-H) e carbonato de cálcio (CaCO₃), incluindo cristais de apatita (CaF₂ são cristais resistentes às substâncias químicas com pH entre 3 e 11) e cristais de enstatita (MgSiO₃ são cristais resistentes à temperatura a partir de -32°C até +130°C). Esta estrutura cristalina integral preenche os poros e as fissuras, tornando o concreto impermeável. O Cat-X possui muitas propriedades físicas e químicas que são surpreendentemente semelhantes aos dos argilominerais. A elevada capacidade de troca de cátions e a intercalação de ácidos carboxílicos (-COOH) na estrutura do Cat-X fazem com que a capacidade de dupla troca entre seu íon intercalar de sódio (Na⁺) por íons de cálcio (Ca²⁺) seja mais versátil e facilmente obtida. O Cat-X tem sido extensivamente estudado para a supressão e controle de reações álcali-agregado (RAA) no concreto, através da descarga alcalina resultante da função quelante do Cat-X [7].

Esta técnica de impermeabilização foi utilizada visando diminuir a migração de radionuclídeos (Césio¹³⁷) no concreto utilizado nas estruturas para o tratamento, armazenamento e disposição de resíduos de baixo nível radioativo no Japão, e também foi usado para a impermeabilização de pontes e túneis das linhas do trem bala Shinkansen da Japan Railways [8].

O efeito das condições de exposição do concreto à água desempenha um papel importante na eficiência de autocicatrização e dos tipos de cristais de cicatrização formados. As condições de exposição de ciclos úmido/seco mostram que, em uma recuperação mecânica ótima, uma mistura de CaCO₃, C-S-H e etringita são encontrados como sendo os principais cristais de cicatrização encontrados no interior da fissura. Exposição contínua de água conduz à formação de CaCO₃ nas bordas da fissura, o que é preferível em termos de estanqueidade; no

Tabela 1 – Traço do CAA (composição em kg/m³)

Ingredientes	Quantidades	Nota
Água	196 kg	Relação a/c = 0.5
Cimento	392 kg	CPIII / CPII-E / CPV
Catalisador cristalino (Cat-X)	10 kg	2.5% sobre o peso de cimento
Areia de quartzo	573 kg	70% do agregado miúdo
Areia artificial	246 kg	30% do agregado miúdo
Pedrisco 9,5 mm	651 kg	70% do agregado graúdo
Brita 1 25 mm	279 kg	30% do agregado graúdo
Superplastificante SP	2,4 ~ 3,2 kg	0,6 ~ 0,8% sobre o peso de cimento
Superplastificante PCE	4,0 kg	1,0% sobre o peso de cimento
Modificador de viscosidade	2,0 kg	0,5% sobre o peso de cimento
Fibra de vidro AR	0,9 kg	Resistente à álcalis – 12 mm

entanto, esta formação diminui a recuperação das propriedades mecânicas [9].

Portanto, os seguintes mecanismos devem ser considerados para uma dosagem de um concreto autocicatrizante robusto: (a) Um mecanismo de hidratação contínua com o uso de cimento composto por grandes quantidades de EAF, (b) um mecanismo de cicatrização química com a adição de Cat-X para provocar um efeito de dissolução e recristalização do cimento nas fissuras de concreto, e (c) um mecanismo de restrição da abertura da fissura com a adição de fibras dúcteis para reforçar a matriz de cimento [10].

Os mecanismos de cicatrização propostos têm a vantagem de que uma segunda ação cicatrizante pode ocorrer e poderá ser facilmente implementada em estruturas de concreto que não são facilmente acessíveis para a manutenção e o reparo, tais como: estruturas subterrâneas, pontes e barragens. Embora os custos iniciais sejam maiores, os custos de manutenção podem ser reduzidos e a vida útil de serviço das estruturas pode ser prolongada, porque o dano é imediatamente reparado.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste programa, as experiências realizadas em concreto endurecido podem ser agrupadas em ensaios para determinar as propriedades mecânicas com a resistência à compressão axial (RCA) e a velocidade do pulso ultrassônico (VPU), e as propriedades de permeabilidade com a taxa de absorção de água (TAA) e a carga de migração de cloretos (CMC). Amostras de concreto com e sem a adição do Cat-X foram ensaiadas, utilizando três tipos de cimentos comerciais brasileiros: CPIII 40RS, CPII E40 e CPV ARI Plus, com teores distintos de EAF nas faixas de 55%, 34% e 0%, respectivamente. Os corpos de prova dos ensaios foram carregados na prensa aos 28 dias com 90% da carga de ruptura de compressão, de modo a gerar uma rede de microfissuras. As amostras fissuradas aos 28 dias foram mergulhadas em água com cal para ativar o mecanismo de cicatrização até os 56 dias.

2.1 DOSAGEM, PREPARAÇÃO E MOLDAGEM DO CAA

Seis traços de CAA foram preparados com as composições resumidas na Tabela 1, para todos os três tipos de cimentos, com e sem a adição do Cat-X. O consumo total de cimento e a relação água/cimento (a/c) de 0,5 foram mantidos constantes. Um aditivo superplastificante (SP) foi adicionado para conseguir um abatimento inicial de 80 mm; em seguida, um segundo aditivo à base de policarboxilato (PCE) foi adicionado para obter um espalhamento em torno de 700 mm para todas as misturas.

A inspeção visual de concreto fresco não detectou qualquer segregação ou exsudação em qualquer uma das misturas durante os testes. Para cada uma das misturas de concreto, foram preparados corpos de prova cilíndricos de Ø100mm x 200mm para os ensaios mecânicos. Para os ensaios de permeabilidade, os corpos de prova cilíndricos foram serrados em fatias com espessuras de 50mm, e as duas fatias médias de cada amostra foram utilizadas para os ensaios.

2.2 RECUPERAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

A RCA de cada uma das misturas foi determinada antes dos 28 dias e após o pré-carregamento de 90% da carga de ruptura, para, em seguida, sobrecarregá-las até a ruptura conforme a Figura 1. As amostras restantes foram pré-carregadas com 90% da carga de ruptura correspondente e foram, então, subsequentemente armazenadas em água saturada de cal a 23 ± 2 °C, durante um período adicional de 28 dias e 56 dias. Nas amostras aditivadas com o Cat-X, à medida que o teor de EAF aumenta, houve um aumento significativo nas propriedades de recuperação mecânica e de redução da permeabilidade. Portanto, observa-se também que as amostras com EAF ativados com Cat-X são menos afetadas pelos efeitos dos carregamentos mecânicos.

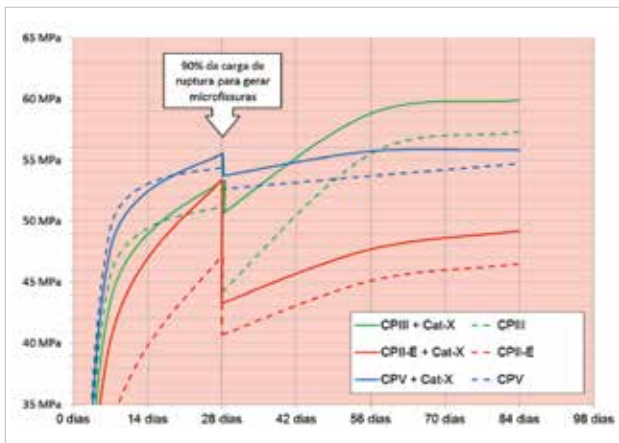


Figura 1 – Comportamento da RCA devido à fissuração e ao efeito cicatrizante

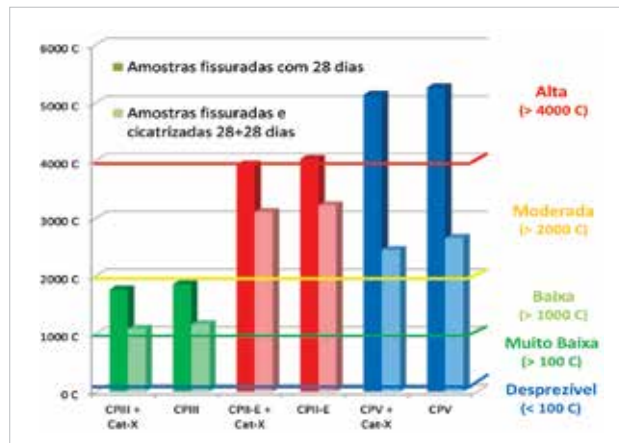


Figura 2 – Redução percentual da migração de cloretos comparando os 3 cimentos

2.3 REDUÇÃO DAS PROPRIEDADES DE PERMEABILIDADE

O teste rápido de permeabilidade ao cloreto (TRPC) permite a comparação da resistividade do concreto das amostras fissuradas aos 28 dias com as amostras fissuradas e cicatrizadas por 56 dias para todas as misturas (Figura 2). Este valor, determinado em coulombs, está relacionado com a capacidade do concreto para resistir à penetração de íons cloreto através das amostras. A recuperação da propriedade de estanqueidade indica uma maior cicatrização nas amostras com cimento CIII, CPV e CII-E, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CORPOS DE PROVA FISSURADOS E NÃO CICATRIZADOS

Os corpos de prova fissurados foram ensaiados imediatamente após o pré-carregamento, e considera-se que não houve tempo de passar por qualquer cicatrização da fissura.

Os resultados na Tabela 2 mostram que, para as amostras não cicatrizadas, a RCA, VPU, TAA e o TRPC foram influenciados pela adição do Cat-X e pelo teor de EAF no cimento comercial.

3.2 EFEITOS DA AUTOCICATRIZAÇÃO

O Cat-X influencia na melhora dos valores de RCA das amostras fissuradas e cicatrizadas em 5,9% no CIII, 5,8% no CII e 3,7% no CPV. No ensaio TRPC, os valores foram reduzidos em 7,2% no CIII, em 3,6% no CII e em 7,8% no CPV. Estes valores mostram que o efeito de aut cicatrização depende do tipo de materiais de cimento utilizado, o teor de EAF e da adição de Cat-X. Conclusões semelhantes também podem ser feitas para o TRPC. No entanto, deve notar-se que, comparando os resultados entre as Tabelas 2 e 3, os efeitos de aut cicatrização se tornam mais visíveis. A quantidade na redução dos valores de TRPC foi de 52% para 49% no CPV, de 38% para 37% no CIII e de 21% para 20% no CII-E.

