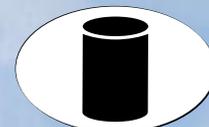


CONCRETO

& Construções

Ano XXXVIII | # 58
Abr. • Mai. • Jun. | 2010
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br



IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto

■ SOLUCIONANDO PROBLEMAS



Recuperação da Catedral Metropolitana de Natal

■ NORMALIZAÇÃO TÉCNICA



ABNT NBR 15900 - Água de amassamento do concreto

■ PESQUISA & DESENVOLVIMENTO



Caracterização de RAA em testemunhos de concreto

Pavimento de Concreto:

segurança, durabilidade e conforto nos corredores de ônibus da Linha Verde de Curitiba.

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

ADITIVOS

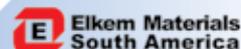


EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Ensaio

ADIÇÕES



JUNTAS



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA



Instituto de Pesquisas Tecnológicas



ARMADURA



AMÉRICA LATINA



GERDAU
AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL



ArcelorMittal

ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



"Um Laboratório de Projetos em Construção de OBRAS"



engenharia



JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



CONTROLE TECNOLÓGICO



FÔRMAS



CONSTRUTORAS



CIMENTO



AGREGADOS



GOVERNO



CONCRETO



- 15 Pavimento de concreto**
Projeto e execução de corredor de ônibus da Linha Verde de Curitiba
- 24 Carbonatação do concreto**
Avaliação dos fatores que favorecem e dificultam a carbonatação
- 33 Recuperação estrutural**
Recuperação, reforço e impermeabilização das estruturas de concreto da Catedral Metropolitana de Natal
- 37 Normalização técnica**
Os requisitos da ABNT NBR 15900 para a água de amassamento do concreto com vistas à sustentabilidade
- 50 Projeto de fundações**
Critérios e procedimentos para o cálculo, dimensionamento e definição das fundações de Torres de Transmissão



- 61 Solucionando problemas**
Influência dos agregados graúdos de diferentes origens nas propriedades mecânicas do concreto
- 68 Método USACE**
Análise do método do *United States Army Corps of Engineers* para avaliar as condições de rolamento de pavimentos de concreto
- 78 Treinamento de pessoal**
Projeto de treinamento de profissionais para atendimento aos requisitos de desempenho definidos pela ABNT NBR 15575
- 81 Patologias no concreto**
Estudo busca caracterizar as manifestações patológicas associadas à Reação Álcali-Agregado (RAA)
- 96 Durabilidade**
Modelagem matemática da vida útil de peças de concreto a partir dos parâmetros da ABNT NBR 6118



Créditos Capa:

Vista geral do pavimento de concreto em corredor de ônibus da Linha Verde de Curitiba

SEÇÕES

- 5** Editorial
6 Converse com IBRACON
8 Personalidades Entrevistadas:
Hugo Peiretti e David Ordóñez
30 Mercado Nacional
46 Entidades Parceiras
59 Mantenedor
89 Engenharia Legal
102 Acontece nas Regionais



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 José Marques Filho | Diretor de Eventos Luiz Prado Vieira Júnior |
| Diretor 1º Vice-Presidente (em aberto) | Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento Ângela Masuero |
| Diretor 2º Vice-Presidente Túlio Nogueira Bittencourt | Diretor de Publicações e Divulgação Técnica Inês Laranjeiras da Silva Battagin |
| Diretor 1º Secretário Nelson Covas | Diretor de Marketing Luiz Carlos Pinto da Silva Filho |
| Diretor 2º Secretário Sônia Regina Freitas | Diretor de Relações Institucionais Mário William Esper |
| Diretor 1º Tesoureiro Claudio Sbrighi Neto | Diretor de Cursos Flávio Moreira Salles |
| Diretor 2º Tesoureiro Carlos José Massucato | Diretor de Certificação de Mão-de-obra Júlio Timerman |
| Diretor Técnico Carlos de Oliveira Campos | |



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 5.000 exemplares
Publicação Trimestral
Distribuída gratuitamente aos associados

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

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO
Arlene Regnier de Lima Ferreira
arlene@ibracon.org.br

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Gill Pereira (Ellemento-Arte)
gill@ellemento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO
office@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora
Preço: R\$ 12,00

As idéias emitidas pelos entrevistados ou em artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não expressam, necessariamente, a opinião do Instituto.

Copyright 2010 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
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

COMITÊ EDITORIAL
Ana E.P.G.A. Jacintho, PUC-Campinas, Brasil
Ângela Masuero, UFRGS, Brasil
Hugo Rodrigues da Costa Filho, ABCP, Brasil
Inês Battagin, ABNT, Brasil
Íria Lícia Oliva Doniak, ABCIC, Brasil
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil
José Marques Filho, IBRACON, Brasil
Luís Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil
Maryangela Geimba de Lima, ITA, Brasil
Paulo Helene, PCC-EPUSP, Brasil



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

editorial

Publicações técnicas: construindo o legado brasileiro de obras úteis, duráveis e belas

É com grande satisfação que escrevo este editorial da Revista Concreto & Construções, importante veículo de informação técnica do Instituto Brasileiro do Concreto.

Como leitora e autora de artigos já publicados nesta Revista, sei da qualidade e do rigor técnico pelos quais o IBRACON sempre primou em suas publicações.

Como Superintendente do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-18), há mais de cinco anos, posso afirmar que as publicações que buscam registrar e consolidar o conhecimento são organismos vivos, em constante atualização, caso das Normas Técnicas e, sem dúvida, também, das Revistas do IBRACON.

Assim, ao assumir a Diretoria de Publicações e Divulgação Técnica do Instituto, tracei algumas metas para a implementação de inovações na Revista Concreto & Construções e, agora, tenho a oportunidade de apresentar as primeiras delas, concretizadas já nesta Edição.

Trata-se da introdução da Seção NORMALIZAÇÃO TÉCNICA, que visa facilitar a atualização do conhecimento sobre o tema, trazendo artigos com comentários e esclarecimentos sobre o conteúdo de normas brasileiras e sua contextualização nos cenários nacional e internacional.

Lembro que foram de cimento e concreto as primeiras normas editadas no Brasil, já em 1940, quando da fundação da ABNT. Esse pioneirismo levou a avanços importantes da aplicação do concreto no País e permitiu a difusão do conhecimento de maneira rápida, eficiente e segura.

O setor da construção civil, como um todo, conta hoje com cerca de 1500 normas brasileiras, dentre as quais cerca de 300 tratam do concreto, de seus materiais constituintes e aplicações. Ampliar o conhecimento sobre alguns documentos normativos e acompanhar a relação de temas em estudo passa pela agenda de todos nós, especialmente neste promissor momento da engenharia brasileira.

Destaco o trabalho desenvolvido na normalização internacional, onde o Brasil ocupa a vigésima terceira posição na participação em fóruns técnicos da ISO (International Organization for Standardization), dentre os mais de 160 países que compõem a entidade e à frente de toda a América Latina. Cumpre também mencionar que a ABNT atua no âmbito internacional como membro do Conselho da ISO, participa do Technical Management Board da entidade e dos Comitês CASCO, COPOLCO e DEVCO, responsáveis, respectivamente, por avaliação da conformidade, direito do consumidor e questões relativas aos países em desenvolvimento.



Nada disso seria possível sem a participação dos técnicos brasileiros, muitos dos quais filiados ao IBRACON, que atuam nas Comissões de Estudo da ABNT e também nos Work Groups e Technical Committees da ISO, levando seu conhecimento para o desenvolvimento de normas nacionais e internacionais. A seção NORMALIZAÇÃO TÉCNICA, além de informar, deve servir de incentivo para ampliar cada vez mais o interesse nessa participação.

Esta edição da Revista Concreto & Construções traz dez artigos técnicos sobre temas variados, focando o concreto, suas aplicações e materiais constituintes, além de informações sobre a construção civil, seus avanços e oportunidades.

A matéria de capa chama a atenção para as qualidades do pavimento de concreto e mostra a belíssima obra realizada em Curitiba, cidade que foi considerada exemplo mundial de sustentabilidade e premiada este ano com o Global Award Sustainable City. Indo de encontro às exigências de sustentabilidade, vale salientar que o pavimento de concreto, comparativamente a outras soluções tradicionais, propicia economia de energia elétrica, por sua coloração, que responde por maior índice de reflexão da luz, além de trazer maior segurança aos usuários e menor desgaste do sistema de freios dos veículos, por sua maior aderência; soma-se a esses benefícios o expressivo ganho em durabilidade.

Esta edição da Revista traz também a cobertura do V Seminário Internacional ABCIC - Industrialização, Arquitetura, Habitação, Infraestrutura e Sustentabilidade, realizado no último mês de abril, em São Paulo. O evento apontou soluções técnicas para o novo ciclo de crescimento do País focando o uso dos sistemas pré-fabricados em concreto. Normalização, durabilidade, atendimento a prazos exíguos de construção, beleza, versatilidade e controles rigorosos de produtos e processos foram algumas das tônicas do evento.

Desejo que todos apreciem esta Edição da Revista Concreto & Construções e convidoo a conhecerem as demais publicações do IBRACON e a tomarem parte no trabalho que o Instituto desenvolve na divulgação das melhores práticas do uso do concreto. No site www.ibracon.org.br podem ser obtidas maiores informações sobre como participar desse processo.

Assim, aproveitando o momento de euforia da construção civil no País, convidoo também a participarem da construção de um legado brasileiro de obras úteis, duráveis e belas, erguidas com base no conhecimento adquirido e aplicado, para deixar registrada a marca de competência da engenharia nacional no cumprimento de seu papel na sociedade.

ENG.ª INÊS LARANJEIRA DA SILVA BATTAGIN
DIRETORA DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA DO IBRACON

Converse com o IBRACON

Publique seus trabalhos científicos na RIEM!

A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM foi lançada em 2008, resultado da fusão da Revista IBRACON de Estruturas (RIEST) e da Revista IBRACON de Materiais (RIMAT), publicações científicas online editadas pelo Instituto Brasileiro do Concreto. Seu objetivo é divulgar as pesquisas técnico-científicas sobre os mais variados aspectos do concreto, material construtivo mais largamente empregado na construção civil, além de notas técnicas e discussões sobre tais pesquisas e inovações.

“A Revista tem o objetivo de promover a difusão e a melhor compreensão do estado da arte da construção em concreto, tanto no que se refere a estruturas, como no que tange à tecnologia e aos materiais que compõem o concreto. Assim, fornece subsídios para um fórum de debates entre investigadores, produtores e usuários desses materiais e estruturas, incentivando o desenvolvimento da pesquisa científica e construindo uma ponte que relaciona aspectos da ciência de materiais, da teoria das estruturas e do desempenho do concreto. A Revista visa promover o desenvolvimento do setor de Construção Civil, através da colaboração conjunta de cientistas, engenheiros, projetistas, construtores, fabricantes de materiais e usuários de estruturas de concreto”, lê-se em sua página no site www.ibracon.org.br.

Qualificada no sistema QUALIS, da CAPES, a RIEM é excelente veículo para a divulgação de trabalhos acadêmicos e de pesquisas tecnológicas sobre o concreto e seus sistemas construtivos, uma vez que é dirigida a todos os profissionais dos variados segmentos da cadeia construtiva do concreto, no Brasil e no mundo. Quando da publicação de suas edições – quatro por ano – uma newsletter é disparada para os associados ao IBRACON, comunicando sua a mais nova edição e seus artigos de destaque. A publicação é também armazenada no site do *American Concrete Institute* – ACI, sendo direta-

mente acessada por seus filiados. Tanto a submissão de artigos como a leitura das edições da RIEM podem ser feitas livremente, sem quaisquer custos.

Todos são convidados a participarem das edições, submetendo por meio eletrônico artigos para serem publicados. Para serem aceitos, os artigos precisam necessariamente ter uma versão em inglês, no caso de terem sido escritos originalmente em português ou espanhol. Essa condição deve-se justamente ao caráter internacional do periódico.

Os artigos são recebidos pelos editores, que os reenviam a uma banca de avaliadores, formada por especialistas nacionais e estrangeiros, associados ao IBRACON, e com reconhecida competência em sua área de pesquisa e atuação. A banca faz comentários, que devem ser acatados pelos autores, para, só depois, serem liberados para publicação. Todo o gerenciamento - desde a submissão de artigos até sua liberação para publicação - é feito por um sistema de gerenciamento de periódicos, de domínio público, desenvolvido pelo Public Knowledge Project - PKP (<http://pkp.sfu.ca/ojs/>).

Tipos de contribuição

A Revista publica artigos técnico-científicos inéditos e originais, artigos de comunicação técnica, discussão e réplica dos autores. No site da RIEM podem ser publicados relatórios de conferências e de reuniões relevantes e revisões de livros. Todas as contribuições serão revisadas e somente publicadas com a aceitação do Editor e do Conselho Editorial do IBRACON.

Restrições de conteúdo e espaço (tamanho) poderão ser impostas, conforme decisão do editor e revisores. As contribuições são aceitas somente em inglês, ou em dois idiomas, sendo um deles o inglês.

Artigo

Apenas artigos técnicos inéditos e originais, que estejam de acordo com o escopo da Revista e apresentem qualidade de informações e apresentação, serão aceitos para publicação. As diretrizes para a elaboração

e submissão dos artigos estão detalhadas no Guia de Redação de Artigo, disponibilizado no site da Revista.

Comunicação técnica

A comunicação técnica é um trabalho sucinto e tem o objetivo de apresentar as novidades em pesquisa, desenvolvimento e aplicação tecnológica na área de materiais de construção civil. Os trabalhos não precisam ser necessariamente conclusivos, pois têm a função de introduzir um novo tema na pauta de discussões. É um espaço reservado a indústrias, empresas, universidades, instituições de pesquisa, pesquisadores e profissionais que queiram divulgar os seus trabalhos e produtos ainda em fase de desenvolvimento. Os procedimentos e formatos para submissão estão detalhados no Guia de Redação de Comunicação, disponibilizado no site da Revista.

Discussão e réplica

A Discussão será recebida, no máximo, após três meses da publicação do Artigo ou da Comunicação Técnica a que se refere. As Discussões e as Réplicas não devem ultrapassar o limite de três páginas (incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas) e devem seguir a Folha de Estilos de Discussão e Réplica. A Discussão não deve ser ofensiva e deve limitar-se ao escopo do trabalho a que se refere. Será concedido o direito de réplica aos Autores. As Discussões e as Réplicas de um determinado Artigo ou Comunicação Técnica são publicadas no número subsequente da Revista.

Mais informações: acesse Menu Publicações/Revista IBRACON de Estruturas e Materiais no site www.ibracon.org.br

Homenagem ao Prof. José Zamarion

Sobre a nota publicada em newsletter IBRACON sobre a entrega do prêmio concedido pelo VII Simpósio EPUSP de Estruturas de Concreto ao engenheiro José Zamarion Diniz, segue comentário feito na Comunidade TQS: *Parabéns ao grande Engenheiro e Professor Zamarion, exemplo de dedicação ao disponibilizar sua capacidade profissional, seu exemplo de humanidade e seu enorme coração à Engenharia Brasileira.*

Grande abraço, justa homenagem à qual estou presente em sentimento e vontade, já que a distância é grande, a saudade maior ainda.

Sinceramente,

Egydio Hervé Neto

Ventuscore - PortoAlegre/RS

Tributo ao Engenheiro José Roberto Braguim, falecido em 28 de março

Meu sincero tributo ao grande Eng. José Roberto Braguim

Você nos deixou muito precocemente. Estou consternado! Tive a sorte de estar muito próximo do engenheiro e grande amigo Braguim e, por várias vezes, ter a felicidade de compartilhar parcerias. Fomos companheiros de IPT, de Escola Politécnica, de Diretoria do IBRACON, de comissões da ABNT e de ABECE.

Seu espírito ético, sua honestidade, seus princípios pessoais, sua competência e dedicação sempre se destacaram e me fizeram a cada dia apreciar mais aquele profissional sonhador e conversador. Sempre estava pronto para ouvir. A par de outras tantas, essas eram suas qualidades imbatíveis - duas grandes e maravilhosas características do Braguim: Diplomacia e Sonho.

Tudo deve e tem de ser bem negociado, bem conversado, temos de achar o caminho certo, mas com conversa. Sabia muito bem onde devia chegar, mas nunca rejeitou uma boa e construtiva discussão. Também sonhar com um país melhor, uma engenharia consciente e sem nunca esquecer seu lado social e seu compromisso com a qualidade de vida, com a justiça, assim era ele. Perseverante não deixava de confiar em dias melhores. Lamento profundamente perder precocemente esse querido amigo, esse "verdadeiro Ulysses Guimarães" da nossa valorosa Engenharia civil. Já está fazendo falta! Saudades...

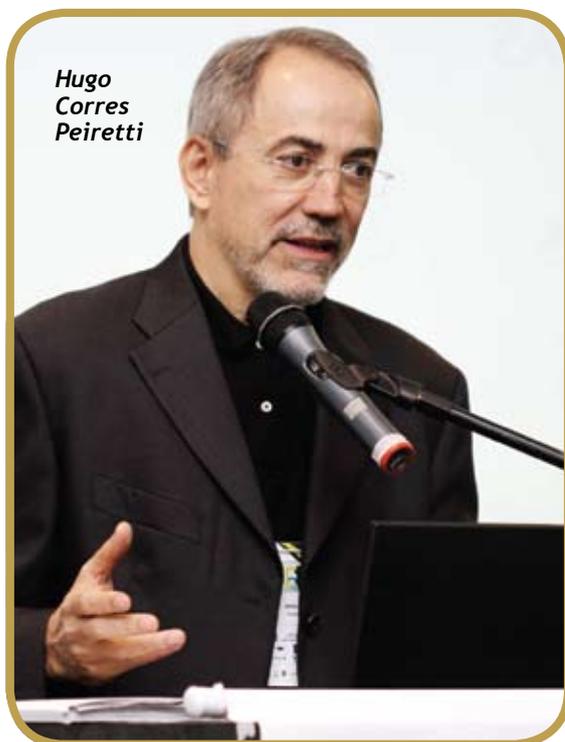
Paulo Helene

Comitê Editorial

Novo portal ABCP

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) tem uma nova página na internet, totalmente reformulada. O objetivo é o de aumentar o acesso dos interessados às informações sobre o cimento e suas aplicações na construção civil. Além dos dez canais, que englobam desde literatura técnica e apresentação de serviços até as últimas notícias sobre obras, projetos, cursos e eventos, o portal traz algumas novidades: visitas virtuais aos laboratórios da associação, solicitação de orçamentos online, área restrita para empresas com selo de qualidade ABCP e biblioteca virtual com 48 mil títulos de literatura técnica. Visite o site www.abcp.org.br e tenha acesso a todas as informações sobre o cimento, suas aplicações e dicas para uma correta utilização do material. ■

Hugo Corres Peiretti e David Fernández-Ordóñez



*Hugo
Corres
Peiretti*



*David
Fernández-
Ordóñez*

HUGO CORRES PEIRETTI É FUNDADOR DA FHECOR ENGENHEIROS E CONSULTORES, EM MADRID-ESPANHA, RESPONSÁVEL POR IMPORTANTES PROJETOS, ENTRE OS QUAIS: O ESTÁDIO NUEVO VALENCIA, O TERMINAL DO AEROPORTO DE BARAJAS, O CENTRO CULTURAL OSCAR NIEMEYER, EM ASTURIAS, CUJO PROJETO ARQUITETÔNICO É DO PRÓPRIO ARQUITETO QUE DÁ NOME AO EDIFÍCIO. É MEMBRO DA FIB (FEDERATION INTERNATIONALE DU BETON) E MEMBRO ATUANTE EM COMITÊS EUROPEUS DE NORMALIZAÇÃO (EUROCÓDIGOS). CATEDRÁTICO DA UNIVERSIDADE DE CONCRETO ARMADO DA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE MADRI).

DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ É DIRETOR TÉCNICO DA CASTELO PRÉ-FABRICADOS, DA ESPANHA. PRESIDENTE DE COMISSÃO TÉCNICA DA ACHE (ASOCIACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL), VICE-COORDENADOR DA COMISSÃO DE PRÉ-FABRICADOS DA FIB E COORDENADOR DO GRUPO DE HABITAÇÕES ECONÔMICAS, ALÉM DE SECRETÁRIO DO COMITÊ DE PONTES PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO, DA FIB.

ORDÓÑEZ E PEIRETTI FORAM ENTREVISTADOS CONJUNTAMENTE PELA REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES NUM DOS INTERVALOS DAS APRESENTAÇÕES DO V SEMINÁRIO INTERNACIONAL ABCIC, OCORRIDO EM 29 DE ABRIL ÚLTIMO.

IBRACON - CONTE-NOS RESUMIDAMENTE SOBRE SUA CARREIRA PROFISSIONAL. POR QUE ESCOLHEU CURSAR ENGENHARIA CIVIL?

David - Minha família tem uma tradição de engenheiros há muito tempo. Tanto na família de minha mãe, como na do meu pai. Meus avós eram engenheiros civis, os dois... Não... Um civil e o outro militar, porém militar de armamento e de construção. E meu pai também era engenheiro civil. Deve ter sido o DNA que me impulsionou a seguir esta direção. Mas, realmente, dentro da engenharia civil, eu entrei no campo da pré-fabricação, porque me permitia estar em todas as áreas de trabalho da engenharia, ou seja, desde a concepção, a execução, conhecer os materiais e chegar até o término da obra, desde o projeto até a fabricação.