Tabela 2 – Propriedades dos corpos de prova fissurados não cicatrizados

	Cimento	RCA	VPU	Absorção	TRPC
Mistura 1	CIII + Cat-X	50,6 MPa	4.514 m/s	0,0243 mm	1.764 C
Mistura 2	CIII	44,2 MPa	4.413 m/s	0,0309 mm	1.860 C
Mistura 3	CII + Cat-X	43,3 MPa	4.566 m/s	0,0326 mm	3.927 C
Mistura 4	CII	40,7 MPa	4.247 m/s	0,0407 mm	4.023 C
Mistura 5	CPV + Cat-X	53,7 MPa	4.565 m/s	0,0327 mm	5.139 C
Mistura 6	CPV	52,6 MPa	4.679 m/s	0,0406 mm	5.262 C

Tabela 3 – Efeito da cicatrização nas amostras fissuradas e cicatrizadas

	Cimento	RCA	VPU	Absorção	TRPC
Mistura 1	CPIII + Cat-X	58,8 MPa	4.540 m/s	0,0182 mm	1.086 C
Mistura 2	CPIII	55,5 MPa	4.646 m/s	0,0204 mm	1.170 C
Mistura 3	CPII + Cat-X	47,7 MPa	4.566 m/s	0,0267 mm	3.108 C
Mistura 4	CPII	45,1 MPa	4.665 m/s	0,0273 mm	3.225 C
Mistura 5	CPV + Cat-X	55,7 MPa	4.492 m/s	0,0274 mm	2.451 C
Mistura 6	CPV	53,7 MPa	4.494 m/s	0,0265 mm	2.658 C

4. CONCLUSÕES

Nas amostras aditivadas com o Cat-X, à medida que o teor de EAF aumenta, houve um aumento significativo nas propriedades de recuperação mecânica e de redução da permeabilidade. Portanto, observa-se também que as amostras com EAF ativadas com Cat-X são menos afetadas pelos efeitos dos carregamentos mecânicos.

A recuperação das propriedades de estanqueidade indica uma maior autocicatrização nas amostras com cimento CPIII, CPV e CPII-E, respectivamente.

Ficou claro que o catalisador cristalino foi eficaz em melhorar as propriedades mecânicas e de permeabilidade de CAA sujeitas a carregamento mecânico.

As condições de cura desempenham um papel importante no processo de autocicatrização. Em geral, as condições

de cura em ciclos de seco/úmido são o mais recomendadas. Para o desenvolvimento de técnicas que garantam a durabilidade em longo prazo das estruturas de concreto quando submetidos à exposição contínua de água, é recomendável melhorar com materiais suplementares cimentícios, tais como: escória de alto forno (EAF), sílica ativa e catalisador cristalino (Cat-X).

5. AGRADECIMENTOS

Estamos gratos pelos conselhos recebidos sobre os procedimentos de ensaio fornecidos pelo Dr. Patrick McGrath, da Xypex Chemical Corporation. Esta pesquisa, desenvolvida no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, foi apoiado pela MC-Bauchemie Brasil, pelo qual dedicamos um agradecimento especial.

Referências Bibliográficas

- [01] BRITEZ, C. HELENE, P. BUENO, S. PACHECO, J. Estanqueidade de lajes de subpressão. Caso MIS-RJ. In: 55o Congresso Brasileiro do Concreto. 2013. Gramado. Anais... p. 1–16.
- [02] ALMEIDA, I. R. A onda de concreto que flutua no M.A.R. Revista Concreto & Construções – IBRACON, v. 72, p. 100-10, Out-Dez. 2013.
- [03] Şahmaran, M. Keskin, S. B. Ozerkan, G. Yaman, I. O. Self-healing of mechanically-loaded self-consolidating concretes with high volumes of fly-ash. *Cem Concr Compos*, 2008;30:872-9.
- [04] Şahmaran, M.; Yildirim, G.; Erdem, T. K. Self-healing capability of cementitious composites incorporating different supplementary cementitious materials. *Cem Concr Compos*, 2013;35:89–101.
- [05] De Belie, N. Verselder, H. J. De Blaere, B. Van Nieuwenburg, D. Verschoore, R. Influence of the cement type on the resistance of concrete to feed acids. *Cem Concr Res*, 1996;26;(11):1717-25.
- [06] Sisomphon, K.; Copuroglu, O.; Koenders, E. A. B. Self-healing of surface cracks in mortars with expansive additive and crystalline additive. *Cem Concr Compos*, 2012;34:566–74.
- [07] Kuramoto, Y.; Matsuda, Y.; Nakamura, Y.; Irie, M. Verification of suppression of AAR by a metal carrying complex compound. In: Proceedings of 11th international conference of alkali-aggregate reaction in concrete. Québec, Canada; 2000:1-9[in CD]
- [08] Maki, Y.; Ohnuma, H. Application of concrete to the treatment and disposal of radioactive waste in Japan. *Nuclear Engineering Design*, 1992;138;(2):179–88.
- [09] Sisomphon, K.; Copuroglu, O.; Koenders, E. A. B. Effect of exposure conditions on self healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating various cementitious materials. *Constr Build Mater*, 2012;42:217–24.
- [10] Takagi, E. M.; Lima, M. G.; Helene, P. R. L. Contribution to study of the self-healing effect activated by crystalline catalysts in concrete structures when subjected to continuous exposure to water. In: Proceedings of the 3rd international conference of concrete repair, rehabilitation and retrofitting, Cape Town, South Africa; 2012;III:1415-9. ●

Especificação e controle de alvenarias em blocos de concreto

GUILHERME ARIS PARSEKIAN
 RICARDO LUIZ CANATO
 ERNESTO SILVA FORTES
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

1. INTRODUÇÃO

Estruturas de alvenaria são realizadas desde o início das construções feitas pelo homem, cerca de 12 mil anos atrás. Nessas, elementos de alvenaria (combinação de várias unidades arranjadas de forma coerente, unidas ou não por argamassa e graute) servem de suporte à edificação. Até meados do século 19, quase todas as estruturas tinham alvenaria em parte dos seus elementos estruturais, sendo comum a concepção de pisos de madeira sobre paredes de alvenaria.

Apesar de serem estrutura, não considera-se adequado chamar essas paredes de alvenaria estrutural. Essa começou a ser desenvolvida apenas no século 20 e é caracterizada pela engenharia aplicada, com estudos, pesquisas, modelos e conceitos desenvolvidos dentro da disciplina. Nos EUA, é comum chamar a Alvenaria Estrutural de “Engineered Masonry”, algo como “Alvenaria de Engenheiro” ou “Alvenaria Projetada” em uma tradução livre.

Para chamar de ALVENARIA ESTRUTURAL precisa:

- I – DIMENSIONAMENTO → Cálculo;
- II – RACIONALIZAÇÃO → Projeto Modular, compatibilizado, detalhado;
- III – CONTROLE DA CONSTRUÇÃO → caracterização prévia dos materiais, recebimento de blocos, controle de argamassa, graute e prisma, controle da produção da alvenaria.

Neste artigo são resumidos parâmetros para espe-

cificações de projeto e especificações para controle de obras em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

2. ESPECIFICAÇÕES

O dimensionamento de alvenarias é baseado na resistência característica à compressão do prisma (f_{pk}), que depende em grande parte do bloco utilizado e sua resistência característica à compressão (f_{bk}), da existência ou não de graute e também da resistência média da argamassa (f_a).

Para a construção de edifícios, deve-se especificar f_a com valor próximo a f_{bk} e nunca menor que $0,7 \times f_{bk}$, nem menor que 4,0 MPa. Não é conveniente especificar com valor maior que $1,5 \times f_{bk}$. Nessa faixa de resistência, a argamassa será mais deformável que o bloco. Uma boa aderência entre a argamassa e bloco garante confinamento da primeira e ruptura da alvenaria por tração lateral do bloco. Argamassas muito fortes permitem pouca acomodação de deformações, levando ao risco de fissuramento. Em contrapartida, argamassas muito fracas prejudicam a resistência da alvenaria. A faixa indicada neste parágrafo é a considerada razoável para projetos. Para edifícios de múltiplos pavimentos, pode ser interessante padronizar a especificação de f_a para o valor do f_{bk} maior, dentro dos limites aqui indicados. Por exemplo, para um prédio com bloco de f_{bk} igual a 4,0 a 8,0 MPa, pode ser conveniente utilizar uma única argamassa de $f_a = 6,0$ MPa.

Especificar valores de f_{gk} (resistência característica à

Tabela 1 – Parâmetros para projeto (Parsekian, 2012)

MPa, área bruta						
f_{bk}	f_a	f_{gk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*
3,0	4,0	15,0	0,80	2,40	2,00	4,80
4,0	4,0	15,0	0,80	3,20	2,00	6,40
6,0	6,0	15,0	0,80	4,80	1,75	8,40
8,0	6,0	20,0	0,80	6,40	1,75	11,20
10,0	8,0	20,0	0,75	7,50	1,75	13,13
12,0	8,0	25,0	0,75	9,00	1,60	14,40
14,0	12,0	25,0	0,70	9,80	1,60	15,68
16,0	12,0	30,0	0,70	11,20	1,60	17,92
18,0	14,0	30,0	0,70	12,60	1,60	20,16
20,0	14,0	30,0	0,70	14,00	1,60	22,40

compressão do graute) muito superiores ao material do bloco, que, no caso de blocos vazados de concreto, vale aproximadamente $2 \times f_{bk}$, não reflete um maior aumento de resistência à compressão. A recomendação é indicar o graute com cerca de duas vezes o f_{bk} . Para atender a padronização das classes de concreto, f_{gk} é especificado de 5 em 5 MPa (C15, C20, C25 ...) e com no mínimo 15 MPa. Para blocos de resistência muito elevada, por questões práticas de dosagem e economia, essa relação pode ser reduzida, mantendo-se o f_{gk} em 30 MPa. O aumento esperado na resistência à compressão do prisma pelo grauteamento depende da combinação entre bloco e graute, sendo esperados valores maiores de aumento para blocos de menor resistência.

Em trabalho realizado em parceria entre ABCP e

UFSCar, uma série de discussões foi realizada com grupo de projetistas especialistas, que gerou o livro “Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto” Parsekian (2012), disponível para download na Comunidade da Construção (<http://www.comunidadedaconstrucao.com.br>). Parâmetros para projeto consensuais na discussão estão reproduzidos na Tabela 1. Posteriormente, esses parâmetros foram confirmados e expandidos para faixa de maiores valores de f_{bk} em trabalho relatado em Fortes (2012), com resultados ilustrados na Figura 1.

Maiores informações sobre comportamento de alvenarias podem ser encontradas em Parsekian et al. (2013).

3. CONTROLE DE OBRAS

A NBR 15961-2 (Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras) traz as especificações para o controle da obra, destacadas a seguir.

3.1 CARACTERIZAÇÃO PRÉVIA

Antes do início da obra, deverá ser feita a CARACTERIZAÇÃO PRÉVIA de todos os conjuntos de componentes a serem utilizados na obra (uma série de ensaios para cada resistência de bloco). Fazem parte da caracterização prévia os ensaios destacados na Figura 2. Segundo NBR 15961-2: “No caso do fornecedor dos materiais já ter realizado a caracterização da alvenaria com os materiais a serem usados dentro do prazo de 180 dias que

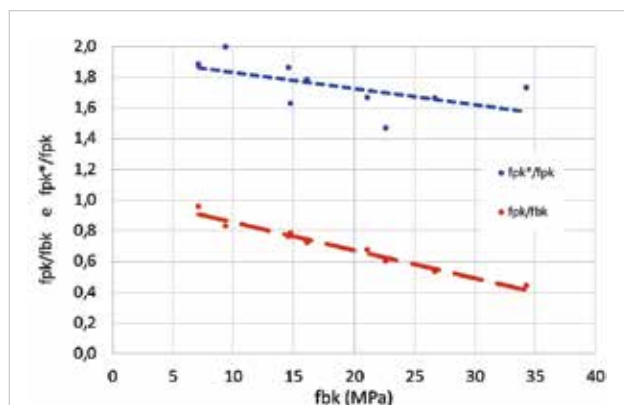


Figura 1 – Relações resistência prisma/bloco e prisma cheio/oco (Fortes 2012)

antecedem o início da obra, este procedimento torna-se desnecessário, podendo ser utilizados os resultados desta caracterização anterior”.

3.2 CONTROLE DURANTE A CONSTRUÇÃO

Durante a construção, devem ser feitos ensaios de blocos, argamassas, graute e prismas. Os ensaios de prismas podem ser prescindidos para o caso de pequenas construções, quando a resistência do bloco for muito superior ao cálculo da resistência de prisma de projeto. Eventualmente para casas e sobrados, pode ser interessante aumentar a resistência do bloco para que não seja necessário o ensaio de prisma, mantendo as prescrições de segurança da NBR 15961-2.

3.2.1 Dispensa de ensaios de prisma

O critério para dispensa de ensaios de prisma é:

$$f_{bk} = 2,9 \times f_{pk}$$

ou

$$f_{pk}, \text{ caracterização prévia (fabricante ou obra)} \geq 2 \times f_{pk} \quad [1]$$

Se o projetista de uma casa térrea calculou f_{pk} igual a 0,7 MPa, essa pode ser executada sem neces-

sidade de ensaios de prisma se forem utilizados blocos de $f_{bk} = 3,0$ MPa ($f_{bk} \geq 2,9 \times f_{pk}$).

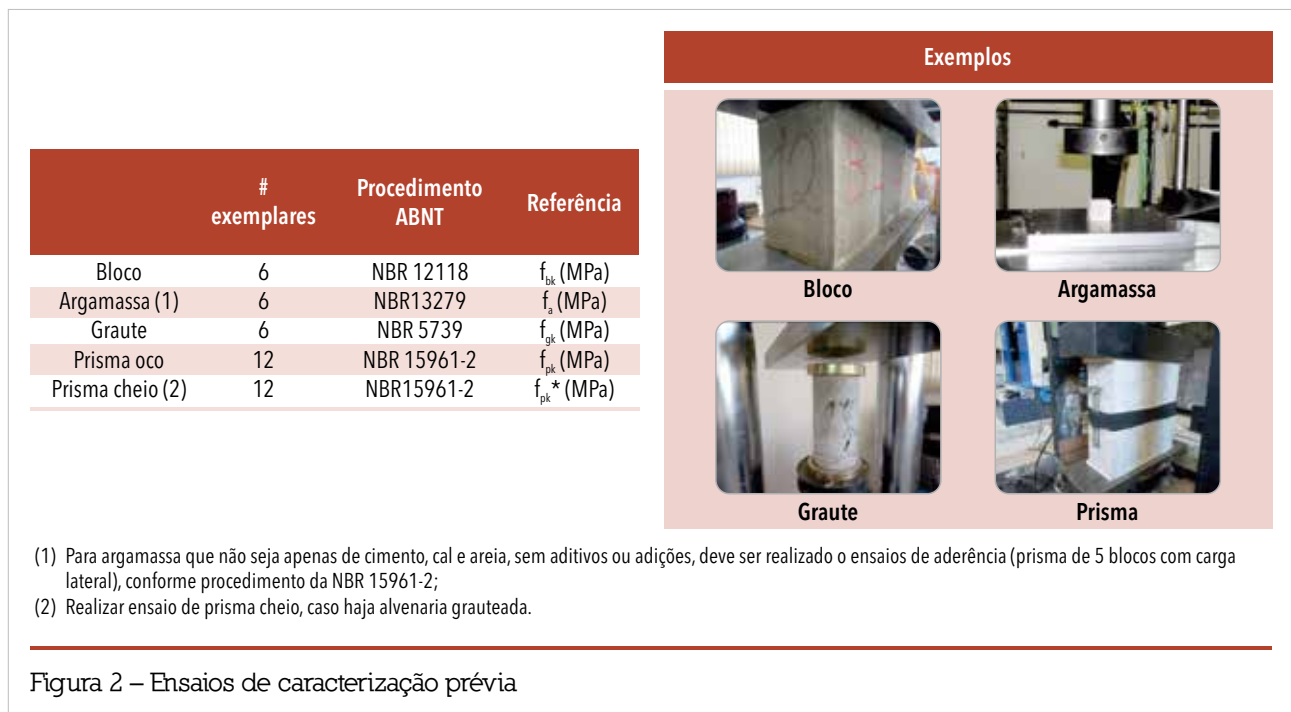
Um segundo caso pode ser a construção de um sobrado, onde o projeto indica f_{pk} de 1,4 MPa. Para não precisar de ensaios de prisma, o bloco deve ter resistência mínima de $2,9 \times 1,4 = 4,1$ MPa, um pouco acima do $f_{bk} = 4,0$. Se o fabricante de blocos tiver feito a caracterização prévia de blocos de 4,0 MPa e o prisma tiver resultado em $f_{pk} = 3,2$ MPa, as obras para qual esse fabricante fornece blocos estão dispensadas de realizar ensaios de prisma (f_{pk} , caracterização prévia $\geq 2 \times f_{pk}$).

3.2.2 Ensaios durante a obra

Para cada tipo de bloco (variação na resistência, geometria ou fabricante) devem ser controlados o bloco, argamassa, graute e prisma (exceto na dispensa do item anterior).

3.2.2.1 Bloco

De acordo com a versão de 2014 da NBR 6136 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos), o fabricante deve controlar todo lote de fabricação, constituído de, no máximo, um dia de produção ou 40.000 blocos (o que for menor). O comprador deve verificar o lote de fábrica, ou seja deve retirar uma amostra



de cada lote entregue para ensaios. Deve-se notar que o lote é definido pela produção da fábrica e não por dados da obra. Se o fabricante produzir uma quantidade grande de blocos por dia, o lote será maior. Para pequenos fabricantes, com menor volume de produção diária, haverá mais lotes para controle.

O número de exemplares da amostra depende do tamanho do lote. Considerando fabricante sem desvio padrão conhecido, tem-se (reservar igual número para contraprova):

- Lote de até 5.000 blocos, amostra de 9 exemplares;
- Lote entre 5.000 e 10.000 blocos, amostra de 11 exemplares;
- Lote acima de 10.000 blocos, amostra de 13 exemplares.

Dessa amostra, realizam-se os ensaios de recebimento conforme especificações da NBR 6136 e procedimentos da NBR 12118 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio).

3.2.2.2 ARGAMASSA E GRAUTE

Para cada tipo de argamassa e graute (mesmo traço, procedência de materiais e processo de dosagem e mistura), deve ser definido um lote de argamassa e graute não superior a 500 m² por área em planta e dois pavimentos. Na maioria das vezes, contando que o pavimento-tipo tenha mais que 250 m² em planta, o lote será igual a um pavimento.

Desse lote retira-se uma amostra de seis exemplares de graute e mais seis de argamassa, a serem ensaiados à compressão, conforme procedimento indicado na Figura 2.

3.2.2.3 PRISMA

Quando não é possível dispensar o ensaio de prisma

conforme item 3.2.1, os ensaios de prisma podem ser feitos de forma padrão ou otimizada.

No caso de construção de um único edifício, com repetições de mesmo tipo de bloco não superior a quatro pavimentos, na maioria das vezes é mais adequado o ensaio padrão. Nesse caso, o lote é um pavimento e a amostra é de seis prismas, devendo ser reservado na obra mais seis prismas para eventual contraprova. Destaca-se que a NBR 15961-2 permite a moldagem dos prismas no laboratório para fbk até 10 MPa.

Na construção de um empreendimento onde um conjunto de prédios idênticos é construído ao mesmo tempo, pode-se aplicar o controle otimizado. Nesse caso, o primeiro prédio é controlado de forma independente, usualmente realizando seis prismas por andar. Para os demais edifícios, do segundo em diante, pode-se aproveitar o resultado do ensaios de um pavimento com mesmo tipo de bloco para determinar a necessidade de realizar ensaios de prismas para os pavimentos de mesmo tipo de bloco nos demais prédios. A Tabela 2 indica as condições para determinar o número de ensaios subsequentes a partir de resultados anteriores.

Com um número de repetições grande, eventualmente a necessidade ensaiar prismas será eliminada após realização de controle de certo número de pavimentos para o caso de edifícios de até cinco pavimentos. No caso de repetições de edifícios de mais de cinco pavimento, o número de ensaios de prisma será reduzido após certo número de ensaios anteriores.

3.3 CONTROLE DA EXECUÇÃO

Tão importante quanto o controle da resistência à compressão, é o controle da execução. Durante a elevação da parede e no recebimento desta, deve-se atender aos requisitos indicados na Tabela 3.

Tabela 2 – Condição para determinar o número de ensaios de prisma a partir de resultados anteriores

Condição	Coeficiente de variação dos prismas (CV)	$f_{pk,projeto} / f_{pk,estimado}$			
		$\leq 0,35$	$> 0,35 \leq 0,50$	$> 0,50 \leq 0,75$	$> 0,75$
A	> 15 %	6	6	6	6
B	$\geq 10\%$ e $\leq 15\%$	0	2	4	4
C	< 10 %	0	0	0	0

Importante – Para pavimentos com especificação de resistência característica de bloco maior ou igual a 12 MPa, deve-se sempre considerar no mínimo a condição B.

Tabela 3 – Tolerâncias máximas permitidas no controle de execução da alvenaria

Fator		Tolerância
Junta horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm/m 10 mm no máximo
Junta vertical	Espessura	± 3 mm
	Alinhamento vertical	2 mm/m 10 mm no máximo
Alinhamento da parede	Vertical (desaprumo)	± 2 mm/m
		± 10 mm no máximo por piso ± 25 mm na altura total do edifício
Nível superior das paredes	Horizontal (desalinhamento)	± 2 mm/m
	Nivelamento da fiada de respaldo	± 10 mm no máximo ± 10 mm

3.4 COMPARATIVO COM NORMAS INTERNACIONAIS

Fortes et al. (2013) faz comparativo de especificações para controle de obras de alvenaria estrutural de acordo com várias normas internacionais. O tamanho do lote não varia muito entre cada norma, sendo em média limitado a 500 m² de construção em planta ou aproximadamente um lote por pavimento.

Como pode-se perceber na Tabela 4, a especificação para controle de graute e argamassa é semelhante entre as normas, exceto pelo número de exemplares de graute e argamassa da norma canadense e menor número de exemplares de graute na norma europeia. No caso de prisma, em todas as normas é permitido controle de bloco apenas (com tabelas conservadoras de relação prisma/bloco disponibilizadas nos textos), exceto a brasileira. Entretanto, deve-se destacar que prédios altos como os feitos no Brasil são raros em outros países, e

hoje existem prescrições na NBR 15961-2 que permite a dispensa do ensaio de prisma para pequenas edificações.