Hugo - Eu sou engenheiro quase que por casualidade: queria ser médico e, no último momento, segui a sugestão de um tio engenheiro. Mas, acredito que, realmente, a escolha não é importante, a paixão pela profissão surge em seguida. Acredito que seria igualmente apaixonado como médico, como advogado ou qualquer outra coisa. Com certeza, meu problema é a paixão. A paixão, a descobri de velho já. Comecei a estudar engenharia como tantos jovens que não sabem qual caminho seguir. E imediatamente ao começar a estudar, gostei e me apaixonei pela engenharia, por isso que te digo que seria apaixonado por outra carreira. E aqui estou apaixonado pela engenharia.

IBRACON - POR QUE A ESCOLHA DA ÁREA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO?

Hugo - Bem, porque dentro do que é a engenharia, as estruturas são o maior desafio, eu diria, que são sempre um referencial inevitável dentro da engenharia civil. Sem dizer que dão muitíssimas possibilidades: os engenheiros estruturais têm

uma grande ambição criativa. E isso, eu diria, que é o que eu mais gosto da engenharia, a ambição criativa. Ainda que tenha dedicado muitos anos da minha vida a pesquisar, nada mais do que pesquisar. E, assim, pouco a pouco, me fiz mais engenheiro e menos acadêmico.

IBRACON - EM QUAIS OBRAS ESTEVE ENVOLVIDO QUE MARCARAM SUA EXPERIÊNCIA COMO PROFISSIONAL?

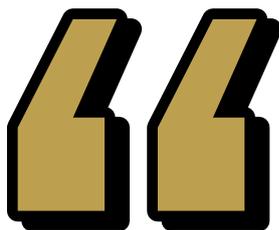
POR QUE TAIS OBRAS FORAM EMBLEMÁTICAS?

David - Houve um momento no qual somente se faziam pontes isostáticas. Como eu estava no cenário do mercado naquele momento, os requerimentos dos projetistas e das administrações começaram a requerer pontes mais avançadas, pontes com soluções isostáticas. Isto requereu adaptar-se e gerar métodos de cálculos avançados para poder resolver esses problemas. Isso aconteceu na metade dos anos 90 e me obrigou a estudar e a resolver muitos problemas para poder seguir fazendo uma serie de elementos e para poder avançar e gerar soluções novas, esse é um marco muito importante.

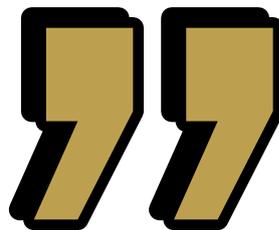
Hugo - Acredito que para alguém que constrói, ao passar do tempo, com a experiência, a verdade é que fica difícil encontrar uma

obra que reflita tudo. Além do mais, acredito que é imprescindível não perder nenhuma oportunidade e, se alguém tem a mínima oportunidade, por menor e mais modesta que seja, deve aproveitar para estudá-la, para que a experiência vá aumentando.

De maneira que pensava, enquanto eu falava, que existem obras que foram importantes, porque marcaram, ao nível de crescimento, ao nível de escritório. Por exemplo, o primeiro concurso que ganhamos em 89 - a Ponte Elche, foi um marco, mas não foi a obra mais importante para mim. Outro marco importante foi o aeroporto de Barajas, porque tinha uma dimensão tão gigantesca, que



ACREDITO QUE ALGUÉM QUE CONSTRÓI, AO PASSAR DO TEMPO, COM A EXPERIÊNCIA, A VERDADE É QUE É DIFÍCIL ENCONTRAR UMA OBRA {EMBLEMÁTICA}.



nos impulsionou a crescer. Talvez, pessoalmente, o que mais me interessou é o poder de interagir com outras pessoas. Quanto mais aberto, maior é o interesse. Trabalhamos com muitos arquitetos e existem muitas relações diferentes, mas existem algumas que são muito boas, por exemplo, a que tivemos com Rogers... Richard Rogers.

IBRACON - EM QUE CONSISTEM OS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO?

Hugo - Eu diria que o pré-moldado é uma possibilidade construtiva, não é a única, é uma possibilidade construtiva. E, construtivamente, eu posso resolver um problema de diversas formas: a pré-fabricação é uma das formas. E é uma das formas que, realmente, cada dia, tem um maior protagonismo, cada dia e cada vez é mais importante.

IBRACON - MAS, QUAL É O TRAÇO ESPECÍFICO PARA DEFINIR ESSA FORMA CONSTRUTIVA?

Hugo - Poder fabricar em uma planta e transportar é um deles. E que requer mais importância: primeiro, pela exigência da qualidade, de possibilidade de eficiência estrutural, características que são muito mais alcançáveis em uma fábrica do que na obra. De outra parte, as nossas obras são protótipos, apesar de não existir uma obra igual a outra, nunca: existem obras parecidas; existem experiências que podem ser trasladadas de uma obra a outra, mas nunca se faz uma coisa exatamente igual à outra. Nunca. Esse caráter de protótipo faz com que seja muito mais difícil, na obra, gerenciar com o mesmo nível de qualidade do que é possível na fábrica; não digo que seja sempre alcançável, mas que seja mais possível, em uma fábrica. Assim que, definitivamente, é uma possibilidade construtiva.

David - Eu te diria que a pré-fabricação é

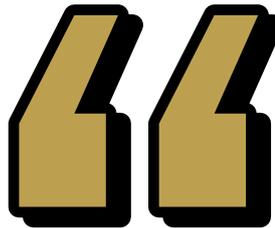
a industrialização da construção, é uma das maneiras de industrializar a construção, neste caso, do concreto, porque estamos falando da pré-fabricação do concreto. Existe, ainda, a pré-fabricação de aço, de madeira e de outros materiais, mas os conceitos falam da fabricação do concreto. Estou de acordo com Hugo: é um método construtivo que tem a potencialidade de industrialização. A industrialização, em si mesma, é algo que também vem se modificando com o passar do tempo. Se industrializava de uma maneira e não é

da mesma maneira que se vê agora, mesmo nas fábricas não tão avançadas e a indústria de pré-fabricação foi atrás desses conceitos de industrialização, tendo por referência uma indústria digamos "top", a indústria de carros. Pouco a pouco, a pré-fabricação avança na industrialização. Não mais de 20 anos, quando uma pessoa ia comprar um carro, lhe davam quatro opções de cores e três opções de acabamentos, mais ou menos, havia umas opções muito básicas, porque os conceitos de industrialização eram mínimos na industrialização em massa. Mas, pouco a pouco, os conceitos se flexibilizaram e a própria automação, a

formatização do processo produtivo, propiciou que cada elemento fosse individualizado. Hoje em dia, você vai comprar um carro, não necessita ser um BMW, pode ser um Fiat, e você tem muitas possibilidades de personalização, num processo de fabricação barato e altamente personalizado.

IBRACON - MAS ESSA PERSONALIZAÇÃO DO PRODUTO EXISTE NA PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO?

David - Isso, no pré-moldado, não existe cem por cento, mas se busca na indústria, porque são conceitos industriais e se vão buscando esses conceitos. Existem mais em alguns tipos de pré-moldados, menos em



POUCO A POUCO,
OS CONCEITOS SE
FLEXIBILIZARAM E A
PRÓPRIA AUTOMAÇÃO
PROPICIOU QUE CADA
ELEMENTO FOSSE
INDIVIDUALIZADO.



outros tipos. Porém, os que pensavam que a pré-fabricação tem que ser uma solução em massa, isso pouco a pouco vai mudando, assim como vai mudando as instalações, a forma de abordar o problema.

IBRACON - QUANDO E ONDE SURTIU ESSA TECNOLOGIA?

David - Os primeiros exemplos são do final do século XIX. Os primeiros conceitos do pré-moldado de cimento foram os primeiros concretos que se fizeram - umas embarcações feitas de concreto, muito pontuais, muito artesanais, representadas por uma técnica. Mas, a potência da pré-fabricação estrutural, aquilo que estávamos falando aqui, começa a ser relevante quando se inventa o protendido, entre os anos 20 ou 30 do século XX. E a indústria se desenvolve, realmente, depois da Segunda Guerra Mundial, quando a Europa estava muito destruída, havia tudo por se fazer - casas, edifícios e todos os tipos de obras. Então, em todas as partes do mundo, começaram a montar essas grandes empresas de pré-fabricação, que começaram a se popularizar, com conceitos de produção em massa e outros conceitos industriais, digamos, antigos.

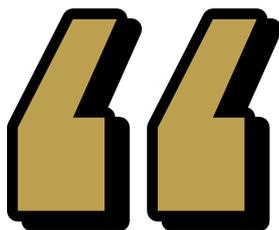
IBRACON - QUAIS OS MOTIVOS QUE ESTIMULARAM SUA CONCEPÇÃO E EMPREGO?

Hugo - Já dissemos alguma coisa não? Eu acredito, digamos, que as causas mais difundidas até agora são: o prazo, o tempo e a economia de escalas.

David - O que disse o Hugo, mas com os princípios de hoje em dia: a qualidade, o controle e os elementos civis.

Hugo - Porque é uma exigência da sociedade em conjunto, que aprendeu a exigir. Mais do que isso, exigem muito sem saber, existe uma demanda generalizada. E, também, notamos na construção. Antes, o consumidor

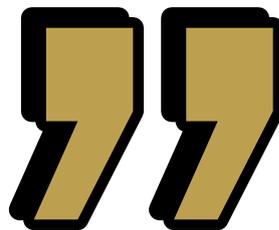
custava em obter benefícios deste produto; hoje, eles têm muitas mais exigências de qualidade do que tinham no passado. E a pré-fabricação dá uma resposta que não podem dar as obras moldadas no local. Acredito que, aqui não, mas na Europa também existe a baixa qualidade de mão-de-obra da construção normal. A construção é uma atividade muito dura, porque faz frio, faz calor... Enfim, muitos trabalhos são tão duros, onde trabalham jovens que são imigrantes, e também mulheres trabalhando, com uma formação tão mínima. Além do que existe, inclusive, problemas para se comunicar com eles, que falam polonês, búlgaro, línguas que eu nem sei... (risos). Por isso, a pré-fabricação está relacionada para que substitua a construção no local.



NÃO SOMENTE A PRODUTIVIDADE COMO RENDIMENTO DE TEMPO E DINHEIRO, MAS TAMBÉM COMO RENDIMENTO DO PRODUTO, QUE SE ELEVA [COM A PRÉ-FABRICAÇÃO], COMO A QUALIDADE DE VIDA PARA O USUÁRIO FINAL

IBRACON - POR SER UM PROCESSO INDUSTRIALIZADO, O CONCRETO PRÉ-MOLDADO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DO CANTEIRO DE OBRAS? ISSO É UMA VERDADE?

David - Claro! Isto é uma verdade, este é um dos motivos. O trabalho pode ser feito antes de se trabalhar em canteiros e muitíssimo mais rápido, além do mais, com menos pessoas e pessoas formadas, no qual os riscos são menores e... tudo, tudo junto.



Acredito que não somente a produtividade como o rendimento de tempo e dinheiro, mas também como rendimento do produto, que se eleva, como a qualidade de vida para o usuário final.

IBRACON - QUAIS AS CONDIÇÕES PARA AUMENTAR ESSA PRODUTIVIDADE?

Hugo - Eu acredito que a atual conjuntura brasileira, sem nenhuma dúvida, vai criar uma posição de mercado que ajudará um maior número de pessoas e a pré-fabricação terá que trabalhar muito para dar respostas a essa demanda.

David - A indústria de pré-fabricação tem que melhorar não somente aqui no Brasil,

mas, também na Espanha, a excelência técnica e tem que procurar soluções mais avançadas, tanto de cálculo como de produção. E, por outro lado, tem que avançar na flexibilidade e na aparência final do produto, enfim, dos acabamentos, o resultado final dos produtos.

Hugo - Sabe que existe outro aspecto da pré-fabricação. Tem um problema de pré-fabricadores que deixam de lado o povo. A pré-fabricação tem que estar culturalmente, tem que formar culturalmente parte do acervo de um engenheiro estrutural, de um arquiteto. Eles devem ser capazes de montar com ela uma possibilidade a mais.

David - Não pode ser uma caixa-preta. Eu estou completamente de acordo com Hugo. A pré-fabricação não pode ser uma caixa-preta, tem que ser “um vestido pronto para ser vestido”. E um modo que dizemos. E, são os projetistas, os arquitetos, que têm que usar essa linguagem para fazer nas horas boas e nas horas ruins.

Hugo - Eu acredito que é uma possibilidade construtiva, sobretudo, quanto mais flexível se faça, mais chegada a um, digamos, a um tecido mas amplo. É isso que dará a autoridade e, desde então, a flexibilidade perdera seus limites, porque se pode fazer tudo. Acredito que hoje o pré-fabricador tem que demonstrar que é capaz de estar à disposição. O que sabe fazer o pré-fabricador? Sabe fazer moldes, sabe fazer armaduras, sabe fazer concretos excelentes, sabe administrar logisticamente a construção de coisas, sabe transportá-las, sabe instalá-las. Esses são os pequenos atributos do pré-fabricador. Que hoje a usa, eventualmente, para fazer produtos mais ou menos rentáveis, e isto está bem, mas o mercado não se pode nutrir apenas de produtos mais ou menos rentáveis.

David - Desculpe, como você bem disse, que é um elemento, uma possibilidade a

mais, há que fazer, eu acredito que uma das partes que se pode pedir ao setor das pré-fabricações é a formação dos projetistas, dos alunos que saibam o que se pode fazer.

Hugo - A verdade é que sou professor. E, a princípio, quando comecei a ensinar, pensava que o meu objetivo era dar o que eu sabia. Logo, me dei conta de que, se você dá tudo aquilo que você realmente sabe, o receptor não é capaz de recebê-lo, se cria uma nuvem de intranquilidade, que também não é bom. Aprendi que

tinha que ministrar a informação com habilidade e não com mesquinha. E, agora, me pergunto: “O que tenho que ensinar?” Porque realmente é muito difícil um professor ensinar, não é? Como eu ensino os alunos sobre as possibilidades construtivas? Isso é muito difícil de fazer, não é? Temos todos que pensar que a técnica normal de ensinar é escrevermos em um livro, dando informações amenizadas. Porém, não é só isso, os livros tem muitos escritos.

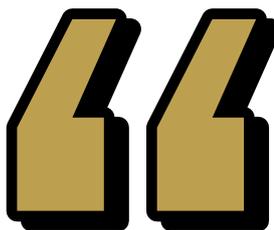
David - Com as vezes da conversação e do diálogo se aprende muito mais.

Hugo - Realmente, tem que pensar. Eu não o tenho claro, não poderia te

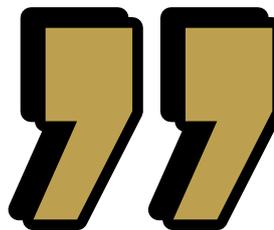
dar uma resposta a esta pergunta agora. Sei que a educação tem que mudar e sei que a educação tem que incorporar um monte de elementos, mas não sei como fazê-lo. Como, por exemplo, como se ensina as estruturas a um arquiteto?

Essa é uma grande pergunta que não foi resolvida.

Como se ensina a pré-fabricação nas escolas de arquitetura e engenharia? Tem que pensar profundamente. Porque não é possível lhe dar um catálogo. É uma questão bastante mais complexa que isto. Eu não tenho a resposta, não é? Mas, de fato, temos dado um catálogo, desde bastante tempo, temos dado aulas e não termina-



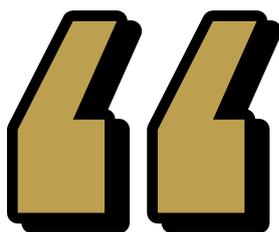
{A PRÉ-FABRICAÇÃO}
É UMA POSSIBILIDADE
CONSTRUTIVA, SOBRETUDO,
QUANDO MAIS FLEXÍVEL
SE FAÇA.



mos de obter os resultados que queremos, tem que dar uma volta maior e mais profunda ao assunto.

David - Eu estou de acordo que tem que se chegar mais na profundidade da técnica. Sou muito melhor projetista se conheço os materiais e os elementos com os quais trabalho, do que se, simplesmente, os pego e vou colocando um ao lado do outro, mecanicamente.

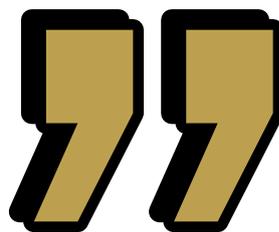
Hugo - Mas isto é um pouco também a evolução das coisas. Eu vim há 20 anos aqui em São Paulo, para dar conferências. Estava o Vasconcelos e um monte de senhores “feitos e direitos” e eu estava assustado de pensar que tinha um auditório tão absolutamente qualificado. E minha conferência era totalmente científica, era próprio do momento em que estava. O que disse o David, quando você tem um conhecimento, cada vez que atrai mais explicar os conceitos, não os detalhes, porque claro que os detalhes podem se resolver de muitas maneiras; inclusive, quando se explica os detalhes, deve-se explicá-los conceitualmente. É uma evolução mais ou menos natural, quando alguém envelhece.



ESTOU COMPLETAMENTE SEGURO DE QUE O FUTURO DA CONSTRUÇÃO PASSARÁ POR POUCA COISA FEITA NA OBRA E MUITAS COISAS FEITAS EM PRÉ-FABRICAÇÃO.

IBRACON - A MAIOR LIMITAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO PRÉ-MOLDADO NÃO É TÉCNICA, MAS CULTURAL, É ISSO?

David - Não é técnica. A limitação está nas cabeças: é cultural! É cultural: as limitações estão nas cabeças dos projetistas e dos pré-fabricadores do que querem fazer.



IBRACON - MAS ATINGIR UM NÍVEL DE 100% DE PERSONALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO É AINDA UMA UTOPIA?

David - Seria um objetivo. Da mesma forma que não existe 100% de personalização em um carro, em um automóvel. As indústrias estão buscando. Faz 20 anos (e tínhamos dito que um carro poderia ter tudo o que tem agora, mas

não podíamos imaginar) que estão fazendo elementos pré-moldados com sistemas industriais como os dos carros, que também não tínhamos acreditado como possível, para os sistemas móveis e para as instalações fixas.

Hugo - Eu acredito que se pode acreditar. Quando você tem uma estrutura metálica e uma estrutura metálica hipercomplicada, creio que se poderia fazer também em pré-fabricado de concreto. O que acontece é que, normalmente, os preços mais comprimidos respondem a projetos mais racionais. Eu acredito que sim: que se poderia chegar a este objetivo. Estou completamente seguro de que o futuro da construção passará por pouca coisa feita na obra e muitas coisas feitas em pré-fabricação e, para isso, faz falta uma grande revolução cultural de todo o mundo, do fabricante, do usuário e da pré-fabricação. A universidade tem que contribuir.

Lembrei, também, quando falamos da produção em massa, de como a pré-fabricação foi afetada por uma horrorosa reputação adquirida durante a época em que os países socialistas usaram a pré-fabricação para fazer algo muito padronizado, com uns objetivos políticos muito claros, que poderiam ser válidos ou não.

David - Igual ao que se fez nos países do Leste Europeu, se fez também na França, na Inglaterra...

Hugo - E se tentou fazer na Espanha. Porque em tudo nesta vida existem coisas boas e coisas ruins, não é? Mas, isso causou muito dano, quando mudou culturalmente a expectativa das pessoas. As pessoas querem, primeiro, ter uma casa; porém, logo depois, querem ter uma casa diferente daquela ao lado e de que goste.

David - Responderam naquele momento ao que lhe faziam falta: casas. A pré-

fabricação possibilitou a construção de muitas casas, muito baratas e muito rapidamente. Isso aconteceu.

Hugo - Essa pré-fabricação deixou na cultura das pessoas que a pré-fabricação é algo burro, como uma palavra negativa, que as pessoas entendem negativamente. Isso está mudando agora, a partir dos anos 90.

IBRACON - **ESSA NEGATIVIDADE VEIO PRINCIPALMENTE DOS PAÍSES DO LESTE EUROPEU?**

David - Não! Ela deve ser atribuída ao conceito de fabricação em massa. Eu não colocaria a culpa somente nos países do Leste Europeu. Mas, quando uma pessoa vai a Berlim e vê tudo isso, que as casas são monótonas, milhões de casas iguais, ficam com essa impressão.

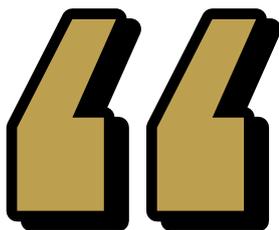
IBRACON - **QUE AVANÇOS TECNOLÓGICOS TÊM EXPERIMENTADO O CONCRETO PRÉ-MOLDADO NOS ÚLTIMOS ANOS? DE QUE FORMA, NOVOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS TÊM DIVERSIFICADO A APLICAÇÃO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO? PARA ONDE ESSA TECNOLOGIA AVANÇA?**

David - Eu diria que hoje são dois os avanços que estão mais ajudando a pré-fabricação em concreto: um é toda a industrialização dos processos com a automatização, com equipamentos que existem em todos os países que produzem o pré-fabricado; e o outro é o concreto autoadensável. O autoadensável é um concreto mais compacto; como é mais compacto, é mais durável e tem mais resistência. E permite preencher os moldes de uma maneira como se fosse um fluido. Um concreto normal tem que durar, mas deve passar por vãos muito densos em armaduras, lugares de difícil acesso. O autoadensável é um fluido que preenche facilmente essas regiões densamente armadas. Sem falar no melhor acabamento, o que requer moldes mais perfeitos, como também no processo mais

econômico (emprega poucas pessoas para executar muitas coisas) e ambientalmente correto (não há ruídos nas fábricas).