4. EXEMPLO DE PLANO DE CONTROLE

Como exemplo, será ilustrado um caso de um edifício de oito pavimentos, onde o pavimento-tipo tem 300 m² em planta. Serão considerados aproximadamente 7.500 blocos da família 14x39 por pavimento. A argamassa será padronizada com 6,0 MPa para o prédio inteiro. Serão analisados dois casos. Um com fabricante que produz 10.000 blocos por dia e outro com fabricante que produz 40.000 blocos/dia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TÓPICOS PARA DISCUSSÃO FUTURA

Neste artigo foram apresentados e comentados parâmetros para projeto e controle de obras em alvenaria de blocos de concreto.

Tabela 4 – Especificações para o controle da argamassa, graute, bloco ou prisma

Ensaio	Quantidade de ensaios (controle de resistência a compressão)			
	Norma brasileira (ABNT NBR 15961-2)	Norma americana (ASTM C140 e C1314)	Norma canadense (CSA A165.1 e S304)	Norma europeia (EC6 - EN 1052-1 e Eurocode 6)
Argamassa	6 (28 dias)	6 (28 dias)	3 (28 dias)	6 (28 dias)
Graute	6 (28 dias)	3 (28 dias)	2 (28 dias) e 1 (7 dias)	3 (28 dias)
Bloco/Prisma	Prisma	Bloco ou prisma	Bloco ou prisma	Bloco
	Seis (6)	Três (3)	Cinco (5)	Seis (6)
Referência	Característico	Média	Característico	Média

1 – Materiais especificados

– TÉRREO, 1 E 2 PAVIMENTOS

- $f_{bk} = 8$ MPa
- $f_{pk} = 6,4$ MPa (oco) e 11,2 MPa (cheio)
- $f_a = 6$ MPa, (argamassa A1)
- $f_{gk} = 20$ MPa (graute G2)

– 3, 4 PAVIMENTOS

- $f_{bk} = 6$ MPa
- $f_{pk} = 4,8$ MPa (oco) e 8,4 MPa (cheio)

- $f_a = 6$ MPa, (argamassa A1)

- $f_{gk} = 20$ MPa (graute G2)

– 5, 6, 7 E 8 PAVIMENTOS

- $f_{bk} = 4$ MPa
- $f_{pk} = 3,2$ MPa (oco) e 6,4 MPa (cheio)
- $f_a = 6$ MPa, (argamassa A1)
- $f_{gk} = 15$ MPa (graute G1)

2 – Caracterização prévia (ensaios podem ser dispensados caso já tenham sido realizados a menos de 6 meses com os mesmos materiais)

– REALIZAR ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO:

- 6 CPs PARA CADA GRAUTE G1 E G2 – ABNT NBR 5738 (CONCRETO – PROCEDIMENTO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS OU PRISMÁTICOS E NBR 5739 (ENSAIO À COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO)
- 6 CPs PARA ARGAMASSA A1 – ABNT NBR 13279 OU NBR 15961-2/ANEXO D
- 6 CPs PARA CADA BLOCO FBK = 4, 6 E 8 MPa – ABNT NBR 12118

– PARA CADA COMBINAÇÃO ABAIXO, 12 CPs DE PRISMA (OCO E CHEIO), CONFORME ABNT NBR 15961-2

- $f_{bk} = 8$ MPa + A1
- $f_{bk} = 8$ MPa + A1 + G2
- $f_{bk} = 6$ MPa + A1
- $f_{bk} = 6$ MPa + A1 + G2
- $f_{bk} = 4$ MPa + A1
- $f_{bk} = 4$ MPa + A1 + G1

3 – Controle durante a obra

Baseado nos dados acima, cada pavimento será considerado 01 lote, para o graute, argamassa e prisma. Para cada pavimento, ensaiar (guardar a mesma quantidade para contraprova):

- 6 CPs graute – compressão;
- 6 CPs argamassa – compressão;
- 6 CPs de prisma oco;
- 6 CPs de prisma cheio.

Para os blocos, a definição do lote não está ligada às características da obra, e sim do fabricante. No caso do fabricante de menor produção, o lote será de, no máximo, 10.000 blocos. Pode-se imaginar a seguinte situação de entregas (todas entregas do mesmo lote de fábrica):

- 1ª entrega de 10.000 blocos de 8 MPa;
- 2ª entrega de 5.000 blocos de 8 MPa (totalizando o 1º e 2º andar);
- 3ª entrega de 10.000 blocos de 6 MPa;
- 4ª entrega de 5.000 blocos de 6 MPa (totalizando o 3º e 4º andar);

- 5ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa;
- 6ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa;
- 7ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa (totalizando o 5º ao 8º andar).

Serão, então, definidos 7 lotes, um para cada entrega, com tamanho de amostra variável de 9 ou 11 blocos, conforme o tamanho do lote de 5.000 ou 10.000 bloco respectivamente.

Para o caso do fabricante com maior volume de produção, pode-se imaginar as seguintes entregas:

- 1ª entrega de 15.000 blocos de 8 MPa (totalizando o 1º e 2º andar);
- 2ª entrega de 15.000 blocos de 6 MPa (totalizando o 3º e 4º andar);
- 3ª entrega de 30.000 blocos de 4 MPa (totalizando o 5º ao 8º andar).

Serão, então, definidos 3 lotes, um para cada entrega, com tamanho de amostra variável de 11 blocos.

Sobre o controle de obras, alguns tópicos vêm sendo comentados atualmente e podem fazer parte de uma discussão futura, entre esses:

- Dispensa de ensaios de blocos de fabricantes que possuem uma certificação. Considerando a diversidade de fabricantes mais ou menos rigorosos no controle de sua produção no Bra-

sil afora, essa certificação precisaria ser muito rigorosa para ser viável.

- Realização de ensaios de prismas aos 14 dias. Para o caso de argamassa menos resistentes que o bloco, não se espera aumento considerável da resistência de prisma dos 14 aos 28 dias (essa afirmação não é

verdadeira para argamassa mais resistentes e para prismas grauteados). Pode-se pensar em realizar os prismas aos 14 dias, deixando a contraprova para ser realizada aos 28 dias.

- Redução da quantidade de ensaios. Na revisão das normas, houve uma abertura para diminuir a quantidade de ensaios de prismas sob determinadas condições. A discussão de maior redução, aliada a questão da certificação dos blocos, precisa ser feita com muita cautela.
- Moldagem de prismas em laboratório. Existem duas linhas

de pensamento sobre esse tópico. Aquela que entende que o prisma deve refletir a potencial resistência máxima da alvenaria (então tanto faz onde é a moldagem, desde que essa seja feita da melhor forma possível). E outra que entende que o prisma deve refletir a qualidade da execução (daí a necessidade de ser feito em obra). A linha de medir a resistência potencial parece mais razoável, devendo-se manter claro o rigor do controle da execução. Tentar medir qualidade da execução em ensaios pode dificultar a leitura dos resultados e o trabalho dos laboratórios.

Referências Bibliográficas

- [01] Fortes, E. S., Lima, T. L., Canato, R. L., & Parsekian, G. A. (2013). CONTROLE DE OBRAS DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto (p. 16). Gramado – Rio Grande do Sul: IBRACON.
- [02] Fortes, E. S. CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO DE BAIXA À ALTA RESISTÊNCIA. 2012. 303 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 2012.
- [03] PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural. 2ª Edição. EdUFSCar, São Carlos, 2013. 625 p.
- [04] PARSEKIAN, G. A. (Org.) . Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. São Carlos: EdUFSCar, 2012. v. 1. 85p. ●



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

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

Consulte o perfil dos profissionais e o ramo de atuação das empresas do mailing:
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

Panorama da indústria dos materiais de construção no primeiro trimestre

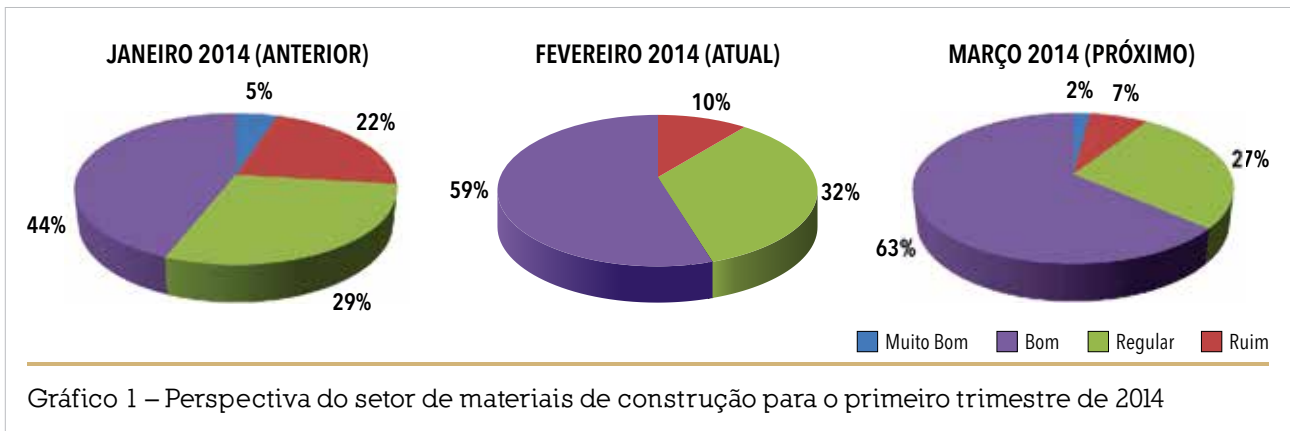


Gráfico 1 – Perspectiva do setor de materiais de construção para o primeiro trimestre de 2014

A Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT) divulgou seu termômetro mensal, referente ao desempenho de vendas em curto prazo no mercado interno.

Para fevereiro, 59% das empresas classificaram o mercado como bom e 32% como regular, ligeira melhora em relação aos números de janeiro, onde 44% das empresas consideraram o mercado como bom e 29%, como regular.

A perspectiva apontada para março eleva a opinião de bom para 63% e abaixa a de regular para 27%.

Segundo Walter Cover, presidente da ABRAMAT, a maioria das indústrias vê o mercado com otimismo desde o início do ano, alimentado pelas boas vendas no varejo e uma retomada ainda lenta e gradual do mercado de infraestrutura e imobiliário. O executivo completa informando que a falta de chuvas, típicas no começo do ano, também favoreceu a realização das obras na construção.