IBRACON - **POR QUE O BRASIL DEVE USAR O CONCRETO PRÉ-MOLDADO NA CONSTRUÇÃO DE ARENAS PARA A COPA DE 2014 E AS OLIMPIADAS DE 2016? QUAIS AS PRINCIPAIS VANTAGENS DESSE SISTEMA CONSTRUTIVO QUANTO A ESSA APLICAÇÃO?**

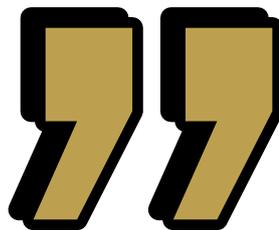
Hugo - Os pré-moldados encurtam os tempos. Acabamos de fazer um estádio completamente novo em Valência no prazo de um ano.



HOJE SÃO DOIS OS AVANÇOS QUE MAIS ESTÃO AJUDANDO A PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO: A AUTOMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS E O CONCRETO AUTOADENSÁVEL.

IBRACON - **DE QUE FORMA A PRÉ-FABRICAÇÃO PODE CONTRIBUIR COM A SUSTENTABILIDADE DO SETOR CONSTRUTIVO, SEJA NA PRODUÇÃO OU NO CONSUMO?**

Hugo - A primeira maneira é menos utilização dos materiais, porque, como temos materiais de maior qualidade, podemos reduzir esses materiais; igualmente as colunas podem ser menores, as vigas podem ser mais finas dentro dos limites, o que reduz o uso de materiais. E, por outro lado, tem toda questão de defeitos de obras: praticamente no pré-fabricado, os defeitos são mínimos.



IBRACON - **QUAL A IMPORTÂNCIA DE ENTIDADES COMO A ABCIC E, NO MEU CASO, QUE REPRESENTO O IBRACON, NA DISSEMINAÇÃO DA TECNOLOGIA DO PRÉ-FABRICADO EM CONCRETO E NO DESENVOLVIMENTO DO SETOR?**

Hugo - Existem associações cujos enunciados têm grandes objetivos. Acredito que a ABCIC faz realidade com o objetivo a que se propõe, que é fantástico: a divulgação de conhecimentos e de técnicas; a normalização do setor; a educação técnica. Se vê também uma grande harmonia entre os membros pré-fabricadores, que têm um ideal em comum: a comunicação externa ao restante dos projetistas e a comunicação interna aos associados estão muito bem. ■

melhores práticas
pavimento de concreto

Corredor de ônibus em pavimento de concreto na Linha Verde de Curitiba

CARLOS ROBERTO GIUBLIN - ENGENHEIRO CIVIL
ALEXSANDER MASCHIO - ENGENHEIRO CIVIL
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

JÚLIO MULLER NETO - ENGENHEIRO CIVIL
REDRAM CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA

JORGE RENÉ PALOMBO RODRIGUEZ - ENGENHEIRO CIVIL
CONSTRUTORA CAMARGO CORRÊA

CESAR HENRIQUE SATO DAHER - ENGENHEIRO CIVIL
CÉSAR ZANCHI DAHER - ENGENHEIRO CIVIL
DAHER TECNOLOGIA

1. INTRODUÇÃO

A rodovia BR 476 (antiga BR-116), que atravessa a cidade de Curitiba, foi incorporada a estrutura viária da cidade com a implantação do Eixo Metropolitano de Transporte - Sul, chamado de LINHA VERDE. Sendo considerado um grande projeto urbanístico da cidade, este primeiro segmento foi executado em dois lotes, tendo como pontos extremos o bairro Pinheirinho e o bairro Jardim Botânico. A nova estrutura viária aplicada sobre o antigo leito da rodovia foi composta pelos componentes abaixo relacionados, com as seguintes denominações e características:

- **Canaleta** exclusiva para as linhas expressas, onde irá trafegar o ônibus

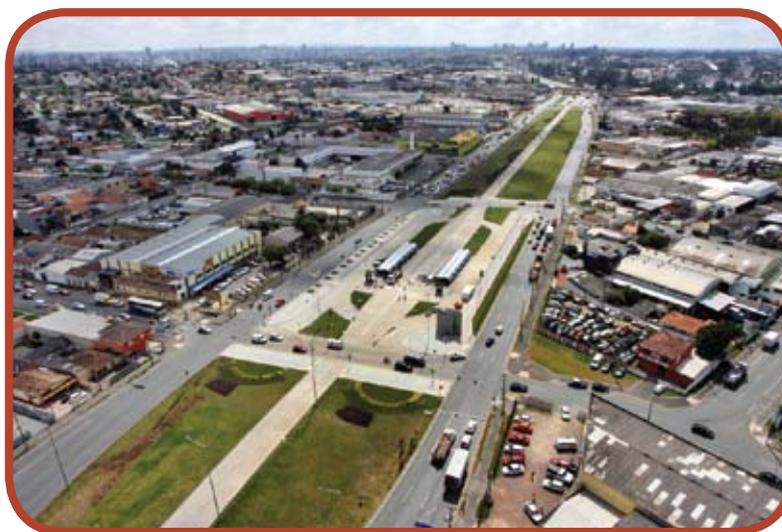


Figura 1 - Vista aérea - estações de parada e canaletas exclusivas

bi-articulado, foi implantado com 7,00m de largura. O pavimento escolhido foi de concreto de cimento Portland sobre sub-base de 12cm de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC).

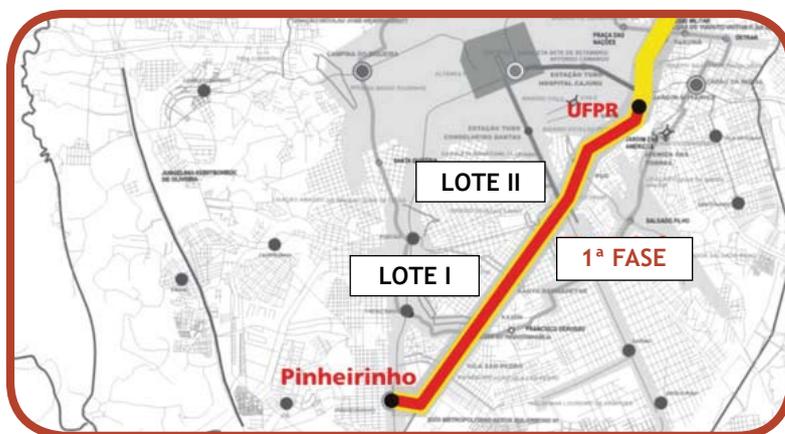


Figura 2 - Mapa com a localização dos lotes I e II da LINHA VERDE

2. PAVIMENTO DE CONCRETO

2.1 PROJETO

Para os dois lotes da revitalização da LINHA VERDE, o método utilizado para o dimensionamento do pavimento de concreto foi o da *Portland Cement Association*, de 1984. Incorporando um modelo modificado de fadiga e de erosão, emprega análise estrutural por elementos finitos, estando

os fundamentos deste método contidos no Manual de Pavimentos Rígidos do Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes (DNIT), volume 2. Obedece aos seguintes parâmetros básicos: capacidade de suporte do subleito; tráfego estimado, inclusive crescimento previsto; resistência de projeto do concreto e período de projeto.

Com base no dimensionamento e na análise das diferentes condições de solicitações de tráfego ao longo do corredor de ônibus, foram definidas as seções do pavimento de concreto, conforme as figuras de 3 a 5.

As vantagens do pavimento de concreto para corredores de ônibus são descritas a seguir: resistência ao tráfego intenso e pesado; vida útil projetada de 20 anos, podendo durar mais caso tenha manutenção periódica; superfície não se deforma com o tráfego; tem maior visibilidade se comparado ao pavimento asfáltico; oferece melhor aderência entre pneus e superfície; resiste ao ataque químico dos óleos que vazam dos ônibus; e tem custos de manutenção reduzida, em função da alta durabilidade do concreto (SENÇO, 1997).

As dimensões definidas em projeto para as placas de concreto foram as descritas a seguir para cada lote:

- **Vias marginais:** duas vias laterais à canaleta, destinadas à circulação de veículos em geral, que hoje utilizam a rodovia, com largura de 10,50m, três faixas de tráfego por sentido cada uma com 3,50m. O pavimento escolhido para essas vias foi o de asfalto. As vias marginais terão separadores de tráfego constituídos por canteiros gramados, com largura variável.
- **Vias locais:** Anteriormente denominadas vias marginais da BR-116, foram implantadas e/ou adaptadas no limite da área de domínio da avenida, servindo para o acesso às atividades lindeiras. Implantada com 6,00m de largura, sendo 4,00m destinados à circulação de veículos, em sentido único, e 2,00m para estacionamento. O pavimento escolhido para estas vias foi o de asfalto sobre base 20cm de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC).
- **Via de acesso ao Terminal de Integração Pinheirinho:** exclusiva para o ônibus bi-articulado, com 15,00m de largura, sendo 7,00m para a circulação do veículo e passeios laterais de 3,50m de largura. O pavimento escolhido foi de concreto de cimento Portland sobre sub-base de 12cm de BGTC.

A Figura 2 mostra o Mapa de localização dos serviços executados nesta fase da Linha Verde. Este trabalho refere-se à execução dos lotes I e II, respectivamente a cargo dos Consórcios Delta / Redram e Camargo Corrêa / EMPO

- **Canaleta Exclusiva - Overlay:** duplo sentido de tráfego, com 7,0m de largura, revestimento em placas de concreto $f_{ctmk} = 4,5\text{MPa}$, espessura 25cm, colocado sobre a estrutura do pavimento existente.

- **Canaleta Exclusiva - Implantação Pavimento Novo:** duplo sentido de

Figura 3 – Seção-tipo do pavimento de concreto – canaleta exclusiva – overlay

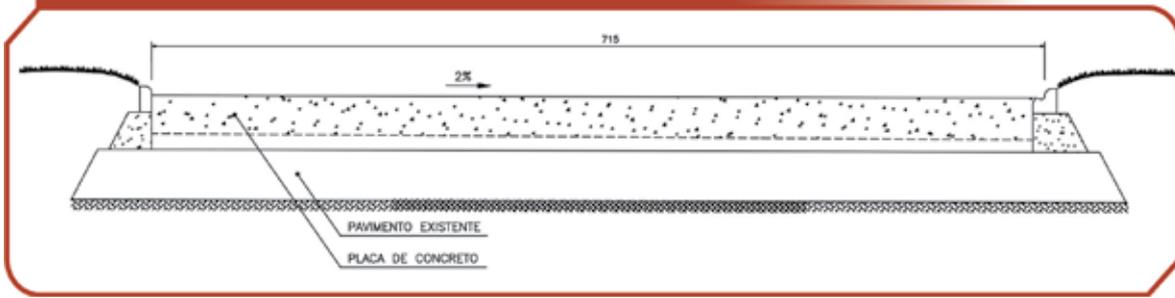


Figura 4 – Seção-tipo do pavimento de concreto – canaleta exclusiva – implantação pavimento novo

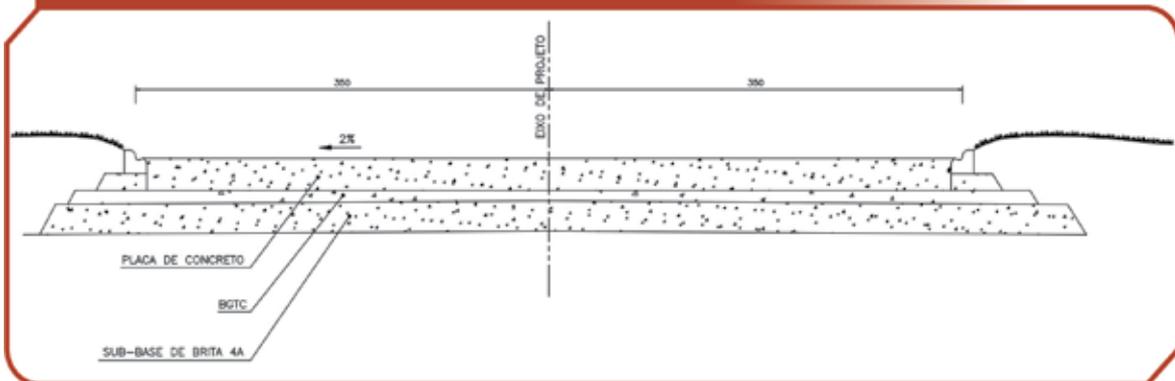
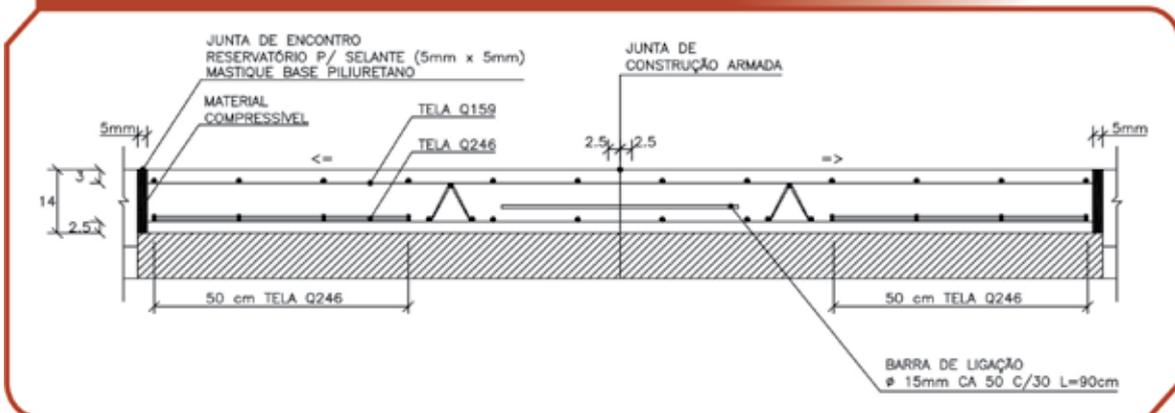


Figura 5 – Seção-tipo do pavimento de concreto – estações de parada – pavimento estruturalmente armado



tráfego, com 7,0m de largura, revestimento em placas de concreto $f_{ctmk} = 4,5\text{MPa}$, com espessura de 25cm, e sub-base de BGTC com espessura de 12cm.

- **Estações de Parada:** duplo sentido de tráfego, com larguras variadas, revestimento em placas de concreto estruturalmente armadas $f_{ck} = 30\text{MPa}$, com espessura de 14cm, e sub-base de BGTC com espessura de 12cm.

Nas juntas transversais de retração, tanto as serradas como as de construção, espaçadas a cada 5,0m, foram utilizadas barras de transferência com aço CA-25, diâmetro de 32mm e comprimento de 50cm, com 27cm pintada e engraxada, e espaçamento entre elas de 30cm.

Nas juntas longitudinais de articulação foram utilizadas barras de ligação com aço CA-50, diâmetro de 10mm e comprimento de 80cm, com espaçamento entre elas de 50cm.



Figura 6 - Pavimentadora Terex-CMI (Mod. SF3004)

2.2 TRAÇOS DOS CONCRETOS

Para a determinação dos traços dos concretos, utilizou-se o método de dosagem racional da Daher Tecnologia e Engenharia para o lote I, dosagem feita pelo Eng. César Zanchi Daher. Para o lote II, o método empregado para a elaboração da dosagem foi baseado no Procedimento Interno PES-QMAT-LAB-003 da Projconsult, embasados

pelas recomendações do Método do American Concrete Institute ACI C-211. A variação dos métodos de dosagem foi determinada pela contratação de laboratórios de controle tecnológico diferentes para cada lote, sendo que o Lote I esteve sob a responsabilidade da Daher Tecnologia em Engenharia Ltda. em função da execução dos lotes estarem a cargo de dois Consórcios Construtores.

Tabela I - Composição dos traços de concreto da placa

| MATERIAIS | UNIDADE | LOTE I | LOTE II |
|--|---------|--------|---------|
| Cimento (Lote I - CP IV 32) (Lote II CP II E 32) | kg | 378 | 372 |
| Areia Natural | kg | 210 | 854 |
| Areia Artificial | kg | 502 | - |
| Brita 9,5/25 | kg | 555 | 814 |
| Brita 19/31,5 | kg | 555 | 220 |
| Água | l | 178 | 167 |
| Aditivo | l | 2,45 | 2,98 |
| Relação A/C | - | 0,47 | 0,45 |
| Teor de Argamassa | % | 49,5 | 54,3 |
| Abatimento | mm | 40±10 | 70±10 |



Figura 7 - À esquerda Rolo Vibratório e à direita Régua Treçada Vibratória

Os traços de concreto utilizados para confecção das placas nos dois lotes estão demonstrados na tabela 1.

Em função do tipo do equipamento de espalhamento utilizado, foram definidos consumos de agregados graúdos diferentes nos dois lotes. No Lote I, foi utilizada a pavimentadora de formas deslizantes, com slump menor e percentual maior de agregado 19/31,5; e no Lote II, foi utilizada a pavimentadora de rolo vibratório e régua treçada, com slump maior e consumo maior de agregado 9,5/25. Esta diferença se deve a maior ou menor dificuldade de espalhamento do concreto na pista.

2.3 EQUIPAMENTOS

Os principais equipamentos que foram mobilizados para a execução das placas de concreto nos dois lotes a cargo dos Consórcios estão descritos abaixo:

- **Lote I:** Pavimentadora de formas deslizantes Terex-CMI, modelo SF-3004. Para a produção do concreto, foi mobilizada uma Central de Concreto dosadora misturadora Schwing - modelo M2.
- **Lote II:** Pavimentadora de rolo vibratório e régua treçada vibratória. Para a produção do concreto, foi utilizada Central de Concreto dosadora comercial da cidade de Curitiba.

2.3.1 PAVIMENTADORAS DE FORMAS DESLIZANTES (SLIPFORM)

No lote I, foi mobilizada uma pavimentadora de formas deslizantes da marca Te-

rex-CMI, modelo SF-3004 (Figura 6). Estes equipamentos, que reúnem em uma só unidade todas as atividades inerentes à execução do pavimento, possuem as seguintes características:

- a) recebimento do concreto que é transportado por caminhões basculantes;
- b) distribuição uniforme do concreto antes do processo de vibração;
- c) adensamento do concreto pelos vibradores de alta frequência;
- d) acabamento superficial do concreto

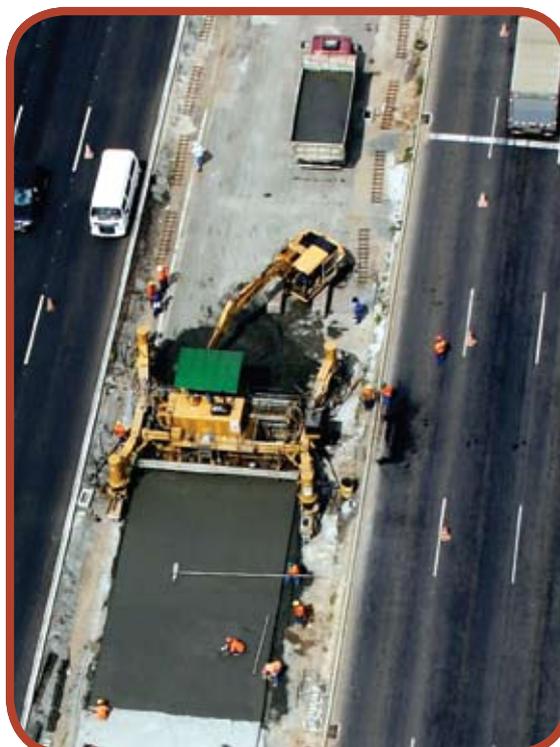


Figura 8 - Distribuição do concreto com auxílio de escavadeira



Figura 9 - Execução da texturização

- proporcionado pelo sistema de formas deslizantes;
- e) disponível para trabalhar com larguras e espessuras variadas das formas deslizantes;
- f) controle de nivelamento e alinhamento do pavimento através de quatro sensores laterais;
- g) redução de mão de obra de operação e acabamentos e redução do custo final dos serviços de pavimentação.

As pavimentadoras de formas deslizantes trabalham com concreto com baixo abatimento de tronco de cone, proporcionando uma redução do consumo de cimento por m^3 , comparativamente a outros

equipamentos de espalhamento de concreto (formas-trilho e régua treliçadas).

No lote II, foram mobilizadas pavimentadoras de rolo vibratório e régua treliçada, equipamentos de menor porte que atenderam as especificações da obra (Figura 7).

2.4 MÉTODO EXECUTIVO

2.4.1 PRODUÇÃO E TRANSPORTE DO CONCRETO (PLACA)

Para a produção do concreto da placa, foi utilizada central dosadora e misturadora no Lote I e central de concreto dosadora comercial no Lote II, sendo o transporte executado com caminhões bas-



Figura 10 - Aplicação do produto de cura química com equipamento autopropelido e bomba espargidora costal



Figura 11 - Detalhe da junta transversal de construção com forma

culantes no lote I e caminhões autobetonheiras no Lote II.

2.4.2 EXECUÇÃO DA SUB-BASE DE BGTC

A brita graduada tratada com cimento foi transportada para frente de serviço com caminhões basculantes e o seu espalhamento foi realizado com motoniveladora. Para a compactação da camada de 12cm de BGTC foi utilizado rolos lisos vibratórios, em quantidade suficiente para atender a produção. A cura da BGTC foi realizada com aplicação de pintura betuminosa, utilizando-se emulsões asfálticas catiônicas de ruptura rápida. Esta pintura tem dupla finalidade, sendo a primeira executar a cura da sub-base e a segunda criar uma película isolante e impermeabilizante entre a sub-base e a placa de concreto.

2.4.3 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO DE CONCRETO

Para a execução das placas de concreto foram utilizadas equipamentos de diversos tamanhos. No Lote I, foi utilizada a pavimentadora de formas deslizantes descrita no item 2.3.1., que trabalhou com largura total de 7,00m e espessura de placa de 25cm, em uma única passada. Para auxiliar o lançamento do concreto na frente da pavimentadora, foi utilizada escavadeira hidráulica (figura 8). No Lote II, foi utilizada a pavimentadora de rolo vibratório e régua treliçada, descritas no item 2.3.1., que trabalharam com largura total de 7,00m

e espessura de placa de 25cm, em uma única passada.