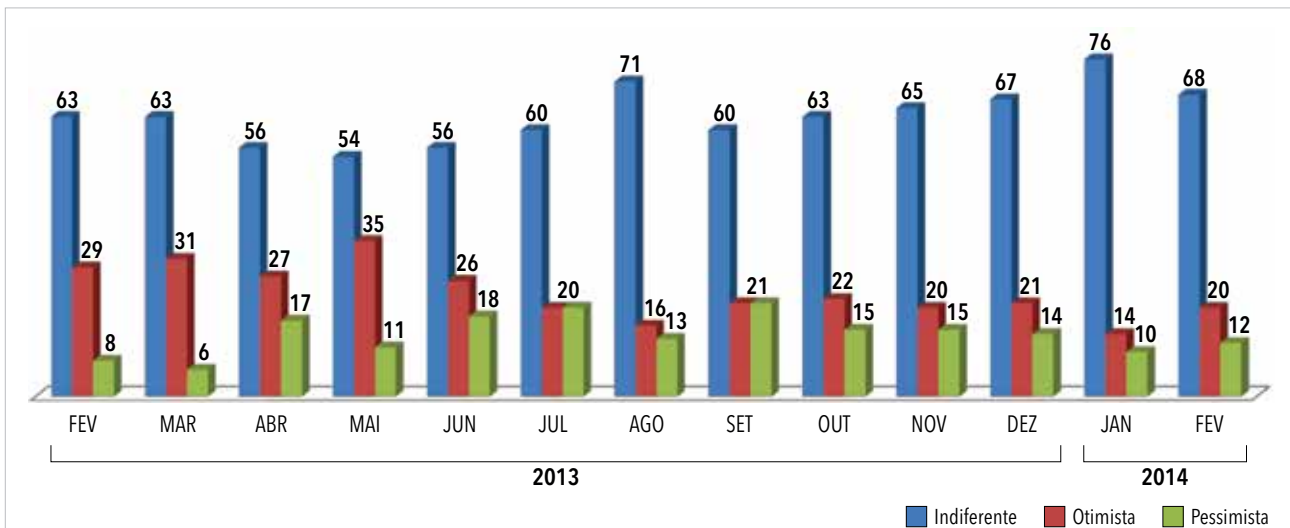


Gráfico 2 – Expectativa do setor de materiais de construção em relação às ações do Governo (em %)

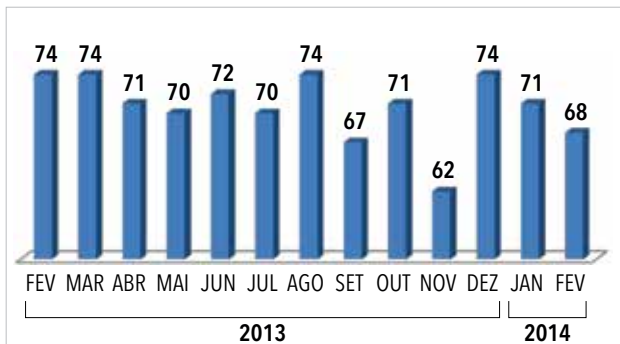


Gráfico 3 – Pretensões de investimento do setor de materiais de construção no médio prazo (em %)

PRETENSÃO DE INVESTIMENTO E CONFIANÇA NAS AÇÕES DO GOVERNO

Em fevereiro de 2014, 68% das empresas informaram que pretendem investir nos próximos 12 meses. O número é 3% menor do que o apresentado em janeiro (71%). Em comparação a fevereiro de 2013, houve queda de 6%.

Em relação às expectativas do mercado sobre as ações

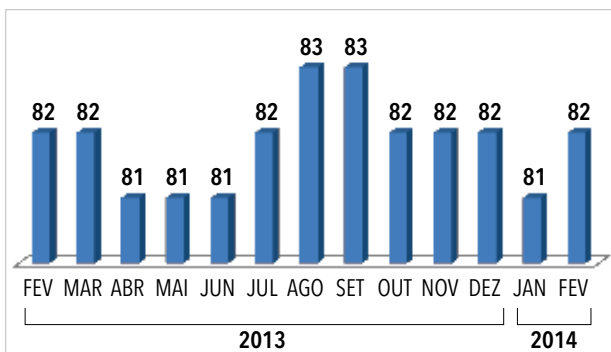


Gráfico 4 – Evolução da capacidade instalada do setor de materiais de construção (em %)

do Governo para o desenvolvimento do setor no médio prazo (próximos 12 meses), 68% mostraram-se indiferentes (queda em relação às expectativas de janeiro, que eram de 76%), enquanto 20% estão otimistas (para 14% em janeiro) e 12% pessimistas (para 10% em janeiro).

NÍVEL ATUAL DE UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA

Em fevereiro, a capacidade instalada do setor atingiu 82% na média das empresas associadas a ABRAMAT, 50 empresas de fabricação de materiais de construção nos diversos segmentos da cadeia, contra 81% do mês anterior. ●

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 (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.



Arena Pernambuco

MARCELO UNGARETTI – GILSON FUJII
EGT ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

Para a realização da Copa de 2014 no Brasil, além de outras obras urbanas, estão sendo construídas Arenas Multiuso, que, depois de sediar os jogos de competição, deverão ser autossustentáveis para o futuro. Assim, os projetos desenvolveram várias possibilidades de arquibancadas e camarotes, de restaurantes a shopping centers internos à edificação.

Afora as características locais, há diferentes origens dos recursos, tamanho das arenas, soluções variadas de cobertura, arquibancadas provisórias, mas todos atendendo às exigências modernas de desempenho estabelecidas pelo “green guide” da FIFA, que define condições da ventilação, iluminação, fluxo de espectadores, visibilidade e conforto durante os jogos ou outros espetáculos.

Neste trabalho serão descritas as características principais da Arena Pernambuco, cujos projetos se nortearam na qualidade, operacionalidade, sustentabilidade e viabilidade econômica, com foco nas soluções de concreto armado moldado “in loco” e pré-moldado.

2. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO

A Arena Pernambuco, situada no Município de São Lourenço da Mata, mas encostada no Município de Recife, sur-



Figura 1 – Imagem virtual da Arena Pernambuco

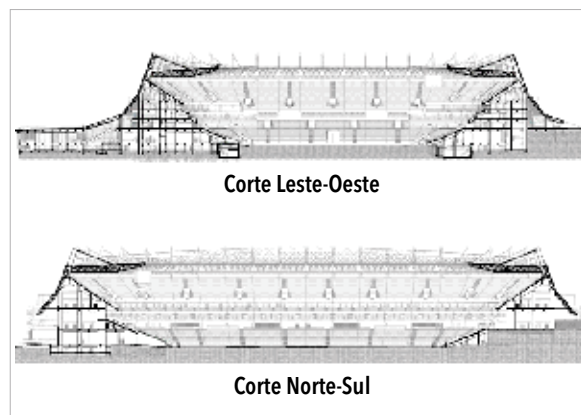


Figura 2 – Vistas do projeto

giu de uma PPP (Parceria Público-Privada) entre a Prefeitura de Recife e a Odebrecht Participações e Investimentos, com o objetivo de atender os três grandes clubes de Recife (Sport, Náutico e Santa Cruz) e proporcionar outras atividades possíveis de uma arena: shows, exposições, e outras competições fora o futebol.

Como se pode observar (Figura 1), foi utilizada a solução



Figura 3 – Vista geral da obra em fevereiro de 2013



Figura 4 – Vista interna da obra no mesmo período (Fevereiro de 2013)



Figura 5 – Montagem da cobertura em treliça espacial



Figura 6 – Execução das sapatas



Figura 7 – Vigas e lajes sendo executadas

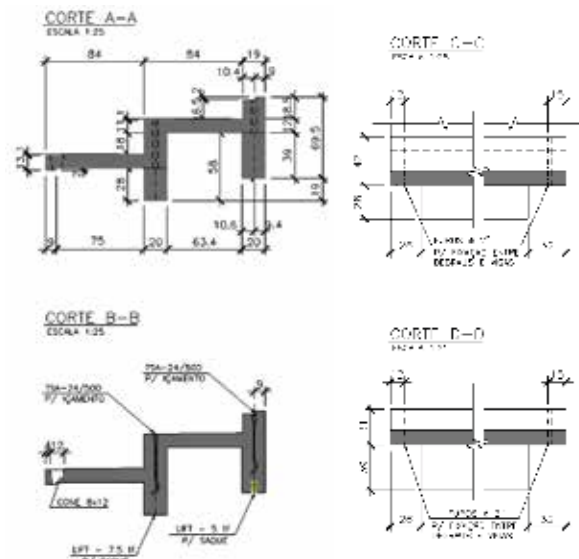


Figura 8 – Detalhe dos degraus



Figura 9 – Montagem dos degraus

de rampas de acesso (ou saída), minimizando-se a utilização de escadas. Foram utilizadas escadas internas e escadas rolantes basicamente para acesso dos estacionamentos internos ao nível térreo da arena, bem como entre os níveis intermediários da arena.

Quanto à solução construtiva, não foi possível adotar largamente estruturas pré-fabricadas de concreto.

A grande demanda por estruturas pré-moldadas face a execução simultânea de arenas e obras de infraestrutura no Nordeste impossibilitou o fornecimento, optando-se por moldar “in loco” a maior parte das estruturas de concreto, exceto os degraus de arquibancada (Figuras 8, 9 e 12) e as vigas-jacaré, com pré-moldagem no canteiro local.

A cobertura da Arena é em estrutura metálica (Figura 5), com solução de treliça espacial, e o fechamento é em estrutura metálica convencional, com fechamentos em E.T.F.E. (polímero de alta resistência: Etileno TetraFluorEtileno).



Figura 10 – Encaixe dos degraus com a viga-jacaré



Figura 11 – Detalhe do encaixe dos degraus com a viga-jacaré

Todo o restante é em concreto armado.

A maioria das fundações é em sapata assente sobre rocha (Figura 6). Houve muito desmonte de rocha, devido aos perfis muito irregulares do subsolo, apesar do projeto ter tirado partido dos desníveis.

Algumas regiões, pela peculiaridade do subsolo, tiveram a fundação executada sem blocos sobre estaca raiz ($d=410\text{mm}$), com pontas cravadas em rocha.

Já os pilares, vigas e lajes são todas moldadas “in loco” (Figura 7), com pórticos transversais espaçados de aproximadamente 12m e vigas com lajes dispostos na longitudinal.

Poucas torres de rigidez foram feitas com os nichos de escadas/poços de elevador nos setores Oeste e Leste da arena. Nos setores Norte e Sul, foram utilizadas somente algumas paredes para enrijecer a estrutura. As rampas externas se tornaram as torres de rigidez dos cantos da arena (Figura 14).



Figura 12 – Emenda da viga-jacaré

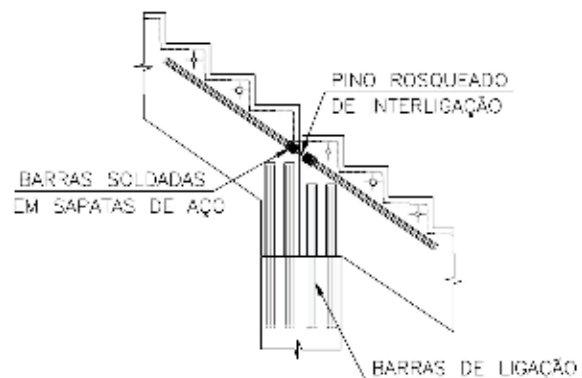


Figura 13 – Detalhe emenda da viga-jacaré

Os degraus de arquibancadas (Figuras 8 e 9) e as vigas-jacarés foram pré-moldados no canteiro local, onde se montou uma unidade de pré-fabricação.

Os degraus se apoiam nas vigas-jacarés e se interligam entre si pontualmente (Figuras 10 e 11), com

detalhes que não permitem o vazamento de água.

As vigas-jacarés são monolitizadas entre si (Figuras 12 e 13), e os pilares, ficando a estrutura no final da mesma maneira que uma solução totalmente moldada “in loco”.