A texturização da superfície do concreto (figura 9) foi executada com vassouras de piaçava com peso aproximado de 3,0kg, no sentido transversal ao eixo da pista.

A aplicação do produto de cura química do concreto foi, no Lote I, com equipamento autopropulsionado, constituído de bomba e barra espargidora em toda a largura da pista. No Lote II, foi utilizada bomba espargidora costal. Os produtos aplicados atenderam a norma ASTM C 309, com taxa aproximada de 0,300 kg/m². Quando as condições climáticas se tornavam críticas, a taxa do produto de cura era aumentada, chegando próxima de 0,500 kg/m² (figura 10).

Os cortes para indução das juntas transversais de retração foram executados entre 6hs e 10hs após a concretagem. As juntas longitudinais de articulação foram serradas logo após o término do corte das juntas transversais de retração. Neste caso, em função das condições climáticas, foi necessário o corte da junta longitudinal de articulação o mais rápido possível, evitando, com isso, o aparecimento de fissuras longitudinais por atraso de corte. A profundidade do corte para as juntas transversais e longitudinais foi de 80mm no primeiro corte, com disco diamantado de 3mm de espessura.

No final de cada jornada de trabalho, foram executadas juntas transversais de construção, que, em função do planejamento das obras, sempre coincidiram com as juntas transversais de retração (figura 11).

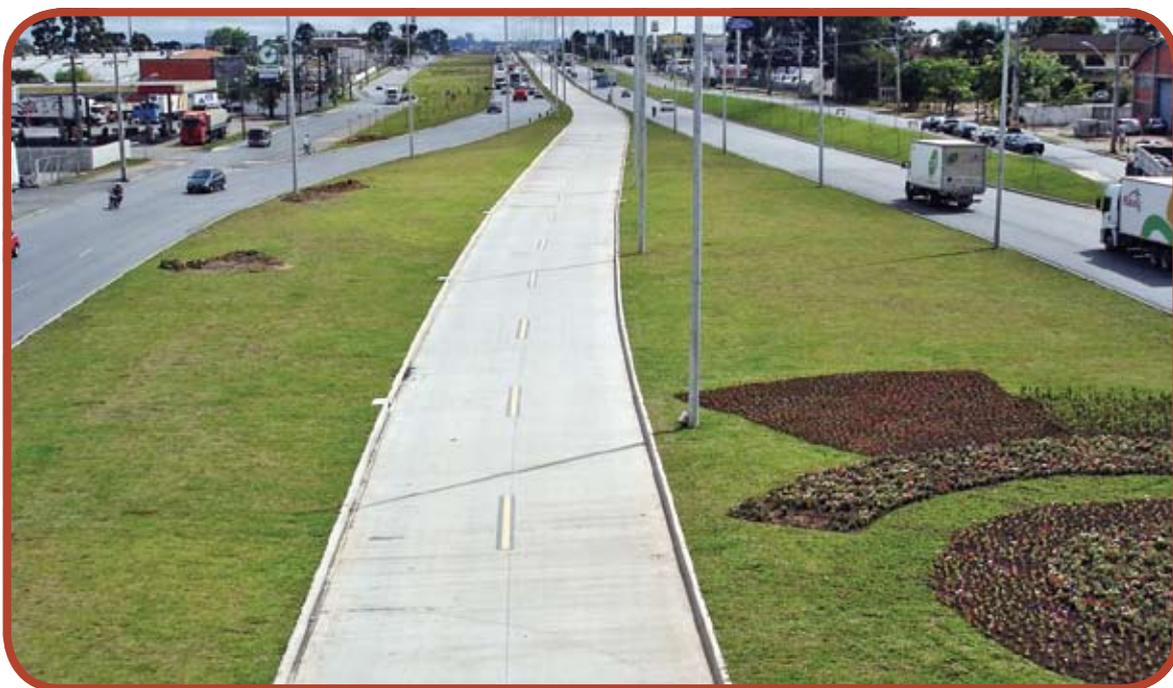


Figura 12 - Canaleta exclusiva, ao lado as vias marginais e as vias locais

A selagem das juntas, etapa final da execução do pavimento, foi executada após 21 dias da concretagem, sendo primeiramente realizado o segundo corte com disco diamantado de 6mm de espessura e profundidade de 20mm, executada a limpeza das paredes internas e do fundo das juntas e aplicado o produto selante definido em projeto.

3. CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Para a realização do controle tecnológico do concreto, os Consórcios contrataram empresas de tecnologia de concreto da cidade de Curitiba, sendo estas responsáveis pelo controle tecnológico de todos os concretos aplicados na obra.

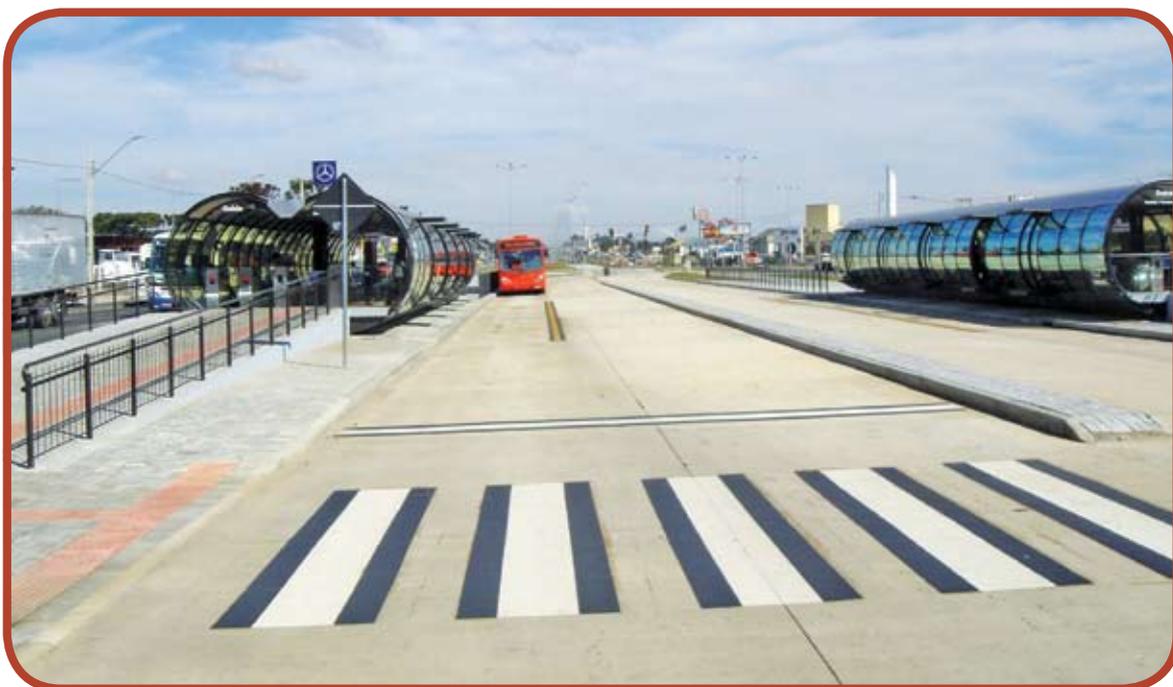


Figura 13 - Estações de parada

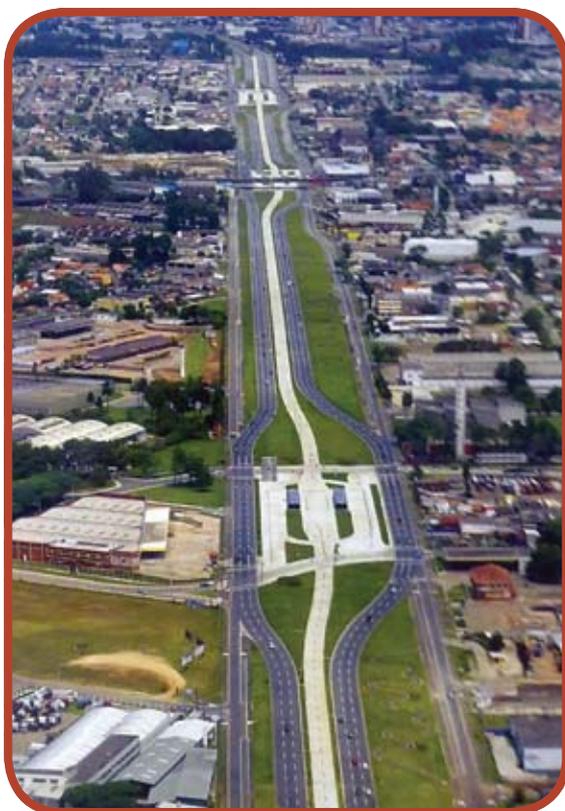


Figura 14 - Vista aérea - estações de parada e canaletas exclusivas

Para o Lote I, a resistência à tração na flexão média foi de 5,18 MPa e, para o Lote II, foi de 4,95 MPa.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do controle estatístico dos concretos da obra demonstram que as resistências dos concretos atenderam às exigências de projeto.

O uso de pavimentadoras de formas deslizantes (*slipform*) atendeu as expectativas de produção, qualidade do concreto e da superfície de rolamento do pavimento, mesmo em se tratando de ambiente urbano com grandes interferências, o que reforça a utilização desses equipamentos.

A utilização de formas metálicas para as juntas transversais de construção se mostrou adequada e com grande qualidade, tanto na face do concreto, quanto no posicionamento das barras de transferência.

As figuras de 12 a 14 mostram o resultado final de implantação da primeira fase da LINHA VERDE, novo corredor exclusivo de ônibus da cidade de Curitiba.

Referências Bibliográficas

- [01] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 049/2004 - ES: Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante. Brasília, 2004.
- [02] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 047/2004 - ES: Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte. Brasília, 2004.
- [03] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 056/2004 - ES: Pavimento Rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo. Brasília, 2004.
- [04] GIUBLIN, C.R.; et al. Duplicação em Pavimento de Concreto da BR 101 NE pelo Exército Brasileiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50°. Congresso Brasileiro do Concreto, 2008. Salvador. Anais. Salvador: IBRACON, 2008.
- [05] SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. 1ª Ed. São Paulo: Pini, 1997. Vol1. ■



PENETRON
INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

Impermeabilização por cristalização capilar do concreto

O sistema **PENETRON**® de impermeabilização por cristalização integral do concreto, cria um cristal insolúvel que cresce profundamente dentro dos poros capilares e fissuras do concreto impermeabilizando-o. Este tipo de mecanismo protege o concreto da corrosão e da carbonatação, reduzindo as fissuras de retração, aumentando a resistência total e durabilidade. De baixo custo, mais rápido e de fácil aplicação. E isso tudo com um suporte de um time de pesos-pesados de um dos líderes mundiais em impermeabilização do concreto.



- Reservatório de água potável
- Tanques de tratamento de esgoto e água
- Túneis
- Fundações
- Poços de elevador
- Armazéns subterrâneos
- Instalações industriais
- Estruturas contendo tráfego
- Parede diafragma
- Porões

Maiores informações no site: www.penetrton.com.br
Tel: (11) 4991-5278 • Fax: (11) 4421-8275
info@penetrton.com.br

Estudo da carbonatação natural de concretos em ambiente urbano

RUBENS MAX VIEIRA - ALUNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
VAGNER DA COSTA MARQUES - ALUNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
MARCOS PADILHA JR. - ALUNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA - IFPB

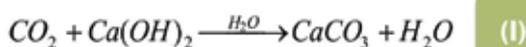
GIBSON R. MEIRA - PROFESSOR-DOCTOR

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA - IFPB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL DA UFPB

1. INTRODUÇÃO

O concreto oferece ao aço um ambiente de elevada alcalinidade (pH acima de 12), a qual é responsável pela estabilidade da película de passivação, que protege o aço da corrosão futura. No entanto, essa proteção pode ser quebrada em função da ação dos íons cloreto e da carbonatação do concreto. Esta assume especial importância em ambientes urbanos.

A carbonatação é um processo que envolve o transporte do gás carbônico para o interior do concreto e a sua reação com compostos hidratados da pasta cimento, reduzindo o pH do mesmo. Isso ocorre especialmente com o hidróxido de cálcio, em meio aquoso (Eq. 1), formando o carbonato de cálcio e reduzindo o pH, inicialmente em torno de 13, para valores abaixo de 9.

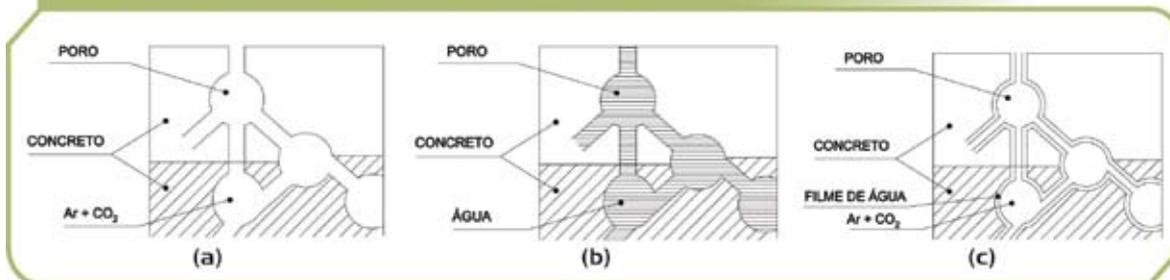


Sendo o concreto um material poroso e as reações de carbonatação ocorrendo em meio aquoso, se os poros estiverem secos, o CO₂ penetra no concreto, mas a carbo-

natação não ocorre, pois falta água; se os poros estiverem saturados, a carbonatação fica comprometida pela baixa velocidade de difusão do CO₂ na água; mas se os poros estiverem parcialmente preenchidos por água, o que é comum nos concretos de cobrimento, a frente de carbonatação avança até onde os poros mantêm essa condição favorável (BAKKER, 1988). A Figura 1 representa esquematicamente essas condições.

Neste sentido, a literatura indica a faixa de 50% - 70% de umidade relativa ambiental como aquela na qual o processo de carbonatação é mais favorecido (ANDRADE, 1992; PARROTT, 1987), conforme mostra a Figura 2. A relação água/cimento é outro aspecto importante em relação à carbonatação do concreto, pois, maior relação água/cimento significa maior porosidade do concreto e, portanto, mais acesso de CO₂ para carbonatá-lo. (HELENE, 1993). O emprego de adições minerais possui um duplo efeito, pois, se, por um lado, reduz a porosidade do concreto, por outro, também reduz a alcalinidade do mesmo, fazendo com que menos CO₂ seja necessário para carbonatá-lo.

Figura 1 - Representação esquemática da influência das condições de umidade interna na carbonatação do concreto: (a) poros secos, (b) poros saturados, (c) poros parcialmente preenchidos



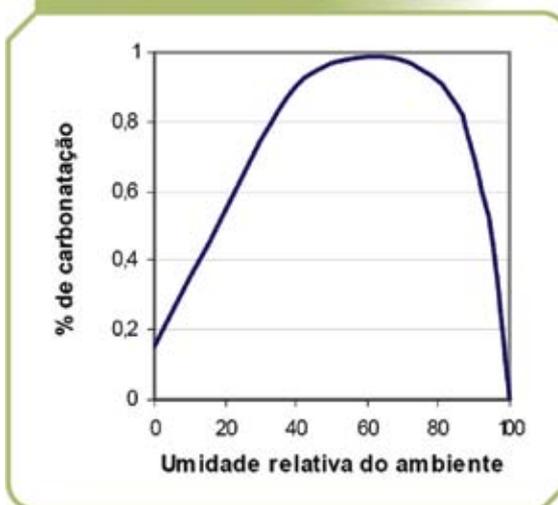
Este trabalho avalia o avanço da frente de carbonatação em concretos, considerando materiais com uma ampla gama de porosidade e cimentos comercialmente empregados no Nordeste brasileiro, através da exposição natural em ambiente de atmosfera urbana.

2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E MONITORAMENTO REALIZADO

Foram estudados concretos com quatro relações a/c e dois tipos de cimento, cujas características são apresentadas na Tabela 1. Os mesmos foram caracterizados em relação à resistência à compressão aos 28, 90 e 180 dias e em relação à absorção de água aos 90 dias.

Os ensaios de carbonatação foram realizados em corpos de prova cúbicos, com face de 8cm. Para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água, foram empregados corpos de prova cilíndricos, nas dimensões de 10 x 20cm. Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova passaram por um período de cura de sete dias em câmara úmida (U.R. = 99%). Em seguida, aqueles destinados aos ensaios de carbonatação foram pintados com resina epóxi em quatro das suas faces, de forma a restringir o processo às outras duas faces. Após esse

Figura 2 - Grau de carbonatação em função da umidade relativa ambiental (ANDRADE, 1992).



tratamento, esses corpos de prova foram expostos em ambiente de atmosfera urbana, na região de João Pessoa.

Em intervalos regulares (90, 180, 270 e 450 dias), esses corpos de prova foram cortados para aferir a profundidade de carbonatação, empregando-se, para tal, uma solução de fenolftaleína a 1%, conforme exemplifica a Figura 3. Para cada idade, foram realizadas 12 medidas em cada face, através de paquímetro aferido, as quais foram confirmadas através da análise digital de imagens.

Tabela 1 - Dosagens empregadas no experimento

| Concreto | Cimento | a/c | Concreto | Cimento | a/c |
|----------|----------|------|----------|---------|------|
| ARI 40 | CPV -ARI | 0,4 | CPIV 40 | CPIV | 0,4 |
| ARI 50 | CPV -ARI | 0,5 | CPIV 50 | CPIV | 0,5 |
| ARI 57 | CPV -ARI | 0,57 | CPIV 57 | CPIV | 0,57 |
| ARI 65 | CPV -ARI | 0,65 | CPIV 65 | CPIV | 0,65 |

Figura 3 – Detalhe do perfil da frente de carbonatação no concreto



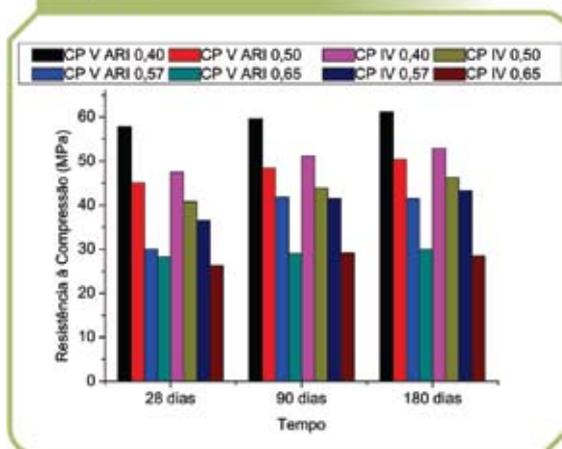
Com o objetivo de caracterizar o ambiente de exposição e a sua interação com o material, foram monitoradas continuamente: a temperatura, a umidade relativa e o grau de saturação (GS) do concreto, seguindo o procedimento descrito por GUIMARÃES (2000) e MEIRA (2004).

3. CARACTERÍSTICAS DOS CONCRETOS ESTUDADOS

Os resultados de resistência à compressão são apresentados na Figura 4. Através da mesma, é possível observar um ganho de resistência mais acentuado até os 90 dias iniciais, decorrente da contínua hidratação do cimento.

Os resultados de absorção são apresentados na Tabela 2, através da qual é possível observar um leve aumento da absorção e do índice de vazios com o aumento da relação água/cimento e valores ligeiramente menores para alguns dos concretos elaborados com cimento CPIV. Isso se explica, no primeiro caso, pelo aumento da porosidade do material e, no segundo caso, como consequência do refinamento dos poros provocado pelo cimento pozolânico.

Figura 4 – Resistência à compressão dos concretos com o cimento CPV ARI e CPIV



4. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DO AMBIENTE DE EXPOSIÇÃO E INTERAÇÃO COM O MATERIAL

4.1 O CLIMA

A Figura 5 apresenta os resultados de umidade relativa observados ao longo de dois anos, através de médias semanais obtidas a partir de dados registrados pela estação climatológica de João Pessoa, vinculada ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) - 3ª Regional. Os mesmos se situam, aproximadamente, entre 63% e 78%, com média anual ao redor dos 70%.

A umidade relativa fornece uma informação relevante em relação ao que se espera do avanço da frente de carbonatação. Nesse sentido, os valores de umidade relativa observados são muito próximos daqueles tidos como ideais para se maximizarem as reações de carbonatação - entre 50 e 70% (Figura 2).

A temperatura, por sua vez, se comportou de modo mais estável, com variações das mé-

Tabela 2 – Índices físicos dos concretos com diferentes tipos de cimento e relação a/c

| Concreto | Absorção (%) | Índice de vazios (%) | Concreto | Absorção (%) | Índice de vazios (%) |
|----------|--------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------|
| ARI 0,40 | 5,6 | 12,5 | CPIV 0,40 | 5,5 | 12,6 |
| ARI 0,50 | 5,5 | 12,4 | CPIV 0,50 | 5,6 | 12,8 |
| ARI 0,57 | 5,7 | 12,9 | CPIV 0,57 | 5,7 | 12,8 |
| ARI 0,65 | 6,0 | 13,4 | CPIV 0,65 | 5,8 | 12,9 |

Figura 5 – Comportamento cíclico da umidade relativa ao longo do tempo

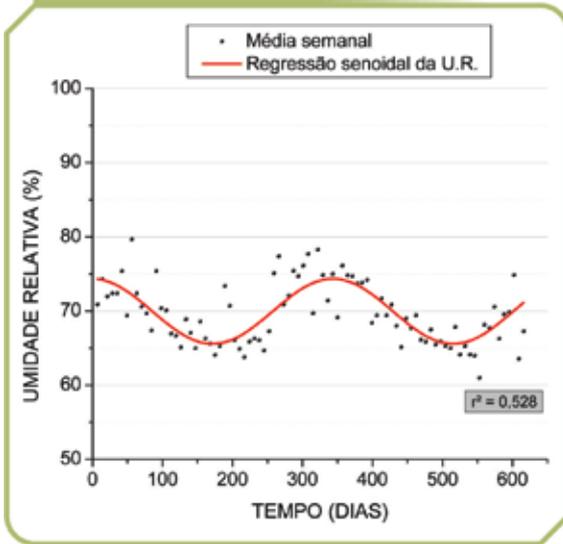
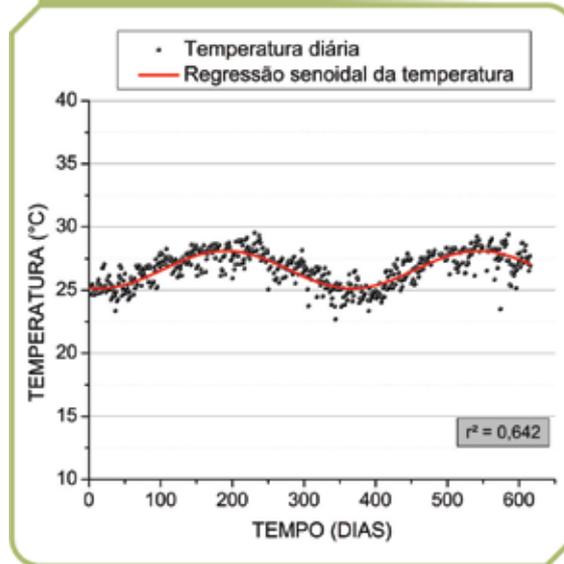


Figura 6 – Comportamento cíclico da temperatura ao longo do tempo



dias diárias entre 25 e 30°C, aproximadamente. As médias diárias dessa variável são apresentadas na Figura 6, onde é possível observar o acréscimo da temperatura nos períodos mais quentes do ano, bem como as menores temperaturas durante o inverno. Comportamento inverso àquele verificado com a umidade relativa. Considerando a pouca variação térmica anual, é de se esperar que os efeitos da temperatura na carbonatação não sejam expressivos, para o caso estudado.

4.2 TEOR DE ÁGUA NO CONCRETO - GRAU DE SATURAÇÃO

De forma semelhante à temperatura e à umidade relativa, a quantidade de água no concreto, expressa em termos de grau de saturação do concreto, também varia ao longo do ano e, como esperado, acompanhando a tendência da umidade relativa (Figuras 7 e 8). No período entre 100 e 200 dias, o qual corresponde ao verão na região, ocorrem temperaturas mais altas e, conseqüentemente, umidades mais baixas. Isso faz com que o concreto perca mais água para o ambiente e tenha um decréscimo no grau de saturação. O oposto acontece entre 250 e 400 dias, que corresponde ao período entre o início do mês de junho e o início de setembro, período mais chuvoso na região.

À medida que a quantidade de água no concreto muda, mudam também as condições para o avanço da frente de carbonatação. Isso nos alerta para os períodos mais

quentes no ambiente em questão, onde o grau de saturação atinge seus menores valores e mostram-se, na verdade, como os períodos mais favoráveis para o avanço da frente de carbonatação. Os mesmos coincidem, também, com os valores de umidade relativa ambiental que se encontram na faixa mais favorável para o desenrolar do fenômeno (ANDRADE, 1992; PARROT, 1987; NEVILLE, 1997).

As Figuras 7 e 8 mostram que concretos elaborados com menos água possuem valores médios de grau de saturação mais altos, pois, além da troca de umidade entre o concreto e o ambiente ser um processo relativamente lento, à medida que os po-

Figura 7 – Comportamento do grau de saturação para concretos com cimento CPV ARI

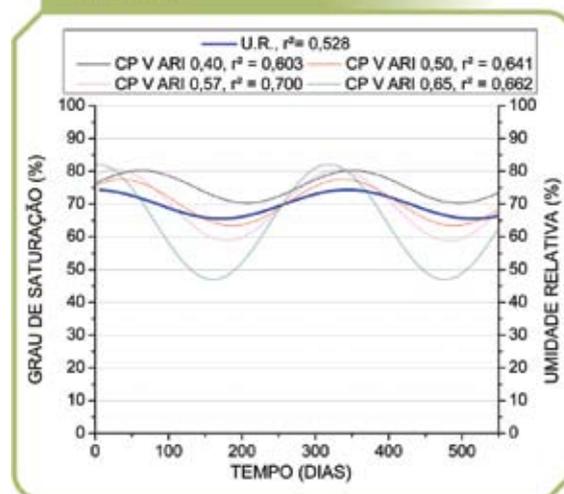
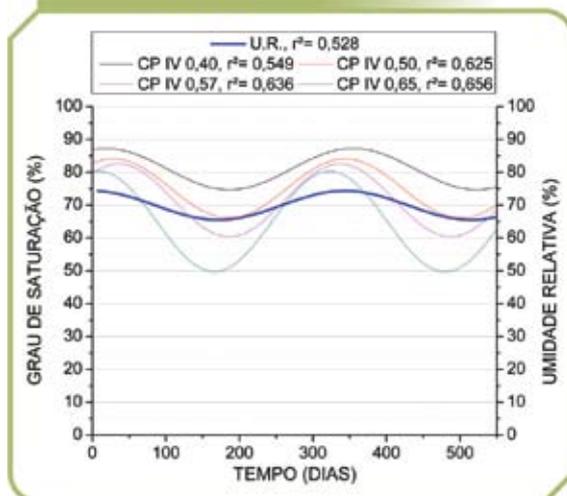


Figura 8 – Comportamento do grau de saturação para concretos com cimento CP-IV



ros do concreto são refinados, aumenta a dificuldade dessa troca.

Outra característica importante das curvas apresentadas é a sua amplitude, que traduz a intensidade das trocas de umidade ocorridas entre o concreto e o ambiente. Como era de se esperar, os concretos mais porosos perdem e ganham umidade com mais facilidade, resultando em curvas de maior amplitude.

5. AVANÇO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO

As Figuras 9 e 10 representam o comportamento da profundidade de carbonatação para os diversos concretos estudados. Verificam-se maiores avanços da frente de carbonatação para os concretos com maior relação água/cimento e elaborados com cimento CPIV. Isso se explica pela maior facilidade de acesso do CO_2 , através da rede porosa dos concretos de maior relação água/cimento, bem como em função da menor reserva alcalina dos concretos produzidos com cimento pozolânico.

Lançando mão do modelo clássico de velocidade de avanço da frente de carbonatação em função da raiz quadrada do tempo ($x_{carb} = k_{carb} \cdot t^{1/2}$), foi possível determinar o valor de k_{carb} (velocidade média de avanço da frente de carbonatação) e gerar as curvas que se apresentam nas Figuras 9 e 10. Através desse parâmetro, se confirma o observado no parágrafo anterior em relação à porosidade do material e ao tipo de cimento.

Uma análise mais cuidadosa das Figuras 9 e 10 mostra que, nos períodos mais quentes do ano (entre 200 e 270 dias), onde a UR é em torno dos 65%, há um favorecimento ao avanço da carbonatação, pois há um crescimento acentuado entre as 2ª e 3ª medidas, que coincidem, aproximadamente, com tal período.

Outra maneira de avaliar a relação entre carbonatação e a quantidade de água no concreto é através do grau de saturação médio (GS_{med}) referente a todo o período de análise (Tabela 3). Nesse sentido, os concretos de menor relação a/c, que dificultam o acesso de CO_2 em função da sua menor porosidade, também apresentam patamares de GS mais altos, o que funciona como fator adicional na obtenção de menores valores para a velocidade de avanço da frente de carbonatação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados, é visível a influência das características nos materiais na interação com o ambiente e no avanço da frente de carbonatação. Concretos mais porosos apresentam uma interação mais intensa com o ambiente, apresentando variações mais expressivas da quantidade de água nos seus poros, além de facilitar o acesso de CO_2 e o conseqüente avanço da frente de carbonatação. Por uma característica química, a menor

Figura 9 – Avanço da frente de carbonatação no tempo, para concretos com cimento CPV-ARI

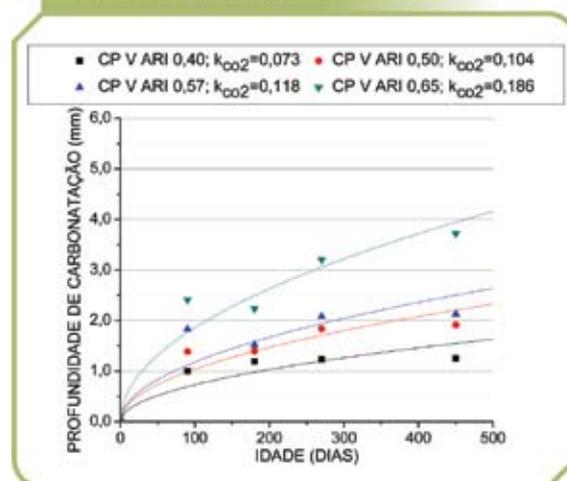
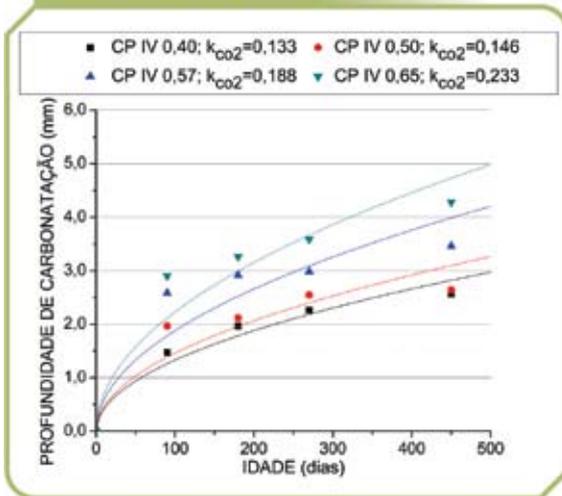


Figura 10 – Avanço da frente de carbonatação no tempo, para concretos com cimento CPIV



reserva alcalina dos concretos com cimentos pozolânicos contribui para uma maior velocidade de avanço da frente de carbonatação.

Na análise conjunta das variáveis observadas, tem-se a expectativa de que a menor porosidade dos concretos de menor relação a/c aliada ao seu maior grau de saturação ao longo do período de observação tenham atuado de forma cumulativa na determinação de velocidades de carbonatação mais lentas. Por outro lado, variações sazonais de comportamento do grau de saturação também influenciam no comportamento do avanço da frente de carbonatação, como pode ser exemplificado através das 2ª e 3ª medidas.

Tabela 3 – Velocidade de avanço da frente de carbonatação e grau de saturação médio dos concretos

| Concretos | k_{CO_2} (mm/dia ^{0,5}) | $G_{s_{med}}$ (%) | Concretos | k_{CO_2} (mm/dia ^{0,5}) | $G_{s_{med}}$ (%) |
|-----------|--|-------------------|------------|--|-------------------|
| ARI 0,40 | 0,073 | 75,29 | CP IV 0,40 | 0,133 | 80,99 |
| ARI 0,50 | 0,104 | 70,46 | CP IV 0,50 | 0,146 | 75,11 |
| ARI 0,57 | 0,118 | 69,70 | CP IV 0,57 | 0,188 | 71,46 |
| ARI 0,65 | 0,186 | 64,54 | CP IV 0,65 | 0,223 | 65,03 |

Referências Bibliográficas

- [01] ANDRADE, C. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. São Paulo, PINI, 1992. 104p.
- [02] BAKKER, R.F.M. Initiation period. In.: SCHIESSL, P. (Ed.) Corrosion of Steel in Concrete - Report of Technical Committee 60CSC RILEM. London: Chapman & Hall Ltda, 1988, p.22-55.
- [03] GUIMARÃES, A. T. C. Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marinhos. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 241 p
- [04] HELENE, P. R. L..Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, 1993. 231p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [05] MEIRA, G. R. Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema de corrosão em estruturas de concreto armado. Tese (doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004.
- [06] NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. São Paulo: PINI, 1997, 2ª ed. 828p.
- [07] PARROT, L. J. A review of carbonation in reinforced concrete. C&CA - Cement and concrete association, 1987. 42p. ■

Desafios do mercado imobiliário

MAURÍCIO MICELI KERBAUY - CONSULTOR

RAFAEL SHOITI OZAKI - CONSULTOR

DEXTRON MANAGEMENT CONSULTING

Ao longo dos últimos anos, o mercado imobiliário foi um dos grandes beneficiados pela melhora nos fundamentos da economia brasileira, levando-o a um crescimento bastante acelerado a partir de 2005. O aumento da renda do trabalhador, assim como a abundância de crédito mais barato e com prazos mais alongados, tornaram acessível a aquisição de imóveis a uma parcela da população que anteriormente não teria condições de adquirir a casa própria.

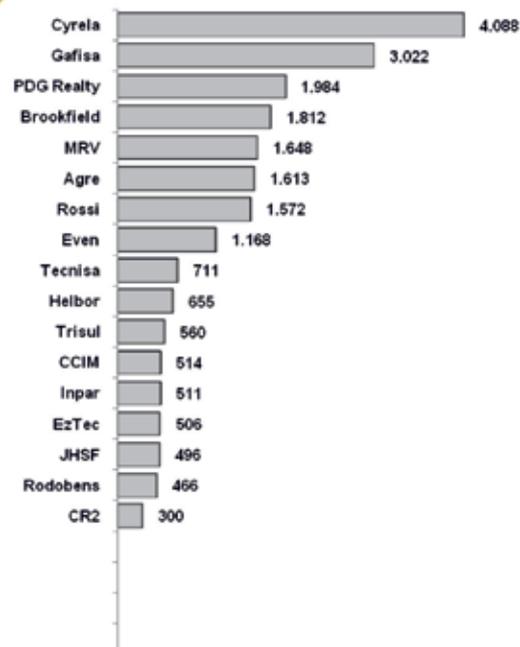
Diante disso, diversas empresas do setor vislumbraram a oportunidade de capturar este crescimento e, ao longo do período compreendido entre 2005 e 2007, observou-se uma corrida do setor imobiliário rumo à bolsa de valores para a abertura de seu capital. Neste período 21 empresas realizaram emissões de ações, captando cerca de R\$ 15 bilhões. A partir de então, o mercado vivenciou um período de intensas movimentações.

A sucessão de aquisições e parcerias transformou as empresas do mercado imobiliário brasileiro ao longo dos últimos anos. O que se verifica em comum a todas elas é o elevado ritmo de crescimento: em três anos o faturamento das empresas de capital aberto saltou de cerca de R\$ 4 bilhões em 2006 para mais de R\$ 20 bilhões em 2009. Além disso, a quantidade de empresas com faturamento anual

superior a R\$1 bilhão aumentou de uma para oito.

O ritmo acelerado de crescimento demandou o emprego de grandes somas em capital de giro, de forma a financiar a construção dos empreendimentos. Com isso, o capital levantado na abertura de capital não se mostrou mais suficiente e

Evolução da receita líquida das empresas de capital aberto (em R\$ milhões)



Fonte: Site das Empresas; Análise Dextron

a maioria das empresas foi novamente a mercado para captar recursos, tanto por emissão de ações como de debêntures. Tais operações se intensificaram a partir do segundo semestre de 2009 e os resultados anunciados das operações indicam que já foram levantados mais de R\$ 14 bilhões adicionais aos recursos obtidos nos IPOs. Adicionalmente, muitas empresas aumentaram a captação por meio de empréstimos bancários e seus balanços publicados indicam um aumento do endividamento total do setor de R\$ 4,7 bilhões ao final de 2007 para R\$ 17,0 bilhões ao final de 2009, elevando o endividamento médio do setor de um patamar de 21% em para 43%.

Apesar do crescimento observado, o valor de mercado das empresas decresceu entre 2008 e 2010, o que se explica em grande parte pela crise econômica mundial que resultou em grande queda no valor das ações em meados de 2008. No entanto, devido à nova injeção de capital recebida pelo setor, o valor total das empresas aumentou em pouco menos de 10% entre 2008 a 2010. Atualmente, já se verifica uma recuperação no valor das ações em bolsa de ações, com recuperação no patamar de vendas do setor. Porém, não há evidências de um grande aumento em relação aos valores pré-crise.

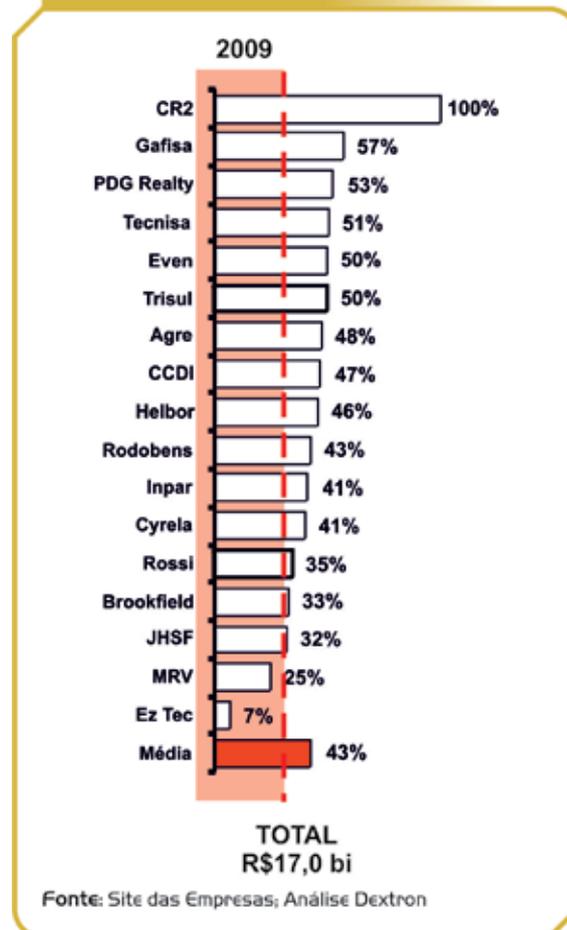
Um fato a se destacar foi o aumento do valor de mercado de empresas que possuem foco em habitações populares, como MRV e PDG Realty. Ambas se beneficiaram do programa “Minha Casa, Minha Vida” do Governo Federal. No entanto, este é um segmento de grandes volumes e margens mais apertadas, o que exige das empresas uma forma de atuação a qual muitas não estão adequadas. Diversas empresas vêm enfrentando dificuldades em atuar neste segmento, havendo até mesmo empresas que desistiram de atuar neste segmento, caso da Helbor e JHSF.

Para os próximos anos, existe grande expectativa de crescimento do mercado

de construção civil brasileiro. Além de sediar eventos importantes como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016, o Brasil também conta com importantes programas governamentais como o programa de habitações populares “Minha Casa, Minha Vida” e o PAC (Programa de Aceleração de Crescimento), os quais devem impulsionar o crescimento do faturamento da construção civil brasileira. Por outro lado, tais eventos devem gerar pressões inflacionárias sobre custos de matérias-primas e de mão de obra, por conta da enorme demanda a ser gerada.

Adicionalmente, já foram aprovados na Câmara Municipal e na Assembleia Legislativa de São Paulo projetos de lei “verdes”, que devem gerar nas constru-

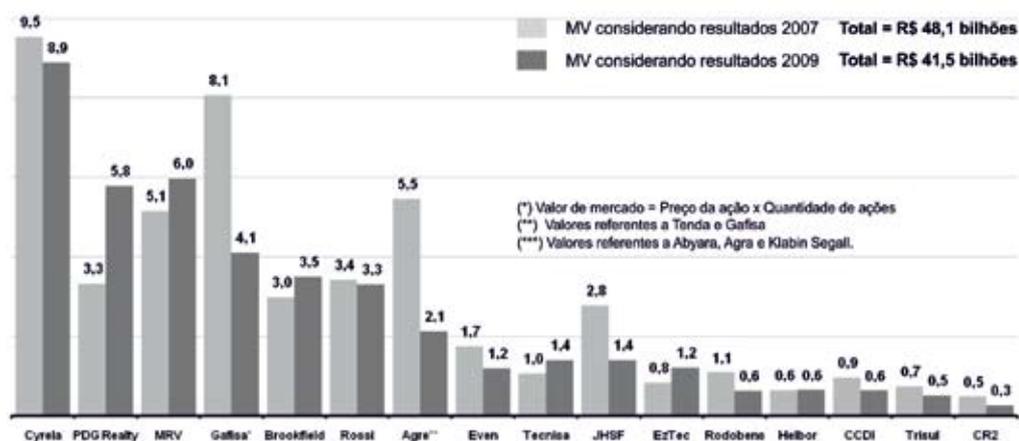
Evolução do endividamento das empresas de capital aberto (em % do endividamento/capital total)



toras a necessidade de cumprir com especificações mais estritas, o que pode eventualmente levar a um aumento nos custos de construção. Além disso, existem certificações como a LEED, de uso

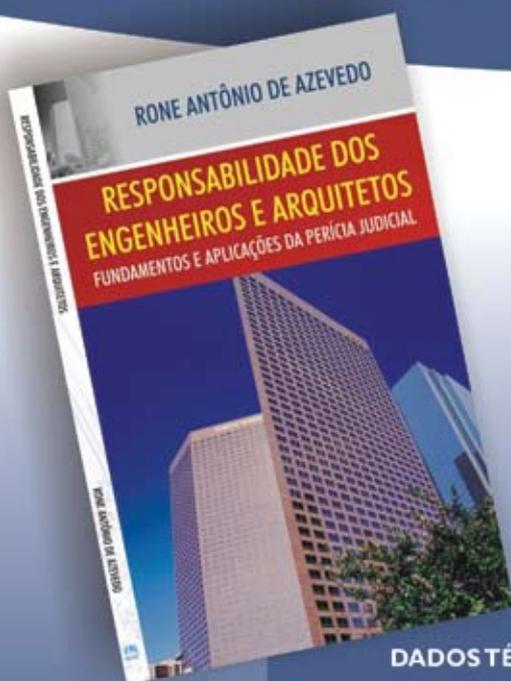
inteligente dos recursos, que atualmente podem conferir diferenciais aos empreendimentos, mas que porventura podem vir a se tornar um padrão mínimo exigido no futuro pelos consumidores. ▀

Valor de mercado (MV)* – Dados base: 13 de março de 2008; 31 de março de 2010 pesquisados (NBR 15577-3) (em R\$ milhões)



Fonte: Site das Empresas; Análise Dextron

Responsabilidade dos Engenheiros e Arquitetos: fundamentos e aplicações da perícia judicial



A publicação aborda os fundamentos e aplicações judiciais das avaliações e perícias de Engenharia e Arquitetura, a partir dos dispositivos legais e técnicos dessas profissões – responsabilidades civil, ético-profissional, técnica, administrativa, penal e trabalhista.