FICHA TÉCNICA

- **Tipo de intervenção:** construção de novo estádio
- **Modelo de investimento:** parceria público-privada
- **Responsável pela obra:** Odebrecht Infraestrutura
- **Responsável por todos os projetos:** EGT Engenharia
- **Metálicas:** Lanik (cobertura) e Vector-Foiltec (fechamento lateral)
- **Arquitetura:** Fernandes Arquitetos
- **Instalações:** Projetar ●



Figura 14 – Vista geral da Arena Pernambuco concluída

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.

 **Votorantim**
Cimentos

0800 7019898
www.mapadaobra.com.br


ENGEMIX

MC divulga seus cursos técnicos para o semestre



Sala do Centro de Treinamento da MC

A MC, empresa de soluções para Recuperação Estrutural, Impermeabilização, Proteção, Tecnologia do Concreto e Pisos Industriais (RAD), presente em obras de infraestrutura espalhadas pelo país, divulgou recentemente sua programação dos Ciclos de Palestras para o primeiro semestre do ano.

O objetivo dos Ciclos de Palestras é divulgar as soluções e tendências em temas específicos sobre a construção civil, com destaque para as demonstrações práticas de soluções e produtos fornecidos pela empresa.

Voltados para projetistas, engenheiros de obra, aplicadores, pesquisadores e compradores dos diversos segmentos da construção: aeroportos, estações de tratamento de água e efluentes, estádios de futebol, pontes e viadutos, usinas hidrelétricas e barragens, portos e piers, túneis, indústrias, entre outros.

Realizados no Centro de Treinamento da MC, em Vargem Grande Paulista, em São Paulo, os cursos têm duração de 8 horas, são gratuitos e contam com uma estrutura moderna, com capacidade para cerca de 60 pessoas, sendo oferecidas refeições e certificados de conclusão.

Sistemas de Injeção

Datas: 24 de fevereiro e 28 de abril

Objetivo/sinopse: Apresentar os principais conceitos e metodologias para recuperação e impermeabilização de trincas e fissuras com sistemas de injeção.

Público-alvo: Projetistas, Pesquisadores, Engenheiros de Manutenção, Aplicadores, Compradores

Carga horária: 8 horas

PROGRAMA

8h30 Welcome Coffee

9h00 Palestra Institucional

9h30 Avanços na tecnologia de injeção em concreto e

parâmetros de desempenho de produtos

11h00 Normalização dos produtos de injeção de acordo com a norma EN 1504 Parte 5

12h30 Almoço

13h30 Estudos de Caso (Projetos de Sucesso)

15h00 Coffee Break

15h30 Módulo Prático - Aplicação de Sistemas

17h00 Encerramento

Palestrante: M. Sc. Eng. Emilio Minoru Takagi – Gerente de Produto MC-Bauchemie

Módulo prático: Eng. William Mititaka Naoi – Coordenador de Produto MC-Bauchemie

Impermeabilização de Estruturas

Datas: 31 de março e 26 de maio

Objetivo/sinopse: Serão apresentados os conceitos sobre os quais se baseiam os novos métodos para a proteção e reparo das estruturas de concreto e na especificação dos desempenhos necessários para cada um dos produtos que compõe o sistema de impermeabilização.

Público-alvo: Projetistas, Pesquisadores, Engenheiros de Manutenção, Aplicadores, Compradores

Carga horária: 8 horas

PROGRAMA

8h30 Welcome Coffee
9h00 Palestra Institucional
9h30 Avanços nos conceitos básicos dos sistemas

de impermeabilização e definição dos parâmetros de desempenho de acordo com a norma de desempenho NBR 15.575:2013.

11h00 Normalização dos sistemas de impermeabilização de acordo com a norma EN 1504 Parte 2

12h30 Almoço

13h30 Estudos de Caso (Projetos de Sucesso)

15h00 Coffee Break

15h30 Módulo Prático - Aplicação de Sistemas

17h00 Encerramento

Palestrante: M. Sc. Eng. Emilio Minoru Takagi – Gerente de Produto MC-Bauchemie

Módulo prático: Eng. William Mititaka Naoi – Coordenador de Produto MC-Bauchemie

Tecnologia do Concreto e Aditivos

Datas: 10 de março, 24 de março, 24 de abril*

Objetivo/sinopse: Apresentar conceitos básicos sobre materiais para concreto e propriedades dos concretos aliados as tecnologias de aditivos químicos para concreto

Público-alvo: Laboratoristas, Pesquisadores, Engenheiros de Obra, Especificadores

Carga horária: 8 horas

PROGRAMA

9h00 Abertura
9h30 Palestra Institucional MC
9h45 Tecnologia do concreto
10h00 Agregados, cimento
11h00 Coffee Break
11h15 Procedimentos de Laboratório [avaliação de

abatimento, moldagem dos CPs, capeamento, ruptura, umidade da areia, retenção de amostras (cimento, areia, aditivo)]

13h00 Almoço

13h45 Teste prático: FK (abat. 12 cm), PF2141

14h00 Tipos de Concreto

16h00 Coffee Break + Teste de Abatimento

16h15 Aditivos para concreto [plastificantes, superplastificantes, retardadores, inibidores, aceleradores, incorporador de ar]

17h00 Debate

17h30 Final – avaliação do evento

Palestrante: Dr. Eng. Holger Schmidt – Gerente de Produto MC-Bauchemie

* Evento realizado na fábrica da MC em Pernambuco

Proteção de Estruturas

Data: 17 de março

Objetivo/sinopse: Será feita uma análise dos principais meios agressivos e os principais danos causados a estruturas de concreto. Além dos principais sistemas e soluções para proteção do concreto com foco no aumento da durabilidade de estruturas.

Público-alvo: Projetistas, Pesquisadores, Engenheiros de Manutenção, Aplicadores, Compradores

Carga horária: 8 horas

PROGRAMA

8h30 Welcome Coffee

9h00 Palestra Institucional

9h30 Introdução aos sistemas de proteção

11h00 Produtos e soluções MC

12h30 Almoço

13h30 Estudos de Caso (Projetos de Sucesso)

15h00 Coffee Break

15h30 Módulo Prático - Aplicação de Sistemas

17h00 Encerramento

Palestrante: Eng. Diego Casella – Gerente de Produto MC-Bauchemie

Módulo prático: Eng. William Mititaka Naoi – Coordenador de Produto MC-Bauchemie

Pisos Industriais (RAD)

Data: 14 de abril

Objetivo/sinopse: Apresentar as principais diretrizes para escolha de um revestimento de alto desempenho (RAD) para diferentes situações, além de um panorama geral de todos os sistemas MC com procedimentos de aplicação, análise de resistência química, mecânica e projetos de sucesso.

Público-alvo: Projetistas, Pesquisadores, Engenheiros de Manutenção, Aplicadores, Compradores

Carga horária: 8 horas

PROGRAMA

8h30 Welcome Coffee

9h00 Palestra Institucional
9h30 Introdução aos sistemas RAD
11h00 Sistemas de Pisos (Epóxi/Poliuretano/Especiais)
12h30 Almoço
13h30 Estudos de Caso (Projetos de Sucesso)
15h00 Coffee Break
15h30 Módulo Prático - Aplicação de Sistemas
17h00 Encerramento

Palestrante: Eng. Diego Casella - Gerente de Produto MC-Bauchemie

Módulo Prático: Eng. William Mititaka Naoi - Coordenador de Produto MC-Bauchemie

Recuperação e Reforço Estrutural

Data: 12 de maio

Objetivo/sinopse: Apresentar os conceitos básicos que auxiliam na definição dos métodos corretivos e na especificação dos produtos químicos para recuperação e reforço de estruturas com fibra de carbono.

Público-alvo: Projetistas, Pesquisadores, Engenheiros de Manutenção, Aplicadores, Compradores

Carga Horária: 8 horas

PROGRAMA

8h30 Welcome Coffee

9h00 Palestra Institucional

9h30 Introdução às patologias no concreto - Ensaios/Verificações/Exemplo
11h00 Sistemas de Reparo MC - Produto e Aplicações
12h30 Almoço
13h30 Estudos de Caso (Projetos de Sucesso)
15h00 Coffee Break
15h30 Módulo Prático - Aplicação de Sistemas
17h00 Encerramento

Palestrante: Eng. Diego Casella - Gerente de Produto MC-Bauchemie

Módulo prático: Eng. William Mititaka Naoi - Coordenador de Produto MC-Bauchemie



Demonstração prática de aplicação de produtos

Os ciclos de palestra da MC-Bauchemie acontecem em seu Centro de Treinamento, localizado na Estrada Caucaia do Alto, 4557 - Vargem Grande Paulista - SP. Mais informações: www.mc-bauchemie.com.br •

Análise da degradação do concreto em uma estrutura no porto do Recife

JOSÉ EDIVAL MORAES FILHO – MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO – PROFESSORA DOUTORA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

PAULO HELENE – PROFESSOR TITULAR
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1. INTRODUÇÃO

A interação com o meio ambiente é um dos principais aspectos a ser considerado nas inspeções e avaliações de estruturas de concreto, uma vez que a exposição a alguns agentes físicos e químicos é determinante para acelerar a deterioração precoce das edificações em concreto armado (ODRIOZOLA, 2007).

A carga ambiental localizada pode criar microclimas variados, estabelecendo um comportamento distinto de desempenho para uma mesma estrutura de concreto armado submetida a agentes ambientais diferentes. A umidade relativa, a precipitação pluviométrica, a orientação dos ventos, a temperatura e as substâncias que estão presentes neste meio destacam-se quanto à sua importância no processo de deterioração do concreto armado (GOUVEIA, 2010).

O Brasil, na condição de país com dimensões continentais, que apresenta variáveis ambientais bastante complexas, está situado entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, possuindo desta forma uma predominância de climas tropical e equatorial. Estas condições estabelecem uma temperatura média anual bastante elevada, além de condições climáticas completamente distintas ao que ocorre na Europa e nos Estados Unidos.

Na fase de projeto, a escolha da solução e dos parâmetros estruturais, como cobertura e resistência característica do concreto à compressão, deve passar por uma criteriosa

análise dos agentes ambientais atuantes na edificação ao longo de toda sua vida útil. Desse modo, não é possível desconsiderar a influência do meio ambiente sobre a estrutura, evidenciando que soluções viáveis para um determinado local podem se tornar inviáveis para outro, sob pena de aumentar os custos, principalmente os de manutenção e recuperação (FERNÁNDEZ, 2008).

Edificações em zona portuárias estão sujeitas a agressividade do meio ambiente em condições ainda mais severas, considerando-se a proximidade com o mar, com as indústrias e com os centros urbanos. Salienta-se que este tipo de edificação é fundamental para a infraestrutura nacional, uma vez que agrega valor aos produtos transportados, repercutindo positivamente na economia brasileira. Problemas de deterioração precoce do concreto nestes tipos de construção representam prejuízos de grande monta, não só pelo custo de recuperação estrutural, mas principalmente pelo custo de inatividade.