Elaborada para auxiliar os engenheiros e arquitetos a conhecer melhor a legislação em vigor, orientar a prática da perícia em ações judiciais, e alertar sobre o exercício ilegal das atribuições exclusivas desses profissionais. As resoluções do sistema Confea/Crea e as principais normas técnicas aplicáveis às construções também foram reunidas para facilitar consultas.

No livro são examinadas as atividades de avaliação de imóveis, a perícia de edificações, a inspeção predial para a manutenção da qualidade das construções e as principais ações sobre o Direito de Construir.

DADOS TÉCNICOS

Editora: Kelps
 Páginas: 206
 Formato: 16 x 26cm

VENDAS

e-mail: suporte@aspeago.com
 Tels.: (62) 3212-2492 • 9178-6100
 Valor: R\$ 50,00 (frete incluso)

Promoção Especial - Cadastre-se no site www.aspeago.com e ganhe desconto de 20% na compra do livro! Promoção válida até 30/Jun/2010 ou enquanto durar o estoque.

solucionando problemas

recuperação estrutural

Recuperação, reforço e impermeabilização das estruturas da Catedral Metropolitana de Natal

FÁBIO SÉRGIO DA COSTA PEREIRA - DIRETOR
ENGEAL ENGENHARIA E CÁLCULOS LTDA

1. HISTÓRICO

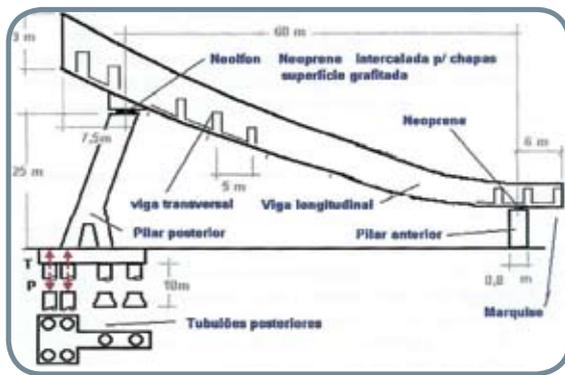
A Catedral Metropolitana de Natal foi inaugurada em 21 de novembro de 1988. Os projetos arquitetônico e estrutural tiveram o objetivo de representar um conjunto de linhas que elevam o homem a Deus, com base no princípio da funcionalidade, onde se define que uma igreja é bem sucedida se estiver completamente a serviço do culto e se der a esse culto beleza intrínseca à sacralidade. Sabe-se que as igrejas antigas eram compostas de naves compridas, onde os fiéis, mais distantes ou encobertos pelas colunas, não podiam participar da liturgia. Em contraposição, a igreja moderna oferece condições de participação ativa a todos os fiéis, o que significa não só visibilidade e audição, mas também facilidades para os movimentos rituais na comunhão.

A Catedral tem uma capacidade para 3000 pessoas sentadas, ocupando 30% da área do terreno (60mx45m). No seu projeto estrutural, concebido pelo ENG. JOSÉ PEREIRA DA SILVA, e seu projeto arquitetônico, do arquiteto MARCONI GREVI, a superestrutura apresenta uma cobertura composta de dez vigas longitudinais de concreto protendido no sistema Freyssinet com inércia variável, simplesmente apoiadas, com vãos variáveis entre 50 e 60 cm. Essas vigas se apóiam, através das articulações de neoprene (apoio anterior) e neoflon (apoio posterior), em pilares de concreto armado de pequena e grande esbeltez. Todo o escoramento foi feito por



Vista da frente da Catedral Metropolitana de Natal

RA DA SILVA, e seu projeto arquitetônico, do arquiteto MARCONI GREVI, a superestrutura apresenta uma cobertura composta de dez vigas longitudinais de concreto protendido no sistema Freyssinet com inércia variável, simplesmente apoiadas, com vãos variáveis entre 50 e 60 cm. Essas vigas se apóiam, através das articulações de neoprene (apoio anterior) e neoflon (apoio posterior), em pilares de concreto armado de pequena e grande esbeltez. Todo o escoramento foi feito por



Esquema estrutural da catedral



Erros executivos de impermeabilização anterior

estruturas metálicas. As lajes pré-moldadas são compostas por nervuras transversais às vigas principais e aparentes. As vigas principais são contraventadas por vigas transversais de concreto armado.

Sua infraestrutura é composta de tubulões com dez metros de profundidade, onde o bloco de coroamento da parte posterior, em forma de “T”, tem 1m de altura, sendo os dois tubulões paralelos de tração, ou seja, o próprio peso da estaca equilibra a força que tende a levantar a estaca, e mais duas estacas de compressão. O bloco de coroamento dos tubulões anteriores tem forma retangular, sendo composto por duas estacas.

Vale salientar que a Catedral não apresenta pilares centrais para não prejudicar a visão do culto. As suas paredes laterais possuem um sistema de vigas e colunas de contraventamento para dar sustentação à alvenaria, existindo uma espécie de cantoneira metálica presa às duas vigas longitudinais das extremidades, dando uma mobilidade aceitável à alvenaria. A Planta da Catedral apresenta forma trapezoidal, tendo dois pavimentos: a nave, apresenta um vão único, sendo que o subsolo, com área de 2300m², ficou reservado para os diversos órgãos e setores da arquidiocese (sanitários, salão nobre, sacristia, capela). A fachada pos-

terior é composta por um gigantesco vitral de 23 m de altura por 36 m de largura, representando a “Aurora Matutina”, oferecendo uma visão mística, sublime e apoteótica.

2. ANÁLISE ESTRUTURAL

A Catedral Metropolitana de Natal vinha apresentando ao longo dos anos, de forma progressiva, uma série de problemas de ordem estrutural, tais como:

- Deficiência de impermeabilização da laje de cobertura, devido à depreciação natural da manta ardosada de cor verde, face sua utilização além do prazo de garantia, bem como em razão de sua má execução (ineficiência dos arremates); como consequência, foram verificadas infiltrações ao longo de toda área de cobertura e total ausência de impermeabilização nas jardineiras suspensas frontais;
- Falta de manutenção nos aparelhos de apoio de neoprene e neoflon;
- Corrosão nas vigas protendidas da cobertura da Catedral;
- Corrosão disseminada em vigas, lajes e pilares de concreto armado nas áreas internas da Catedral.

Foram realizados ensaios na estrutura da Catedral, visando obter informações sobre o estado de corrosão das armaduras e do concreto.



Erros executivos de impermeabilização anterior

2.1 PROBABILIDADE DE CORROSÃO

Foram medidos doze pontos diferentes da estrutura, utilizando o eletrodo de Cobre/Sulfato de Cobre, com base na norma ASTM-C 876. Os valores deram todos acima de -350mv, significando uma probabilidade de corrosão de 95% nas armaduras analisadas (-386mv, -380mv, -362mv, -352mv, -373mv, -461mv, -515-



Vista da injeção de epóxi em fissura de um pilar da catedral

mv, -627mv, -384mv, -540mv, -400mv, -348mv).

2.2 PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

Foram medidos vários pontos da estrutura pelos indicadores fenolftaleína, timolftaleína e lápis medidor de ph, observando-se que, as áreas externas, onde a agressividade é maior, apresentaram alta carbonatação (concreto com cor incolor, após aspersão de fenolftaleína, obtendo $ph=5$ pelo lápis medidor de ph), ao contrário das áreas internas da Catedral, que não apresentaram carbonatação (concreto com cor rosa após aspersão de fenolftaleína, obtendo $ph=12$ pelo lápis medidor de ph).

2.3 TEOR DE CLORETOS

Foram extraídas amostras (pó) de seis pontos na estrutura; os ensaios foram feitos por titulação pelo Método de Mohr no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), apresentando valores abaixo do limite de 0,4% da massa do cimento, indicado pelas normas (0,32%, 0,28%, 0,27%, 0,34%, 0,33%, 0,24%). Foi realizado também ensaio através da aspersão de



Pilares posteriores da CATEDRAL, após a aplicação da argamassa polimérica

nitrito de prata no concreto, apresentando o concreto, após a aspersão, coloração branca, indicando presença de cloretos.

2.4 POROSIDADE

Foram extraídas amostras de concreto da Catedral em alguns pontos, sendo levadas ao laboratório da UFRN para análise, conforme a NBR-9778, apresentando resultados inferiores a 10%, indicando, conforme a norma, um concreto de boa qualidade e compacto (8,66%, 8,65%, 9,91%, 9,15%, 8,80%, 7,87%, 9,845).

2.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Foram extraídas amostras de corpos-de-prova (10x20cm), que foram encaminhadas ao laboratório da UFRN para o rompimento; todos os resultados apresentaram valores satisfatórios, superiores à resistência de 30 MPa.

3. RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

Os serviços de recuperação, reforço e impermeabilização das estruturas que es-



Visão frontal da Catedral após os serviços executados



Vigas protendidas da catedral, após a aplicação da argamassa polimérica

tão sendo realizados na Catedral Metropolitana de Natal (2009-2010) compreendem os seguintes itens:

- Execução de impermeabilização com resina de poliuretano na cobertura e nas jardineiras da Catedral;
- Recuperação estrutural das armaduras com corrosão das vigas protendidas, com: hidrojateamento de areia, pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras, grauteamento e recomposição das seções da parte superior da cobertura
- Recuperação estrutural dos elementos de concreto armado (pilares, vigas e lajes) do interior da Catedral, com: hidrojateamento de areia, pintura anti-corrosiva nas armaduras e grauteamento com recomposição das seções; e posterior aplicação de argamassa polimérica, visando o aumento da durabilidade das estruturas;
- Injeção de epóxi em fissuras existentes em pilares e vigas de concreto armado;
- Recuperação e/ou substituição das

placas de apoio de neoprene e neoflon situadas nos topos dos pilares;

- Execução de hidrojateamento de areia no concreto das vigas protendidas da Catedral, objetivando sua limpeza;
- Aplicação de argamassa polimérica nas vigas protendidas da Catedral, objetivando o aumento da durabilidade das estruturas.

4. CONCLUSÃO

Com a execução dos serviços de recuperação, reforço e impermeabilização das estruturas da Catedral Metropolitana de Natal, obteve-se um incremento na durabilidade de suas estruturas, com a utilização das mais modernas técnicas existentes na área, atingindo amplamente os objetivos propostos pela equipe técnica responsável pelos serviços. Deixo o alerta de que, na área de engenharia estrutural, é necessário trabalhar com empresas altamente qualificadas, para não se repetir os erros executivos ocorridos, em virtude do custo final, causando danos à estrutura da Catedral, confirmando-se o ditado de que o barato custa caro. ▀

52º Congresso Brasileiro do Concreto Concursos Estudantis IBRACON

13 a 17 de outubro de 2010
Centro de Convenções
Edson Queiroz
Fortaleza – CE



17º APO – Aparato de Proteção do Ovo

O Concurso desafia os estudantes de engenharia a construir um pórtico em concreto armado. Vence a equipe que construir o pórtico mais resistente, capaz de proteger o ovo colocado sob ele.

7º Concrebol

O Concurso requer conhecimento e técnica na construção de uma bola de concreto. A esfericidade é testada no deslocamento da bola até o gol sobre uma plataforma especialmente construída. Ganha o concurso a bola esférica com maior resistência à compressão.

6º Ousadia

O Desafio Ousadia 2010 consiste na elaboração de um projeto arquitetônico, com viabilidade técnica demonstrada, de uma estação subterrânea de metrô, com túneis paralelos em nível e uma única plataforma central. A Estação, denominada Centro de Eventos, é uma das 12 projetadas para a Linha Leste do Metrô (Metrô de Fortaleza).

O projeto será avaliado em termos das condições de acessibilidade ao Centro de Eventos de Fortaleza, em implantação no local, assim como em termos de sua adequação ao entorno, de sua originalidade e funcionalidade.

1º HPCC - High Performance Color Concrete

Moldar um corpo-de-prova com concreto de alto desempenho colorido, com dimensões preestabelecidas, que seja capaz de atingir altas resistências à compressão. Este é o desafio do Concurso, que objetiva testar a habilidade dos competidores na produção do concreto colorido.

Regulamentos dos Concursos disponíveis
no site www.ibracon.org.br.
Monte sua equipe
e venha competir!



A Norma Brasileira de água de amassamento do concreto - uma contribuição para a sustentabilidade

ARNALDO FORTI BATTAGIN - GEÓLOGO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

INÊS LARANJEIRA DA SILVA BATTAGIN - ENGENHEIRA

COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS DA ABNT

1. INTRODUÇÃO

A água é um componente de fundamental importância do concreto, pois é responsável pelas reações de hidratação do cimento, chegando a representar cerca de 20% de seu volume, sendo também usada na cura. Se, no aspecto quantitativo, ela é bem controlada pela relação a/c na dosagem dos concretos, do ponto de vista qualitativo, é negligenciada com frequência, podendo levar a manifestações patológicas nas estruturas de concreto. É necessário, portanto, enfatizar que a água para amassamento desempenha importante papel nas propriedades e durabilidade do concreto. As impurezas contidas na água podem influenciar negativamente não apenas a resistência do concreto, mas também o tempo de pega ou causar manchamento da superfície e eflorescências, ou ainda, resultar na corrosão da armadura ou ataque químico interno da microestrutura do concreto.

No Brasil, até a publicação da ABNT

NBR 15900, em 2009, havia uma lacuna na normalização técnica quanto ao estabelecimento de requisitos para a água de amassamento do concreto. Os requisitos que, inicialmente, foram estabelecidos pela antiga NB 1 - Projeto e Execução de Obras de Concreto (versão de 1978) deixaram de existir por uma Emenda que cancelou a Seção 8 dessa Norma, quando de seu registro como ABNT NBR 6118, que passou a referenciar a ABNT NBR 12655, que, por sua vez, referencia a ABNT NBR 12654, que volta a delegar essa responsabilidade à ABNT NBR 6118, que nada aborda sobre água de amassamento.

Recentemente, o Comitê Internacional ISO/TC71 apresentou o projeto de norma ISO 12439 de água de amassamento de concreto, baseado na norma europeia EN 1008, contando com a participação de vários países. Como membro participante, o Brasil é representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que conta com o suporte técnico

do CB-18, razão pela qual se decidiu criar uma Comissão de Estudo para desenvolver uma norma brasileira de água de amassamento com base no projeto ISO, mas respeitando as particularidades da cultura técnica nacional e suprimindo a sociedade brasileira com uma norma moderna que contempla vários avanços observados no exterior sobre esse tema, inclusive ambientais. Dentre esses, se destaca na Norma Brasileira a potencialidade de uso de água recuperada de processos de preparação do concreto e água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto, bem como água residual de processos de jateamento, corte, fresagem e polimento de concretos endurecidos.

2. ESTRUTURA DA ABNT NBR 15900

Sob o título geral “Água para amassamento do concreto”, a Norma Brasileira é composta de 11 Partes, que se inter-relacionam e se complementam. Cada uma dessas Partes trata dos aspectos estabelecidos em seus títulos específicos, conforme a seguir:

- **Parte 1:** Requisitos
- **Parte 2:** Coleta de amostras
- **Parte 3:** Avaliação preliminar
- **Parte 4:** Análise Química - Determinação de zinco solúvel em água
- **Parte 5:** Análise Química - Determinação de chumbo solúvel em água
- **Parte 6:** Análise Química - Determinação de cloreto solúvel em água
- **Parte 7:** Análise Química - Determinação de sulfatos solúveis em água
- **Parte 8:** Análise Química - Determinação de fosfato solúvel em água
- **Parte 9:** Análise Química - Determinação de álcalis solúveis em água
- **Parte 10:** Análise Química - Determinação de nitrato solúvel em água
- **Parte 11:** Análise Química - Determinação de açúcar

3. TIPOS DE ÁGUA E DEFINIÇÕES

- **Água de abastecimento público:** adequada para uso em concreto e não necessita ser ensaiada;

- **Água recuperada de processos de preparação do concreto:** usada para limpar a parte interna de betoneiras de centrais misturadoras, de caminhões betoneiras, misturadores e bombas de concreto, ou água proveniente do processo de recuperação de agregados de concreto fresco;
- **Água de fontes subterrâneas:** pode ser adequada para uso em concreto, mas deve ser ensaiada;
- **Água natural de superfície, água de captação pluvial e água residual industrial:** pode ser adequada para uso em concreto, mas deve ser ensaiada; são exemplos de águas residuais industriais aquelas recuperadas de processos de resfriamentos, jateamento, corte, fresagem e polimento de concretos endurecidos;
- **Água salobra:** somente pode ser usada para concreto não armado, mas deve ser ensaiada; de maneira geral, não é adequada à preparação de concreto protendido ou armado, devido aos seus teores elevados de cloretos, que podem comprometer a durabilidade do concreto pela corrosão das armaduras;
- **Água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado:** não é adequada para uso em concreto;
- **Água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto:** água tratada por diversos processos, entre outros filtração e flotação, em estações de tratamento de esgotos, a partir do afluente já tratado para usos não potáveis; como ainda não há antecedentes suficientes para garantir viabilidade de uso generalizado deste tipo de água, a Norma condiciona sua utilização a aplicações específicas de comum acordo entre o fornecedor de água e o responsável pela preparação do concreto, devendo ser atendidos todos os requisitos da Norma.

4. CONCEITUAÇÃO DOS REQUISITOS ESTABELECIDOS

4.1 GENERALIDADES

Os parâmetros e requisitos estabelecidos para água de amassamento são completa-

mente distintos da água que está em contato com as estruturas do concreto endurecido. Para a água em contato com o concreto, os parâmetros químicos são dirigidos para a avaliação do seu grau de agressividade. Água é agressiva quando pura, por atuar como dissolvente dos compostos hidratados do cimento no concreto ou por conter íons que reagem com esses compostos hidratados estáveis, alterando e deteriorando a microestrutura, responsável pela resistência mecânica do concreto. Assim, algumas águas que são prejudiciais ao concreto endurecido podem ser inócuas, ou até mesmo benéficas, para serem usadas como água de amassamento e esse fato foi levado em conta na elaboração da Norma.

A origem da água é de fundamental importância para pré-definir sua adequabilidade

de de uso. De fato, em função de sua origem, foram estabelecidas as diretrizes para uso.

4.2 FLUXOGRAMA DE ENSAIOS

A figura 1 ilustra a seqüência de ensaios que levam a aceitação ou não da água de amassamento, bem como estabelece alternativas de ensaios para se chegar a esse objetivo.

NOTA: A numeração das tabelas corresponde à numeração original da Norma, não se referindo à numeração estabelecida neste trabalho. Por isso, a tabela 1 do fluxograma refere-se à tabela 3 do texto.