O presente trabalho analisou o concreto do Armazém 6 de estocagem no Porto do Recife, envolto em ambiente marinho, urbano e industrial. Foram realizadas inspeções, ensaios de campo e de laboratório no intuito de verificar as causas da degradação do concreto armado deste edifício.

2. O ARMAZÉM 6 DO PORTO DO RECIFE

Recife é considerado o quarto maior núcleo urbano do Brasil. Na condição de cidade costeira, está suscetível à ação



Figura 2.1 – Localização das quatro fachadas do Armazém 6

marinha, e a junção destes dois ambientes, urbano e marinho, possibilita a ocorrência de vários vetores que podem tornar mais efêmera a vida útil do concreto armado, principalmente através do ataque de agentes de natureza física, biológica e química. A umidade do ar média na cidade do Recife é de 79,33%, a temperatura média anual é de aproximadamente 25,2°C e a precipitação média anual é da ordem de 2.345,52 mm (INMET, 2011). Todos estes aspectos representam condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do processo de corrosão das armaduras.

O Armazém 6 está situado dentro da área operacional do Porto do Recife, tem uma área de 7.663,84 m² e foi construído em 1984. Trata-se de uma estrutura na forma de um galpão, edificada em concreto armado, com paredes de vedação em alvenaria de blocos de concreto e coberta com estrutura metálica. O Armazém 6 estoca, principalmente, açúcar desde o período de sua inauguração.

A edificação está situada no cais do porto; em sua frente, a Leste, está o berço de atracação número 6 com 196,59m de

comprimento; nos fundos, a Oeste, a Av. Alfredo Lisboa, uma das vias mais importantes do bairro do Recife Antigo; pela esquerda, ao Norte, o Armazém 5 e pela direita, ao Sul, o Armazém 7. A estrutura é composta por 44 pilares dispostos em quatro fachadas. Na circunvizinhança, existe a Fábrica de Alimentos Pilar, cuja produção iniciou-se em 1871, na qual, atualmente, há grande movimentação de veículos. A Fig.2.1 mostra a localização das quatro fachadas do Armazém 6 do Porto do Recife.

A Fachada Leste está em contato direto com a névoa salina proveniente da quebra das ondas no molhe do Porto; a Fachada Sul encontra-se, também, desprotegida e o obstáculo mais próximo está a mais de 30m. A Fachada Oeste está posicionada por trás do Armazém, fato que proporcionou uma maior proteção, e conta com uma marquise metálica que circunda todo o seu perímetro. A Fachada Norte está protegida parcialmente por duas construções menores (subestação elétrica e banheiros), que estão a menos de 2m. Estas condições garantiram níveis de exposição distintos para cada uma das quatro fachadas. A Fig. 2.2 mostra as Fachadas Sul e Leste e a Fig. 2.3 mostra as Fachadas Oeste e Norte.

Segundo a ABNT NBR 6118:2007, classifica-se a agressividade ambiental no local como classe IV (muito forte), principalmente por estar situada em zona de respingo de maré. Associado a isto, existem indústrias nas proximidades, estabelecendo um risco ainda maior de deterioração da estrutura.

3. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido com o intuito de analisar a degradação de uma estrutura de concreto armado localizada em ambiente marinho, urbano e industrial, considerando a classe de agressividade nível IV, a mais agressiva conforme estabelecido na ABNT NBR 6118:2007. Foram identificadas diferenças entre as fachadas, provocadas pela



Figura 2.2 – (a) Fachada Sul e (b) Fachada Leste



Figura 2.3 – (a) Fachada Oeste e (b) Fachada Norte

sua distância em relação ao mar, provenientes da existência de construções vizinhas, que serviram como proteção, e exposição a ciclos de molhagem e secagem (devido à ação da chuva e do sol). A Tabela 1 representa a classe de agressividade Ambiental, conforme classificação da tabela 6.1 da ABNT NBR 6118:2007.

As especificidades de desenvolver experimentos de campo em zona operacional portuária em atividade restringiram a quantidade e os tipos de ensaios empregados, tendo sido liberada para o experimento apenas a parte externa da estrutura.

Foram realizadas inspeções preliminares e detalhadas, que corresponderam aos ensaios de: avaliação da dureza superficial do concreto por esclerômetro de reflexão, profundidade de car-

bonatação com fenolftaleína, aspersão de solução com nitrato de prata e teor de cloreto do concreto, além da determinação da espessura da camada de cobertura dos pilares.

3.1 INSPEÇÃO PRELIMINAR

A inspeção preliminar realizada em todos os pilares da edificação identificou quatro principais sintomas de manifestações patológicas: fissuras de corrosão, estribos rompidos, presença de bolor e armadura exposta. Verificou-se que 86% dos pilares apresentaram fissuras provocadas pelo processo de corrosão das armaduras, 68% registraram presença de bolor, 43% exibiam armadura exposta e em 36% havia estribos rompidos. A

Tabela 1 – Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{1,2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹ Industrial	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{1,2} Respingo de maré ^{1,3}	Elevado

¹ Pode-se admitir um micro clima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

² Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes das estruturas protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

³ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazém de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: adaptado de ABNT NBR 6118:2007 Projeto de estruturas de Concreto - Procedimento

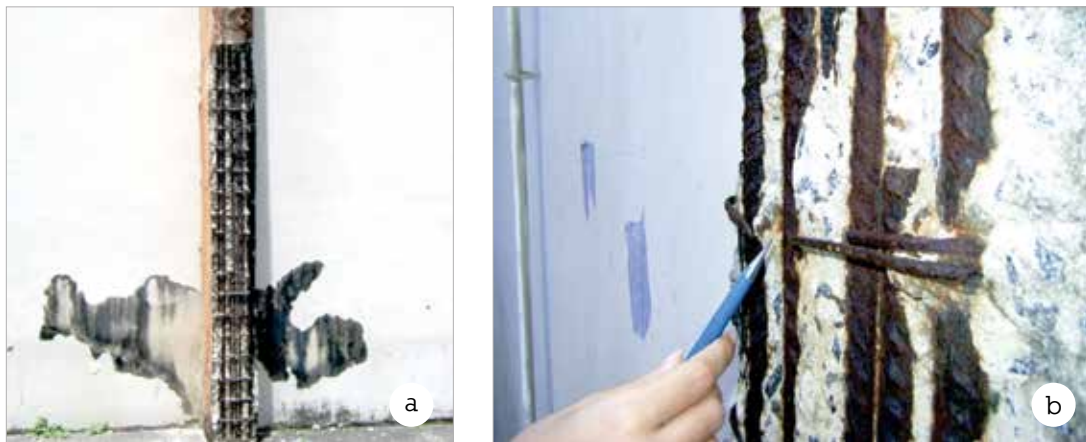


Figura 3.1 – (a) Pilar apresentando armaduras expostas e (b) estribos rompidos

Fig. 3.1 mostra duas das principais manifestações verificadas: armaduras expostas e estribos rompidos.

A quantificação dos resultados da inspeção preliminar, individualizados por fachada, estabeleceu diferenças nos estágios de deterioração do concreto entre as quatro fachadas. As fissuras ligadas à corrosão de armaduras estavam presentes em todos os pilares das Fachadas Sul (100%) e Leste (100%), esse valor era de 94% para os pilares da Fachada Oeste e de 50% para a Fachada Norte. Constatou-se que a ocorrência de armaduras expostas estava presente em 83% dos pilares da Fachada Sul, em 74% da Fachada Leste e em 17% nas Fachadas Norte e Oeste.

A presença de bolor foi identificada em todos os pilares das Fachadas Sul (100%) e Leste (100%), em 83% da Fachada Norte e em 44% da Fachada Oeste. Nos pilares da Fachada Sul, foi registrado 83% dos estribos rompidos, já na Fachada Leste 72%, enquanto que, nas Fachadas Norte e Oeste, não houve estribos rompidos. Estes dados permitiram distinguir os diferentes estágios de deterioração do concreto nas quatro fachadas. As Fachadas Sul e Leste estavam em pior situação comparadas com as Fachadas Norte e Oeste, embora todas apresentassem processo de corrosão de armadura. Sendo a Sul, a pior, e a Norte, a melhor, entre as quatro fachadas da edificação.

3.2 INSPEÇÃO DETALHADA

A inspeção detalhada consistiu na realização dos ensaios de avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, profundidade de carbonatação, aspersão de solução de nitrato de prata e teor de cloreto no concreto, além da determinação da espessura da camada de cobertura. Os resultados da inspeção detalhada deixaram ainda mais claros os comportamen-

tos distintos entre as quatro fachadas. A avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão mostrou que a Fachada Norte apresentou f_{ck} médio de 54MPa, sendo de 41MPa na Fachada Leste, 38MPa na Fachada Oeste e a Fachada Sul teve seus ensaios prejudicados, uma vez que todos os pilares ensaiados não conseguiram atingir o índice esclerométrico mínimo previsto na ABNT NBR 7584:2012, evidenciando o descolamento da camada de cobertura do concreto provocada pela ação da força expansiva do processo de corrosão das armaduras. O ensaio de profundidade de carbonatação foi procedido em oito pilares, sendo três na Fachada Oeste (P09, P04 e P10), dois na Fachada Leste (P24 e P33), dois na Fachada Norte (P40 e P43) e um na Fachada Sul (P33). Os elementos selecionados foram



Figura 3.2 – Localização dos pilares submetidos ao ensaio de teor de cloreto

identificados e localizados, tanto na planta como no campo.

Apenas o pilar P04 da Fachada Oeste não estava carbonatado, mostrando, dessa forma, o avanço da frente de carbonatação. A aspersão de solução de nitrato de prata foi realizada nos mesmos pilares supracitados. Os pilares que indicaram ausência de cloretos no ensaio de aspersão de solução de nitrato de prata foram: P04 da Fachada Oeste, P24 da Fachada Leste e o P40 da Fachada Norte. Todos os demais ensaiados apontaram presença de cloretos.

Foram realizados 16 ensaios de teor de cloreto no concreto, correspondendo a 15 pilares, pois o Pilar P10 da Fachada Oeste teve duas amostras ensaiadas. A Fig. 3.2 mostra a localização dos pilares submetidos ao ensaio de teor de cloreto no concreto. Os ensaios em laboratório resultaram em teores de cloreto em relação à massa de concreto, tornando-se necessário transformar esses valores, em teores de cloreto em relação à massa de cimento, com objetivo de correlacionar os resultados verificados em cada uma das quatro fachadas da edificação (Tabela 2).

Considerando o teor médio de cloreto em relação à massa de concreto, a Fachada Oeste apresentou 0,86%, já a Fachada

Norte 0,41%, 0,30% para a Fachada Leste e 0,22% para a Fachada Sul.