5. AS NORMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

No Brasil, antes da publicação da ABNT NBR 15900, os requisitos para água

Figura 1 – Fluxograma de aceitação da água para uso em concreto

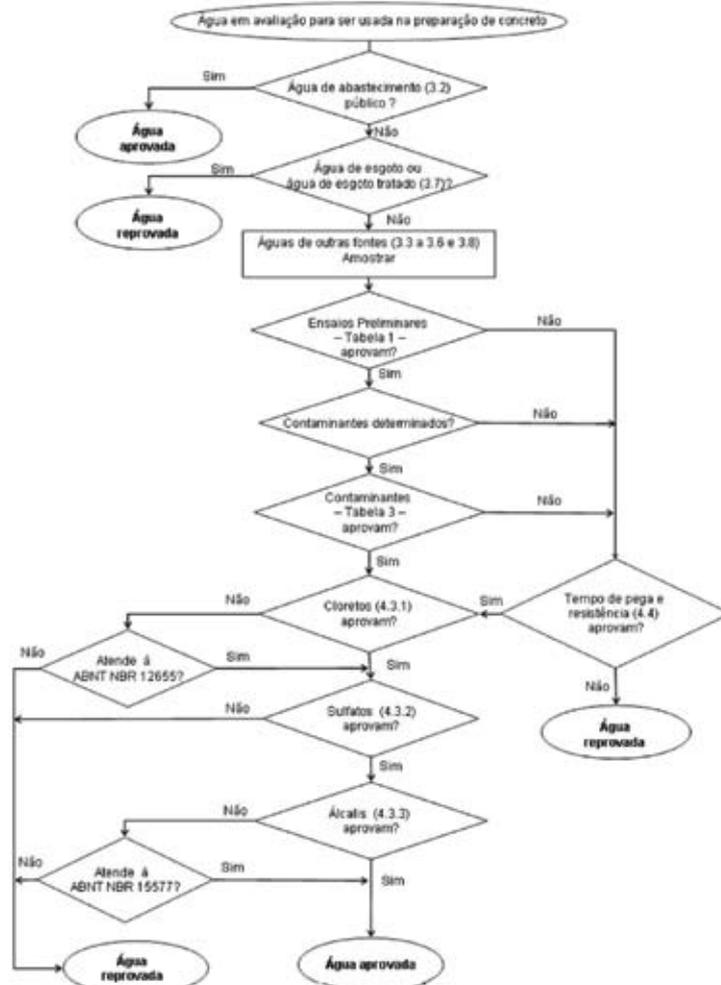


Tabela 1 – Limites químicos

| Ensaio | Limites | | |
|--|--------------|---------------|----------------------|
| | NM 137 | ASTM C 1602/C | ISO/CD12439 e EN1008 |
| Ph | 5,5 a 9,0 | - | ≥5 |
| Teor de resíduos sólidos | < 5000 mg/L | < 50000 mg/L | - |
| Ferro (Fe) | < 1 mg/L | - | - |
| Sulfatos (SO ₄ ²⁻) | < 2000 mg/L* | < 3000 mg/L | < 2000 mg/L |
| Cloreto (Cl ⁻) Concreto | Simples | < 2000 mg/L* | < 4500 mg/L |
| | Armado | < 700 mg/L* | < 1000 mg/L |
| | Protendido | < 500 mg/L* | < 500 mg/L |
| Equivalente Alcalino em Na ₂ O (Na ₂ O = 0,658 K ₂ O + Na ₂ O) | - | < 600 mg/L | < 1500 mg/L |
| Matéria orgânica (O ₂ consumido) | - | - | Avaliação visual |
| Presença de açúcar | - | - | < 100 mg/L |
| Fosfatos; expressos em P ₂ O ₅ | - | - | < 100 mg/L |
| Nitratos; expressos em NO ₃ | - | - | < 500 mg/L |
| Chumbo; expresso em Pb ²⁺ | - | - | < 100 mg/L |
| Zinco; expresso em Zn ²⁺ | - | - | < 100 mg/L |

* Considerando-se o aporte de outros componentes do concreto.

de amassamento do concreto eram estabelecidos pela NB 1 - Projeto e execução de obras de concreto armado (versão de 1978), que fixava os seguintes limites máximos: matéria orgânica (em O₂ consumido): 3mg/L; resíduo sólido: 5000mg/L; sulfatos (em SO₄): 300mg/L; cloretos (em Cl): 500mg/L; açúcar: 5mg/L.

Para as Normas adotadas em outros países, a tabela 1 apresenta os limites químicos e a tabela 2 os limites físicos especificados.

6. OS REQUISITOS DA NOVA NORMA BRASILEIRA

6.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ÁGUA DE AMASSAMENTO

De acordo com a ABNT NBR 15900, a água prevista para ser usada em concreto deve inicialmente passar por uma avaliação preliminar, que é estabelecida em sua Parte 3 e corresponde às verificações da tabela 3.

A água que não estiver de acordo com as exigências mostradas na tabela 3 pode ser

Tabela 2 – Limites físicos

| Ensaio | Limites | | |
|--------------------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| | NM 137 | ASTM C 1602/C | ISO/CD12439 e EN1008 |
| Início de pega (min) | ± 30 | -60 ou +90 ¹ | 25% ² |
| Fim de pega (min) | ± 30 | -60 ou +90 ¹ | 25% ² |
| Resistência à compressão (MPa) | 7 dias | 10% | 90% ³ |
| | 28 dias | 10% | - |

- Os tempos de pega da pasta preparada com a água analisada podem ser acelerados em até 60 min ou retardados em até 90 min em relação à referência (cimento + água deionizada).
- O tempo de pega obtido com a pasta preparada com a água enviada não deve diferir em mais de 25% em relação ao tempo de pega obtido com a pasta preparada com água deionizada. O tempo de início de pega não deve ser inferior a 1h e o tempo de fim de pega não deve ser superior a 12h.
- A resistência à compressão dos corpos-de-prova moldados com a água enviada deve ser, pelo menos, 90% da resistência à compressão dos corpos-de-prova moldados com água deionizada.

Tabela 3 – Requisitos para avaliação preliminar da água de amassamento

| Parâmetro | Requisito |
|------------------|--|
| Óleos e gorduras | Não mais do que traços visíveis |
| Detergentes | Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos |
| Cor | A cor deve ser avaliada qualitativamente como amarelo-claro ou mais clara, a menos da água recuperada de processos de preparação do concreto |
| Resíduo sólido | Máximo de 50 000 mg/L |
| Odor | As águas devem ser inodoras, sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico. Excepcionalmente, para água reaproveitada de processos de produção do concreto, é admitido um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico |
| Ácidos | pH \geq 5 |
| Matéria orgânica | A cor deve ser avaliada qualitativamente como mais clara, após a adição de NaOH, em relação a uma solução padrão |

usada apenas se for comprovado que é adequada ao uso em concreto, de acordo com os ensaios de tempo de pega e resistência.

A figura 2 ilustra exemplo de ensaio de detecção de detergente durante a avaliação preliminar. A espuma não desapareceu após 2 min da interrupção da agitação.

A figura 3 ilustra ensaio expedito de avaliação de presença de matéria orgâni-

ca. Verifica-se coloração mais clara que a solução padrão, indicando ausência de matéria orgânica na amostra de água.

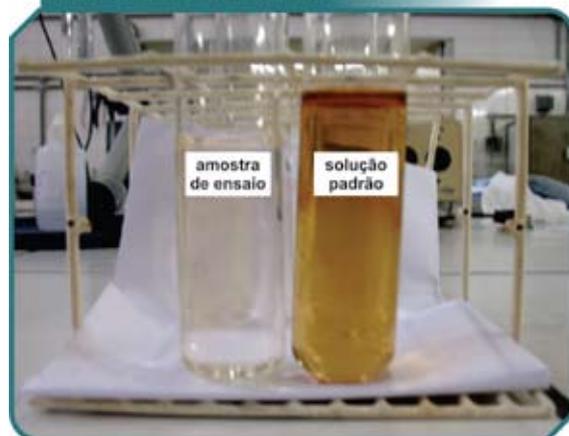
6.2 LIMITAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES NA ÁGUA DE AMASSAMENTO

Contaminações na água de amassamento do concreto por substâncias, como açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco podem alterar a cinética de hidratação da pasta de cimento, afetando expressivamente os tempos de pega e resistências do concreto. De fato, a literatura internacional mostra que esses compostos podem agir tanto como aceleradores quanto retardadores da pega e do endurecimento, dependendo da forma com se encontram combinados. Assim, nitratos de

Figura 2 – Amostra de água com contaminação de detergente



Figura 3 – Amostra de água tratada com NaOH para avaliação da presença de matéria orgânica



chumbo, zinco e manganês retardam a pega, ao passo que nitratos de cromo promovem sua aceleração. Por outro lado, os fosfatos e os boratos de zinco e chumbo reduzem a taxa de hidratação, prolongam o tempo de pega e reduzem a evolução da resistência inicial. Já, os sais de magnésio comportam-se como aceleradores da pega e endurecimento.

O açúcar é conhecido pela propriedade de retardamento da pega da pasta de cimento, retardando a formação de C-S-H (Silicatos de Cálcio Hidratados). Dependendo do tipo de cimento utilizado, da quantidade de açúcar e do instante em que ele entrou em contato com a mistura, a pega do concreto pode ser retardada em várias horas, prejudicando também a evolução da resistência à compressão. Como alguns aditivos retardadores são à base de açúcar, a água recuperada de processos de preparo do concreto pode conter resíduos com açúcar.

Um método visual, simples e rápido, com uso do alfa naftol, está previsto na Parte 11 da Norma, como ensaio preliminar qualitativo para identificar a presença ou ausência de açúcar. Caso resulte presente, o teor de açúcar deverá ser determinado pela metodologia preconizada na sequência da Parte 11 da referida norma. A figura 4 exemplifica o ensaio expedito de formação de anel de cor violeta, que indica a presença de açúcar na água de amassamento. Por outro lado, a ausência do anel indica ausência de açúcar.

Para aprovação da água quanto a esses contaminantes, podem ser executados ensaios quantitativos de detecção de açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco, de acordo com partes específicas da Norma, respeitando os limites máximos estabelecidos na tabela 4.

Na ausência desses ensaios, ou quando os limites estabelecidos na tabela 4 não forem atendidos, a Norma prevê que sejam realizados ensaios de tempo de pega, inicial e final, e ensaios de resistência à compressão em amostras com água de referência e, paralelamente, com a água em ensaio.

6.3 TEMPOS DE PEGA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os tempos de início e fim de pega, determinados em amostras de pasta preparadas com a água em ensaio, não deve diferir mais

Figura 4 – Ilustração de determinação qualitativa de açúcar



de 25% dos tempos de início e fim de pega, obtidos com amostras de pastas preparadas com água destilada ou água deionizada.

Os limites dos tempos de início e fim de pega, obtidos em pastas preparadas com a água em ensaio, devem também estar de acordo com a norma brasileira do cimento utilizado.

A resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias de corpos-de-prova de concreto ou de argamassa, preparados com a água em ensaio, deve alcançar pelo menos 90% da resistência à compressão média de corpos-de-prova preparados com água destilada ou deionizada. A obediência da água a esses limites é suficiente para garantir o desempenho mecânico e reológico do concreto, porém não há garantia da durabilidade.

6.4 LIMITAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS LIGADAS À DURABILIDADE

6.4.1 CLORETOS

Os cloretos presentes na água de amas-

Tabela 4 – Requisitos para avaliação de substâncias prejudiciais

| Substância | Teor máximo mg/L |
|-----------------------------------|------------------|
| Açúcares | 100 |
| Fosfatos, expressos como P_2O_5 | 100 |
| Nitratos, expressos como NO_3 | 500 |
| Chumbo, expresso como Pb^{2+} | 100 |
| Zinco, expresso como Zn^{2+} | 100 |

samento, dependendo do teor, podem gerar patologias no concreto, como a corrosão de armaduras e o aparecimento de eflorescência, além da formação de compostos expansivos como os cloroaluminatos cálcicos. Embora pouco estáveis, esses compostos podem ocasionar fissuração da microestrutura do concreto, o que favorece o aparecimento de outras patologias. Do mesmo modo, teores mais elevados de cloretos tendem a acelerar as reações de hidratação, acelerando a pega e a resistência inicial e reduzindo as resistências a longo prazo, nem sempre desejáveis.

Por essa razão, a Norma limita os teores de cloretos na água de amassamento, conforme o tipo de concreto, como mostrado na tabela 5.

O teor de cloreto na água, expresso como Cl^- , não deve exceder os limites estabelecidos na Tabela 5, a menos que se mostre que o teor de cloreto do concreto não excede o valor máximo permitido na ABNT NBR 12655.

6.4.2 ÁLCALIS

Embora os álcalis no concreto provenham essencialmente do cimento, eles podem se originar de outras fontes, tais como a água de amassamento.

Nesse sentido, limitar o teor de álcalis na água e no concreto ou tomar medidas preventivas à reação álcali-agregado (RAA) são ações que podem assegurar maior durabilidade às estruturas de concreto, evitando o aparecimento dessa patologia.

Assim, a Norma de água de amassamento estabelece que, se agregados potencialmente reativos com álcalis forem

usados no concreto, a água deve ser ensaiada quanto aos teores de álcalis. O equivalente alcalino de óxido de sódio não deve exceder 1500 mg/L. Se esse limite for excedido, a água pode ser usada apenas se for comprovado que foram tomadas ações preventivas quanto à reação álcali-agregado, conforme a ABNT NBR 15577-1. A intensidade dessas ações preventivas depende do grau de risco de ocorrência da RAA, as quais levam as medidas mitigadoras da expansão.

6.4.3 SULFATOS

Concretos destinados a obras marítimas, subterrâneas, de condução de rejeitos industriais e esgotos levam a necessidade de ter sua durabilidade assegurada frente ao ataque por sulfatos. Efetivamente, o ataque da pasta de cimento endurecida por águas e solos sulfatados é bastante conhecido e, se medidas preventivas não forem tomadas, ocorre comprometimento da obra, decorrente da expansão causada pela formação de componentes deletérios, gesso e etringita secundários.

Embora o mecanismo efetivo do ataque do concreto por sulfatos não esteja totalmente esclarecido até hoje, os pesquisadores são unânimes em considerar que as fases hidratadas de aluminato de cálcio do clínquer em contato com soluções contendo sulfatos são as principais responsáveis pelo fenômeno. Esse tipo de patologia é conhecido como ataque externo, pois os sulfatos provêm de fontes externas que provocam uma degradação progressiva da superfície para o interior da peça de concreto.

Por outro lado, as estruturas de concreto podem ser atacadas por sulfatos provenientes dos constituintes usados na preparação do concreto, sendo essa manifestação patológica conhecida como reação sulfática de origem interna e atribuída à formação de etringita tardia.

Por essa razão e também para evitar problemas na reologia do concreto, as normas internacionais limitam o teor de sulfatos na água de amassamento, tendo a Comissão de Estudos do ABNT/CB-18 optado por limitar o teor de sulfato na água destinado ao amassamento do concreto em 2 000 mg/L.

Tabela 5 – Teor máximo de cloreto em água de amassamento

| Uso Final | Teor máximo de Cloreto (mg/L) |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Concreto protendido ou graute | 500 |
| Concreto armado | 1000 |
| Concreto simples (sem armadura) | 4500 |

7. REQUISITOS PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RECUPERADA DE PROCESSOS DE PREPARO DO CONCRETO

A água recuperada de processos de preparo do concreto pode ser utilizada sozinha ou em combinação com outro tipo de água.

Esse tipo de água contém concentrações variáveis de partículas muito finas, com tamanho, em geral, menor que 0,25mm e, por isso, deve ser apropriadamente armazenada, mais comumente em:

- reservatórios, desde que dotados de equipamentos adequados que possibilitem a distribuição dos materiais sólidos na água, para facilitar a coleta futura.
- bacias de decantação ou instalações similares, capazes de armazenar água por tempo suficiente para permitir que as partículas sólidas se decantem apropriadamente, sendo que a parte sólida deve ter *a posteriori* uma destinação ambientalmente correta.

Além de atender a todos os requisitos estabelecidos pela Norma, existem ainda algumas limitações para o uso de água recuperada de processos de preparação do concreto, tais como:

- a limitação da massa adicional de material sólido no concreto, que deve ser menor do que 1% (massa/massa) da massa total de agregados;
- a possível influência da utilização desta água quanto a exigências especiais para o concreto, como, por exemplo, concreto arquitetônico e concreto aerado;
- a quantidade de água recuperada deve ser distribuída o mais uniformemente possível na preparação do concreto;
- para alguns processos de preparação do concreto, pode-se admitir maiores quantidades de material sólido, desde que se possa comprovar seu desempenho satisfatório.

A distribuição uniforme do material sólido na água recuperada, quando sua massa específica for maior que 1,03 kg/L, torna-se imprescindível.

Pode-se considerar que água com massa específica menor ou igual que 1,03 kg/L contém quantidade de material sólido compreen-

da abaixo do limite de 50 000 mg/L estabelecido pela Norma, quando a massa específica do resíduo sólido é maior ou igual a 2,6 kg/L.

Quando não for possível manter a massa específica da água menor ou igual a 1,03 kg/L, deve ser realizada a correção da dosagem do concreto, em função da quantidade de material sólido presente na água.

8. REQUISITOS PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REUSO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Água de reuso é a água tratada por diversos processos, entre outros filtração e flotação, em estações de tratamento de esgotos, a partir do afluente já tratado para usos não potáveis. Não deve ser confundida com a água de esgoto e a água proveniente de esgoto tratado, que não são adequadas para preparo do concreto.

Contrariamente, a água de reuso apresenta grande potencialidade, evidenciada por estudos desenvolvidos pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP e por algumas empresas de serviços de concretagem.

Porém, como não há antecedentes suficientes acumulados para garantir viabilidade de uso generalizado deste tipo de água, a Comissão de Estudos de Normalização decidiu limitar o uso, neste momento, a aplicações específicas, de comum acordo entre o fornecedor de água e o responsável pela preparação do concreto, devendo ser atendidos de qualquer forma, todos os requisitos previstos na norma, até que se acumule experiência comprobatória.

9. CONCLUSÕES

Este trabalho tem como propósito informar e esclarecer o meio técnico a respeito da Norma recentemente publicada para estabelecimento dos requisitos exigíveis para a água de amassamento do concreto, com base em padrões internacionais, tendo em vista garantir a durabilidade das construções.

Considerando o atual estágio de desenvolvimento tecnológico e as prementes necessidades de uso racional dos recursos naturais, este trabalho alerta para

a importância das questões de sustentabilidade ligadas ao uso adequado da água de amassamento do concreto, mostrando as possibilidades de reaproveitamento desse recurso.

Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados e a experiência já consolidada em alguns casos reais de reaprovei-

tamento da água do processo de preparação do concreto são auspiciosos e indicam ser este o caminho adequado para que a construção civil brasileira dê um importante passo no sentido do desenvolvimento ambientalmente adequado, socialmente correto e economicamente viável, mantendo e garantindo a qualidade do concreto.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2006.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15577 Agregados - Reação álcali-agregado (seis Partes). Rio de Janeiro, 2008.
- [03] ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. NM 137 Argamassa e concreto - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. São Paulo, 1997.
- [04] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C 1602/C 1602M Standard specification for mixing water used in the production of hydraulic cement concrete, Philadelphia, 2006.
- [05] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 1008 Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete. Bruxelas, Bélgica, 2002.
- [06] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/FDIS 12439 Mixing water for concrete. 2009. ■

52º Congresso Brasileiro do Concreto

Curso IBRACON

Soluções de impermeabilização em obras de Arquitetura diferenciada

15 de outubro de 2010
Centro de Convenções
Edson Queiroz
Fortaleza – CE



OBJETIVO

O curso, de cunho prático, visa dar subsídios aos profissionais da construção civil para selecionar, detalhar e fiscalizar corretamente sistemas de impermeabilização eficientes para obras com arquitetura diferenciada, de forma a avaliar as interfaces entre diferentes sistemas e orientar a elaboração de procedimentos executivos das diversas áreas sujeitas à ação da água e demais fluidos. Serão apresentados casos reais de obras.

PROFESSORES

• Arquiteta Leonilda de Fátima Gomes Ferme

Arquiteta formada, em 1985, pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Farias Brito – Universidade de Guarulhos. Há 23 anos atua no segmento de impermeabilização. Responde atualmente pela Gerência de Negócios - Aplicadores da empresa DENVER IMPERMEABILIZANTES, com diversos artigos técnicos publicados e apresentados em Congressos e Simpósios de Impermeabilização e entrevistas técnicas publicadas.

• Engenheiro Flávio de Camargo Martins

Engenheiro civil pela Universidade Paulista e MBA Executivo pela Escola Paulista de Propaganda e Marketing. Coordenador Técnico da Denver Impermeabilizantes, especialista na área de impermeabilização e recuperação estrutural, com diversos artigos e publicações na área. Participa da ABNT no Comitê Brasileiro de Normas Técnicas CB-22 – Impermeabilização, atuando como coordenador da comissão de sistemas poliméricos e secretário da comissão de estudos. Membro atuante do IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização.

PÚBLICO ALVO

Engenheiros, Arquitetos, Tecnólogos, Fiscais, Professores, Estudantes de Pós-Graduação, Estudantes de graduação nos últimos anos, profissionais envolvidos com projeto, planejamento, pesquisa, docência, controle tecnológico, execução e comercialização de edificações de concreto armado e protendido.

PROGRAMA MasterPEC

Programa de cursos de atualização tecnológica ministrado pelo IBRACON. Acumulando 120 créditos-hora nos cursos IBRACON, ao longo de, no máximo, 4 anos, terá direito ao título de Master em Produção de Estruturas de Concreto.

INFORMAÇÃO GERAL

| | |
|----------------------------|---|
| Data | 15 de Outubro de 2010 |
| Local | Centro de Convenções Edson Queiroz Avenida Washington Soares, 1141 – Fortaleza – CE |
| Carga horária | 8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC) |
| A inscrição inclui: | Pasta com material didático, caneta e bloco de notas; Certificado IBRACON; Serviços de Coffee Break. |

INVESTIMENTO

| | Até 30-09-2010 | No local |
|-----------------------|----------------|------------|
| Sócios IBRACON | R\$ 130,00 | R\$ 170,00 |
| Não-sócios | R\$ 150,00 | R\$ 200,00 |

INSCRIÇÃO

As inscrições serão feitas pelo IBRACON
www.ibracon.org.br

INFORMAÇÕES

Fone: (11) 3735-0202 • Fax: (11) 3733-2190
marta@ibracon.org.br

Patrocínio

DENVER
IMPERMEABILIZANTES

www.denverimper.com.br



Seminário sobre Pré-fabricados em Concreto aponta soluções técnicas para novo ciclo de crescimento do país

O mote no discurso das autoridades convidadas a fazerem parte da mesa de abertura do V Semi-

nário Internacional da Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto - ABCIC foi oportunidade. Os eventos espor-



tivos programados - a Copa 2014 e as Olimpíadas 2016 -, o Programa “Minha Casa, Minha Vida”, de construção de moradias populares, e o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, com o planejamento de obras de infraestrutura pelo país, representam nova onda de investimentos na construção civil, oportunidade ímpar para a ampliação e consolidação da construção industrializada no setor.