A inspeção detalhada do cobrimento nominal das armaduras dos pilares revelou uma grande variabilidade. Foram analisados quinze pilares das quatro Fachadas, em cada pilar foram realizadas três medições, das quais se adotou o menor valor como representativo, por questões de segurança. Os valores médios por fachada foram: Leste – 3,00 cm, Oeste – 3,40 cm, Norte – 2,15 cm e Sul – 3,10 cm. A menor espessura de cobrimento da Fachada Norte não foi determinante para acelerar a deterioração dos seus pilares, pois as duas construções adjacentes serviram de anteparo contra a ação da névoa salina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da inspeção preliminar da estrutura de concreto armado, por meio dos ensaios de avaliação da dureza superficial do concreto, utilizando o esclerômetro de reflexão, profundidade de carbonatação, aspersão de nitrato de prata e teor de cloreto no concreto, associados à determinação da espessura de cobrimento, permitiram uma maior compreensão do processo de deterioração dos pilares do Armazém 6 do Porto do Recife.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de teor de cloreto em relação à massa de cimento

Pilar	Localização	Teor de cloretos em relação à massa do concreto (%)	Relação consumo de cimento e massa específica do concreto	Teor de cloretos em relação à massa de cimento (%)
P04	Oeste	0,0664	7,34	0,49
P05	Oeste	0,0424	7,34	0,31
P07	Oeste	0,0110	7,34	0,08
P10 ¹	Oeste	0,2534	7,34	1,86
P10 ²	Oeste	0,3338	7,34	2,45
P13	Oeste	0,0108	7,34	0,08
P16	Oeste	0,1051	7,34	0,77
P20	Sul	0,0448	7,34	0,33
P23	Sul	0,0140	7,34	0,10
P24	Leste	0,0399	7,34	0,29
P26	Leste	0,0108	7,34	0,08
P29	Leste	0,0236	7,34	0,17
P33	Leste	0,1148	7,34	0,84
P38	Leste	0,0152	7,34	0,11
P40	Norte	0,0128	7,34	0,09
P43	Norte	0,0994	7,34	0,73

¹ Valor referente a primeira fase do ensaio. – ² Valor referente a segunda fase do ensaio.

De posse dessas informações, foi possível concluir, de forma preliminar, que as Fachadas Sul e Leste estavam em um estágio mais adiantado de deterioração em relação ao que ocorria nas Fachadas Norte e Oeste. A individualização dos dados por fachada foi capaz de dividir as fachadas em dois grupos: as Fachadas Sul e Leste como as mais deterioradas pela ação do meio ambiente e, no segundo grupo, as Fachadas Oeste e Norte, com menor grau de deterioração. Considerou-se ainda que, após a inspeção preliminar, a Fachada Norte era a mais preservada e a Fachada Sul a mais deteriorada.

A inspeção preliminar e o ensaio de avaliação da dureza superficial do concreto pelo esclerômetro de reflexão convergiram para a mesma direção, indicando, inicialmente, que havia diferenças consideráveis entre as fachadas, em especial as Fachadas Sul e Norte, onde, nos dois casos, a Norte mostrava-se mais preservada e a Sul, mais deteriorada. Embora apresentando menor quantidade de manifestações patológicas do que a Fachada Leste, a Fachada Oeste tinha uma dureza superficial do concreto um pouco menor.

A mensuração da espessura de revestimento apresentou valores distintos para as quatro fachadas. Assim, ficou evidenciada a grande variabilidade da espessura de revestimento, inclusive nas medições realizadas num mesmo pilar. Este fato sugere problemas na fase de execução, uma vez que a estrutura foi dimensionada para um único revestimento.

A relação inversamente proporcional entre a distância em relação ao mar e o teor de cloreto não se mostrou determinante, como se esperava ainda na fase de planejamento. Os ensaios mostraram que pilares da Fachada Leste, na maioria dos casos, possuíam teor de cloreto menor que os pilares da Fachada Oeste, muito embora estes últimos estivessem a uma distância maior do mar, cerca de 75m e sem ação direta da névoa salina.

Esses resultados divergiam da inspeção preliminar e da esclerometria, que apontaram a Fachada Oeste com grau infe-

rior de deterioração em relação à Fachada Leste. A explicação estava na disposição do Armazém 6, pois parte dos pilares estavam sujeitos a ciclo de molhagem e secagem (devido a ação da chuva e do sol), que ocorriam, principalmente, nas Fachadas Leste e Sul. A ação direta da chuva sobre as Fachadas Leste e Sul, tende a diminuir a concentração superficial de cloretos, em função da ação de lixiviação provocada pelas águas da chuva. Nestes casos, o pico da concentração de cloretos se dá no interior da estrutura e não na superfície.

Cabe salientar que a Fachada Oeste era pouco atingida pela chuva, uma vez que contava com uma marquise ao longo do seu perímetro. Esta evitava que a fachada fosse lavada pela chuva, onde a tendência era um maior teor de cloreto aderido à superfície do concreto do que no seu interior. Algo parecido ocorria na Fachada Norte, onde, desta vez, as construções vizinhas acabavam por proteger parte dos pilares da ação da chuva, pois, nos dois casos, é possível visualizar a tinta original da estrutura na cor laranja. O ingresso de cloretos nas Fachadas Norte e Oeste era realizado pelo mecanismo de difusão e a ausência de molhagem da superfície provocava uma maior evaporação da umidade e a precipitação de cristais junto à superfície, ocorrendo o pico de concentração na superfície da peça.

A Fachada Norte, após a consolidação dos resultados dos ensaios, era a que se mostrava mais preservada. Duas construções: subestação elétrica e banheiros, distante cerca de 1,50 m da fachada, serviam de anteparo contra o vento para alguns pilares e, dessa forma, acabavam por protegê-los da ação da névoa salina, bem como evitavam que a fachada sofresse com a ação da chuva e do sol (ciclos de molhagem e secagem).

Este estudo de caso demonstra mais uma vez a complexidade dos estudos de durabilidade e vida útil das estruturas de concreto e a importância de procedimentos de execução confiáveis e rigorosos.

Referências Bibliográficas

- [01] FERNÁNDEZ, E. M. Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroídas aplicando el criterio de acero equivalente. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Carlos III Madrid.
- [02] GOUVEIA, J. C. M. Degradação do betão por fenômenos de carbonatação: armaduras das edificações após 50 anos na cidade de Lisboa. 2010. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [03] HELENE, Paulo. Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras nas estruturas de concreto armado. Tese de Livre-docência. Universidade de São Paulo. 1993.
- [04] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Seção de Meteorologia Aplicada. Banco de Dados Meteorológicos, 2011.
- [05] ODRIOZOLA, M. A. B. Corrosión de las armaduras del hormigón armado en ambiente marino: zona de carrera de mareas y zona sumergida. 2007. Tese de Doutorado. Escuela Técnica de Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. ●

Semanas de Engenharia na Regional da Bahia

Será realizada de 10 a 12 de abril a IV Semana de Materiais de Construção da Universidade Católica de Salvador (UCSAL), com promoção de sua Escola de Engenharia e com apoio do IBRACON.

Com o objetivo de transmitir aos estudantes e profissionais a importância da correta aplicação dos materiais de construção, além de disseminar o conhecimento das normas técnicas, o evento vai acontecer no Auditório Inferior da UCSAL, no Campus Pituçu.

Já, a Universidade Federal da Bahia (UFBA) realiza em maio,

em data ainda a ser definida, a 3ª Semana Pensando em Concreto, com a missão de debater e divulgar a tecnologia do concreto, seu comportamento no estado fresco e endurecido, abordando, especialmente, as questões de como a especificação e o controle tecnológico do concreto influencia a qualidade, resistência e durabilidade de estruturas de concreto.

Promovido pela Escola Politécnica da UFBA e pelo Centro Tecnológico de Argamassa (Ceta), com apoio do IBRACON, o evento vai ocorrer no Auditório Magno Valente da Escola Politécnica da UFBA.

1º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT

Promovido pela Associação Brasileira de Patologia das Construções (Alconpat Brasil), o 1º Congresso de Patologia das Construções acontecerá na Fundação Parque Tecnológico Itaipu, em Foz do Iguaçu, no Paraná, de 21 a 23 de maio de 2014.

O evento vai debater o controle da qualidade, a patologia e a recuperação de estruturas de edificações convencionais (residenciais, comerciais, industriais e mistas) e de grandes obras (rodovias, portos, aeroportos, centrais hidrelétricas, pontes, viadutos, estádios esportivos etc.).

Serão oferecidos minicursos sobre os temas:

- Sistemas de proteção de estruturas de concreto – Michel Haddad (Sika);
- Reforço de estruturas de betão com materiais compósitos – Joaquim Barros (Universidade do Minho) e Gláucia Dalfré (Unila);



- Sistemas de impermeabilização de estruturas em ambientes agressivos – Emilio Takagi (MC-Bauchemie);
- A corrosão, suas formas e controle em estruturas de concreto armado – Oladis Rincón (Universidade de Zulia);

- Danos e ações corretivas em obras hidráulicas – Marcelo Marques (UFGRS).

Estão sendo oferecidas visitas técnicas para a Universidade Federal de Integração da América Latina (Unila), obra de Oscar Niemeyer, e à Usina Hidrelétrica de Itaipu.

No Congresso, será realizado o I Concurso Estudantil RVC – Reforço de viga de concreto, que desafia os estudantes e profissionais a realizarem o reforço de uma viga de concreto armado, de modo a aumentar sua capacidade de carga por meio da colagem de materiais de reforço em sua superfície.

Mais informações: www.patologiadasconstrucoes.com.br

I Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado

Promovido pela Alconpat-Brasil (Associação Brasileira de Patologia das Construções), Laboratório de Ensaio em Durabilidade dos Materiais e Geotecnológica, o I Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado acontece de 06 a 09 de agosto, no Fiesta Convention Center, em Salvador, na Bahia.

O evento propõe-se discutir os temas da corrosão de armaduras, reação álcali-agregado, métodos de monitoramento e recuperação de estruturas, carbonatação e durabilidade, e recebe trabalhos completos até 09 de maio.

O Encontro é apoiado pelo IBRACON.

Mais informações: www.degrada2014.com.br ●

Regional do IBRACON no Maranhão

Acaba de ser criada a Regional do IBRACON no Maranhão. Segundo seu diretor, Rodolfo Montoya, da área de Desenvolvimento e Engenharia Civil da Vale, já estão sendo programadas atividades para 2014, que, em breve, serão divulgadas.

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, TECNOLOGISTAS 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 NORMAS TÉCNICAS.

A CERTIFICAÇÃO É MAIS UM DIFERENCIAL COMPETITIVO PARA SUA EMPRESA: A GARANTIA DA QUALIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS CONTRATADOS!



56^o IBRACON

Congresso Brasileiro de Concreto

NATAL-RN

2014

7 a 10
de outubro
2014
Natal | RN

COTAS DE PATROCÍNIO

- Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- Espaços comerciais e palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- Inscrições gratuitas no evento

Veja as cotas de patrocínio com Arlene Lima
Tel. (11) 3735-0202
arlene@ibracon.org.br

APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS

Divulgue suas pesquisas e inovações.

TEMAS

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

DATAS

- Envio de resumos
25 de Março
- Aceitação de resumos
10 de Abril
- Envio de artigos
28 de Abril
- Aceitação de artigos
19 de Maio
- Envio de revisão
25 de Junho
- Aceitação final
26 de Julho

Envie o resumo e o trabalho completo pelo site www.ibracon.org.br



REALIZAÇÃO



Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68
Jardim Olímpia – CEP 05542-120 – São Paulo – SP – Brasil
Telefone (11) 3735-0202 | Fax (11) 3733-2190

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