“A construção industrializada no contexto atual de crescimento sustentado é a ferramenta indispensável para o gerenciamento de prazos e de custos. Ela é a saída para se executar com rapidez, economia, sustentabilidade e atualidade de projetos”, afirmou Carlos Alberto Gennari, presidente da ABCIC. Carlos ainda deu ênfase à figura humana como protagonista de nossa história e, especificamente, do setor construtivo.

Nas palavras do gerente de comunicação da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, Hugo Rodrigues, “o país precisa de infraestrutura há muito tempo, mas experimenta somente agora o momento promissor que reconhece na construção civil a locomotiva do desenvolvimento”. Por isso, segundo ele, a oportunidade do Seminário ABCIC, porque traz experiências construtivas industrializadas que quebram o mito de que a cons-

trução pré-fabricada resulta em construções inferiores, simples e cinzas. “As soluções industrializadas em concreto são capazes de atender, em termos de prazos, qualidade, durabilidade e beleza, a construção das arenas esportivas para os jogos da Copa e das Olimpíadas e da infraestrutura de que tanto o Brasil necessita”, concluiu.

O V Seminário ABCIC aconteceu no último dia 29 de abril, no Hotel Blue Tree Towers Morumbi, em São Paulo, e contou a presença de 150 profissionais dos diversos setores da construção civil. Sua bandeira foi discutir os pré-moldados de concreto como solução para construir o Brasil com sustentabilidade, criatividade e ousadia.

Dentre as soluções apresentadas no evento, foram discutidos:

- Os detalhes de projeto e de execução de pontes para trens de alta velocidade na Espanha, apresentados pelo engenheiro civil e catedrático da Universidade Politécnica de Madrid, Hugo Corres Peiretti. Para ele, o futuro da construção é a pré-fabricação, capaz de atender as especificações técnicas especiais de obras como as do trem de alta velocidade, como mão-de-obra qualificada, durabilidade de 100 anos, resistências a cargas verticais com efeito dinâmico,

ressonâncias, cargas horizontais altas de aceleração e desaceleração, entre outras.

- As obras premiadas, comerciais, industriais e residenciais, do arquiteto Sidônio Porto, vencedor, em 2005, do concurso nacional de projetos de arquitetura para a sede da Petrobras em Vitória, no Espírito Santo, construídas total ou parcialmente com sistemas pré-moldados de concreto; Porto destacou a relação entre a industrialização e a sustentabilidade, apresentando o canteiro de obras como área de montagem, concepção que assegura dispêndio de tempo e desperdício reduzidos ao mínimo. “Não podemos perder a segunda oportunidade de crescimento sustentado, pois na primeira optou-se pelo uso intensivo de mão-de-obra”, defendeu o arquiteto sobre a necessidade de uso mais intensivo de sistemas pré-fabricados na construção civil.
- A concepção arquitetônica vitoriosa para a Arena Esportiva de Cuiabá, onde ocorrerão os jogos da Copa 2014, foi apresentada pelo arquiteto Sérgio Coelho, do escritório vendedor do concurso público para a construção do estádio, GCP Arquitetos. Coelho frisou que a solução pré-fabricada possibilitará a transformação da Arena Esportiva

de Cuiabá num parque para a cidade, após a realização da Copa. “Parte da arquibancada poderá ser removida, com a redução da capacidade de público, após o evento, para o uso do espaço para outros fins, como ginásios de esportes”, ressaltou.

- Soluções pré-fabricadas para habitações de interesse social no mundo, reunidas pela Federação Internacional de Concreto (fib) numa publicação em desenvolvimento, que terá a finalidade de disseminar conhecimentos sobre a pré-fabricação para que as pessoas encontrem as melhores alternativas construtivas em seus países e regiões, foram mostradas pelo seu coordenador do grupo de habitações econômicas, David Fernández-Ordóñez. “A industrialização veio para tentar resolver as demandas sociais de habitação; mas, cada país tem que buscar suas próprias soluções: as muito industrializadas podem não funcionar em países em desenvolvimento”. Ele ressaltou que o Brasil faz parte deste grupo, representado pela Diretora Executiva da Abcic, a engenheira Íria Doniak, e que as tipologias brasileiras encontram-se cadastradas na futura publicação. “A industrialização na construção civil vai se impor à medida que se tornar mais flexível, mais adaptada aos usuários finais”, comentou.
 - As tendências da Coordenação Modular na construção civil, tanto em termos de mercado quanto de normalização, foram expostas pelo professor da Universidade Federal Fluminense (UFF), Sérgio Leusin de Amorim, engenheiro de produção pela Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
 - O mais novo parâmetro de gestão na construção civil - a sustentabilidade, “que ao lado do custo, da qualidade e do prazo, deve se tornar mais um indicador do diferencial competitivo da construção industrializada”, foi discutida e problematizada pelo diretor técnico do Grupo Falcão Bauer, Roberto José Falcão Bauer.
- “O Seminário debate o que é importante para a engenharia e a arquitetura brasileira. Qualquer lançamento de obras



David Fernández-Ordóñez trouxe a experiência da fib em habitações econômicas aos presentes

nos afeta, pois vivemos um período de mudança, após as perdas de quadros profissionais e da falta de planejamento e de projetos de duas décadas atrás. Por isso, a necessidade de se apontar as soluções”, avaliou o presidente do Sindicato da Arquitetura e da Engenharia - Sinaenco, João Alberto Viol.

Na avaliação do diretor do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento - Sinaprocim, Carlos Roberto Petri, “o seminário traz temas atraentes e importantes, contribuindo para a difusão de conhecimentos que asseguram soluções rápidas e eficientes, sem desperdícios e mais sustentáveis, imprescindíveis para resgatar a dívida do país para com a sociedade”.

Com eles, concordou o presidente do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, José Marques Filho, ao salientar que vivemos um momento peculiar, após décadas de estagnação, que exige soluções inovadoras, onde a questão do conhecimento é fundamental. “O Seminário é a oportunidade de acesso a soluções internacionais, de conexão de pessoas e de reflexão sobre o

futuro da cadeia construtiva como um todo. A contribuição do pré-moldado de concreto é no sentido de evitar o desperdício, de aumentar a durabilidade, de melhorar a utilização de materiais e de garantir maior resistência às obras”, concluiu.

Nas palavras da superintendente do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Inês Battagin, o seminário foi uma mostra da competência da ABCIC em agregar interesses comuns, em ser a porta-voz da indústria de pré-fabricados, em divulgar as melhores práticas para o mercado e em oferecer soluções pré-moldadas para o desenvolvimento do país.

A ABCIC, representada pela engenheira Íria, integra hoje o Conselho Diretor do IBRACON. “O relacionamento institucional com entidades afins internacionais e nacionais tem sido uma das premissas da ABCIC e tem possibilitado potencializar nossas ações de forma globalizada e alinhada ao contexto da construção civil e ao universo do concreto. O ambiente associativo pressupõe unidade e integração que maximizam nossos resultados”. finalizou ela. ■

Íria Doniak, num dos momentos de mediação dos debates, ladeada, à esquerda, por Hugo Corres e Sidônio Porto, e à direita, por Sérgio Coelho



Soluções inovadoras em projetos de fundações de linhas de transmissão

CRYPSTHIAN PURCINO BERNARDES AZEVEDO - PROFESSOR SUBSTITUTO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS - UFMG

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira sempre focou um modelo de geração na abundância dos recursos hídricos existentes no país, utilizando-se, assim, dos inúmeros potenciais hidroelétricos disponíveis dos rios e suas quedas. A partir de uma visão estratégica de desenvolvimento, a iniciativa pública investiu e conduziu o processo de construção de várias Linhas de Transmissão (LT's), que devido ao porte dos investimentos - só poderiam ser construídas, no passado, com o poder do Estado. Atualmente, a estabilidade econômica gera o fortalecimento de empresas nacionais privadas e atrai investimentos internacionais, que propiciam o aquecimento no setor. Oportunamente, investidores privados têm

suprido a crescente demanda de energia, executando projetos em parceria com o poder público, através de consórcios e, posteriormente, cobrando pelos serviços prestados.

Hoje, os pontos de geração estão cada vez mais distantes dos centros consumidores. As LT's tornam-se essenciais para conduzir a energia em alta tensão até os pontos de consumo. Diante des-

Figura I - Localização da LT nos Estados de Rondônia e Mato Grosso



se quadro, a construção e gerenciamento de LT's passam a ser uma alternativa interessante para investidores nacionais e internacionais. Fica evidente a necessidade de componentes confiáveis e custos competitivos, reduzindo, assim, o custo da manutenção e elevando os lucros. A necessidade por projetos com soluções inovadoras de rápida execução (redução do tempo de obra e retorno de investimento mais rápido), com reduzidos volumes de matérias, é prerrogativa básica. Uma análise detalhada das estruturas em fase de projeto é fundamental para que esse objetivo seja alcançado.

Soluções inovadoras, projetadas recentemente, estão em plena aplicação, em projetos localizados nos estados de Mato Grosso e Rondônia (Figura 1), por consórcios de investidores com capital privado internacional.

2. CRITÉRIOS DE PROJETO

2.1 GENERALIDADES

Serão abordados os principais critérios e procedimentos utilizados no cálculo, dimensionamento e definição das fundações das torres da linha de transmissão. Os carregamentos atuantes nas fundações foram definidos em função das ações atuantes nas torres a serem utilizadas (torres estaiadas e torres autoportantes).

Para cada tipo de torre, foram analisadas as fundações para os diferentes tipos de solos, em função de parâmetros geotécnicos pré-estabelecidos. Dessa maneira, foram elaborados projetos padrões de fundações, considerando os diversos tipos de solos e os tipos de torres utilizadas. Na presença de solos com pequena capacidade de suporte e/ou ocorrência do nível d'água a baixa profundidade, foram elaborados projetos de fundações especiais em estacas metálicas tipo helicoidal ou constituídas por blocos em concreto armado apoiados em estacas de concreto.

A escolha do tipo de fundação a ser utilizada em cada torre, se deu em função do tipo do carregamento atuante e do tipo e

capacidade suporte do solo, definido através dos ensaios geotécnicos realizados. A estabilidade das fundações foi verificada através dos procedimentos clássicos de análise de estabilidade, adotando-se fatores de segurança globais para determinação das cargas admissíveis nas fundações. Foram utilizados programas computacionais de uso corrente para a determinação das solicitações devidas aos carregamentos e das tensões aplicadas ao solo da fundação, bem como para o dimensionamento estrutural das peças em concreto armado.

2.2 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Os parâmetros geotécnicos indicados a seguir foram utilizados como referência para a elaboração dos projetos padrões de fundações. Esses parâmetros foram confirmados, após a conclusão da campanha de investigações geológico-geotécnicas realizadas ao longo da LT, constituídas por sondagens a trado, SPT (*Standard Penetration Test*) e DPL (*Dynamic Probe Light*).

A partir desses parâmetros e dos carregamentos para cada tipo de torre, foram elaborados os projetos de fundação utilizados na LT em referência, devido ao fato de que as características do solo/rocha reveladas durante a construção confirmaram as indicadas pelas investigações realizadas.

A escolha do tipo de fundação a ser utilizado para as diversas torres foi definida considerando os aspectos técnicos e econômicos observados em cada situação particular. Nos casos em que as condições reveladas pela construção indicaram solos de características diferentes das consideradas nos projetos padronizados, as fundações para essas torres foram objeto de projetos específicos, sendo denominadas pelo termo fundações especiais. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de projeto adotados para os solos típicos.

2.3 PROGRAMA DE INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

2.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O programa de investigações geotécnicas apresentado a seguir mostra os pro-

Tabela I – Parâmetros de projeto dos solos típicos

| Tipo solo | N_{SPT} | γ_{solo} (kN/m ³) | Intercepto de Coesão (kPa) | Ângulo de Atrito (°) | Tensão Admissível a Compressão (MPa) | Ângulo de Cone de Arrancamento (°) |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| I | $N_{SPT} \geq 12$ | 16 | 40 | 30 | 0,30 | 25 |
| II | $8 < N_{SPT} < 12$ | 15 | 20 | 25 | 0,20 | 20 |
| III | $4 < N_{SPT} < 8$ | 12 | 10 | 20 | 0,10 | 20 |
| IV (III com água) | $4 \leq N_{SPT} < 8$ | 10 | 10 | 15 | 0,10 | 15 |

cedimentos básicos, normas, critérios e diretrizes gerais para definição dos quantitativos e tipos de sondagens, entre outros elementos necessários observados na realização dos serviços de coleta de informações geotécnicas, para fins do projeto das fundações da LT 230kV Vilhena - Jauru C1 e C2.

As sondagens foram executadas por profissional capacitado, bem como aplicado processo executivo e equipamentos que garantiram uniformidade e qualidade constante ao longo de toda a extensão do trabalho. Considerando as características dos solos da região foram utilizados os seguintes tipos de sondagens:

Sondagem a trado - com caracterização direta do solo no campo;

- Sondagem SPT - sondagens de simples reconhecimento;
- Sondagem de DPL - Penetrômetro Dinâmico Leve.

2.3.2 SONDAGEM A TRADO

Foram identificadas as camadas de solo encontradas e preenchidas as Planilhas de Sondagem a Trado, de acordo com as instruções correspondentes e executadas nas torres indicadas pelo projeto. Foram empregados trados manuais com diâmetro máximo de 4" (polegadas), até a profundidade de 3 ou 4m. A identificação das camadas e a correspondente descrição tátil-visual de suas características foram feitas quando houve mudança do tipo de solo. O nível d'água foi registrado sempre que foi detectado.

Considerando os tipos de fundações e torres previstas para a LT, bem como

as características predominantes da região, a profundidade mínima padrão das sondagens a trado atendeu aos seguintes critérios:

- Para torres estaiadas de suspensão: até 3m;
- Para torres autoportantes de suspensão, com deflexão até 8 graus: até 4m, podendo-se paralisar com 3m, quando não se observar alterações substanciais no solo.

Quando foram encontrados solos moles, ou quando o lençol freático situou-se próximo à superfície, foi feita uma comunicação imediata à fiscalização, para as tomadas de devidas providências para execução de sondagem à percussão. No caso da ocorrência de impenetrabilidade ao trado, foram feitas tentativas de se verificar a causa da impenetrabilidade. Se fosse constatado tratar-se de solo livre de leito rochoso, porém muito duro, limitando o avanço do trado a um valor menor do que 50mm em 10 min de operação contínua, a Sondagem foi terminada e os correspondentes registros feitos na respectiva Planilha.

2.3.3 SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO (SPT)

O programa de sondagem a percussão foi elaborado contemplando, preferencialmente, as torres terminais e de ancoragens, bem como as torres de suspensão que se mostrarem necessárias, devido às condições especiais verificadas nas sondagens a trado.

A profundidade mínima da sondagem

SPT foi de 10,45m, exceto na ocorrência de camada impenetrável ou enquadramento do perfil de resistência num dos critérios de paralisação indicados a seguir. Recomenda-se a observação dos critérios abaixo para paralisação da sondagem:

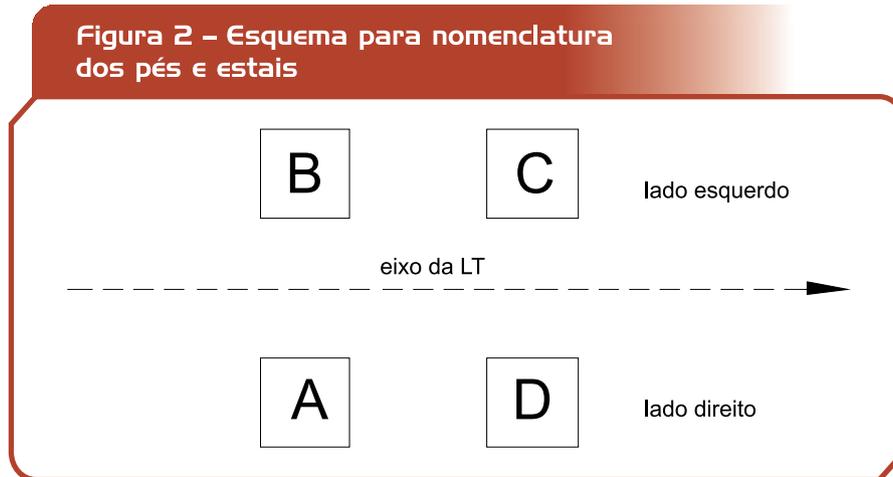
- se obtiver penetração inferior ou igual a 5cm durante 10 golpes consecutivos;
- se obtiver até, um máximo, de 45cm, em 50 golpes para um mesmo ensaio penetrométrico;
- após se ultrapassar 7m de profundidade, forem obtidos 3m sucessivos com penetração igual ou superior a 20 golpes para a cravação dos 30cm finais do amostrador.

As amostras de solos coletadas, atra-

A estratigrafia será identificada através de testemunhas nas ponteiros e nas hastes, bem como pelas correlações gráficas e analíticas apresentadas nos boletins. A resistência à penetração será obtida através do número de golpes “ N_{10} ”, aferidos a cada 10cm de penetração da ponteira, bem como através do ensaio de torquímetro realizado a cada 1m. Os resultados serão desenhados em gráficos contra profundidade, onde devem constar separadamente os valores N_{10} , q_d (resistência de ponta) e f_s (atrito lateral).

Ao realizar as sondagens, deve-se estar atento quanto à presença de nível d’água durante o processo de furação, tendo-se o cuidado para que águas superficiais não penetrem no furo. O sondador

deve registrar o nível d’água na Planilha sempre que ficar evidenciado de forma clara a existência de lençol freático elevado no local (próximo a banhado, lago, arroio, rio, etc). Se ocorrer presença de água, no final da perfuração, devem ser feitas leituras do nível d’água de



vés do trado ou do amostrador padrão, deverão ser devidamente acondicionadas, com clara indicação do local e profundidade onde foram extraídas, para envio ao laboratório e posteriores análises e verificações.

2.3.4 SONDAGEM DE PENETRÔMETRO DINÂMICO LEVE (DPL)

O programa de sondagens DPL foi elaborado contemplando, preferencialmente, as torres onde já existiam sondagens tipo SPT para execução de correlações. A profundidade mínima da sondagem DPL foi igual a 10,0m, exceto na ocorrência de camada impenetrável.

5 em 5 minutos, durante 30min seguidos. Havendo nível d’água proveniente de lençol freático elevado, necessariamente, após 24h pelo menos, uma nova leitura do nível d’água no furo deverá ser registrada.

2.4 LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS

As sondagens serão realizadas nos locais de implantação das torres, a uma distância $D = 1m$ avante do marco de centro da torre, tanto para as sondagens a trado, SPT e DPL. Os documentos de projeto referentes à localização dos pontos a serem sondados são os seguintes:

- Planilhas de Sondagem a Trado,

Figura 3 – Mastro Central em sapatas pré-moldadas



Fôrma e armação de blocos pré-moldados para mastro central.



Concretagem de blocos pré-moldados para mastro central.



Cura do concreto de blocos pré-moldados para mastro central.



Desfôrma de blocos pré-moldados para mastro central.

contendo os dados de identificação e locação de cada torre;

- Lista de Torres com os dados de identificação e locação de cada torre onde serão realizadas sondagens tipos SPT ou DPL.

A locação dos pés das torres foi executada seguindo a descrição mostrada na Figura 2. O sondador, ao localizar o marco da torre, pintado de vermelho, teve o cuidado de verificar se a estaca de identificação, existente ao lado do marco, confere com o número da torre.

A execução da sondagem foi feita somente quando o sondador não tinha dúvidas do posicionamento da torre. Sempre que ocorreu algum tipo de problema, como, por exemplo, não foi encontrado o marco ou piquetes de amarração ou os alinhamentos dos eixos da torre, o fato foi levado ao conhecimento da fiscalização, para providências.

3. FUNDAÇÕES

3.1 TORRES ESTAIADAS

Foram utilizadas torres estaiadas monomastro de suspensão, tipo JDE3 (Onde J é de Jaurú, D de circuito duplo, E3 indicando torre estaiada de até 3 graus de deflexão em planta).

3.1.1 FUNDAÇÕES PARA MASTROS CENTRAIS

As fundações para mastros centrais serão executadas em sapatas (Figura 3) ou tubulões (Figura 4) ou tubulões com laje (Figura 4), variando-se as dimensões em função das características do solo da fundação.

3.1.2 FUNDAÇÕES PARA ESTAIS

As fundações para os estais poderão ser executadas em tubulões (Figura 5), Blocos ou tirantes ancorados em rochas

loco”, em concreto simples ou armado, com dimensões e profundidades racionalmente determinadas, onde são fixadas as ancoragens.

A solução em tirantes ancorados em rocha constitui-se na fixação das ancoragens diretamente sobre a rocha, de acordo com diâmetros e profundidades racionalmente definidas.

3.1.3 FUNDAÇÕES PARA TORRES AUTOPORTANTES

Será utilizada torre autoportante de suspensão tipo JDS3 (Onde J é de Jaurú, D de circuito duplo, S3 indicando torre

suspensão de até 3 graus de deflexão em planta) e torres de ancoragem tipos JDA30, JDA60F (30 e 60 graus de deflexão em planta) e JDAT (transposição de fases).

As fundações para as torres autoportantes poderão ser executadas em tubulões (Figura 6), sapatas (Figura 6), tubulões ancorados em rocha (Figura 7) ou Blocos ancorados em Rocha (Figura 7). A escolha de cada tipo será definida em função das características do solo e das condições de acesso ao local da fundação.

A solução em tubulões, constitui-se em elementos moldados “in loco”, em concreto armado, com dimensões e

Figura 6 – Tubulão e Sapata para torre autoportante

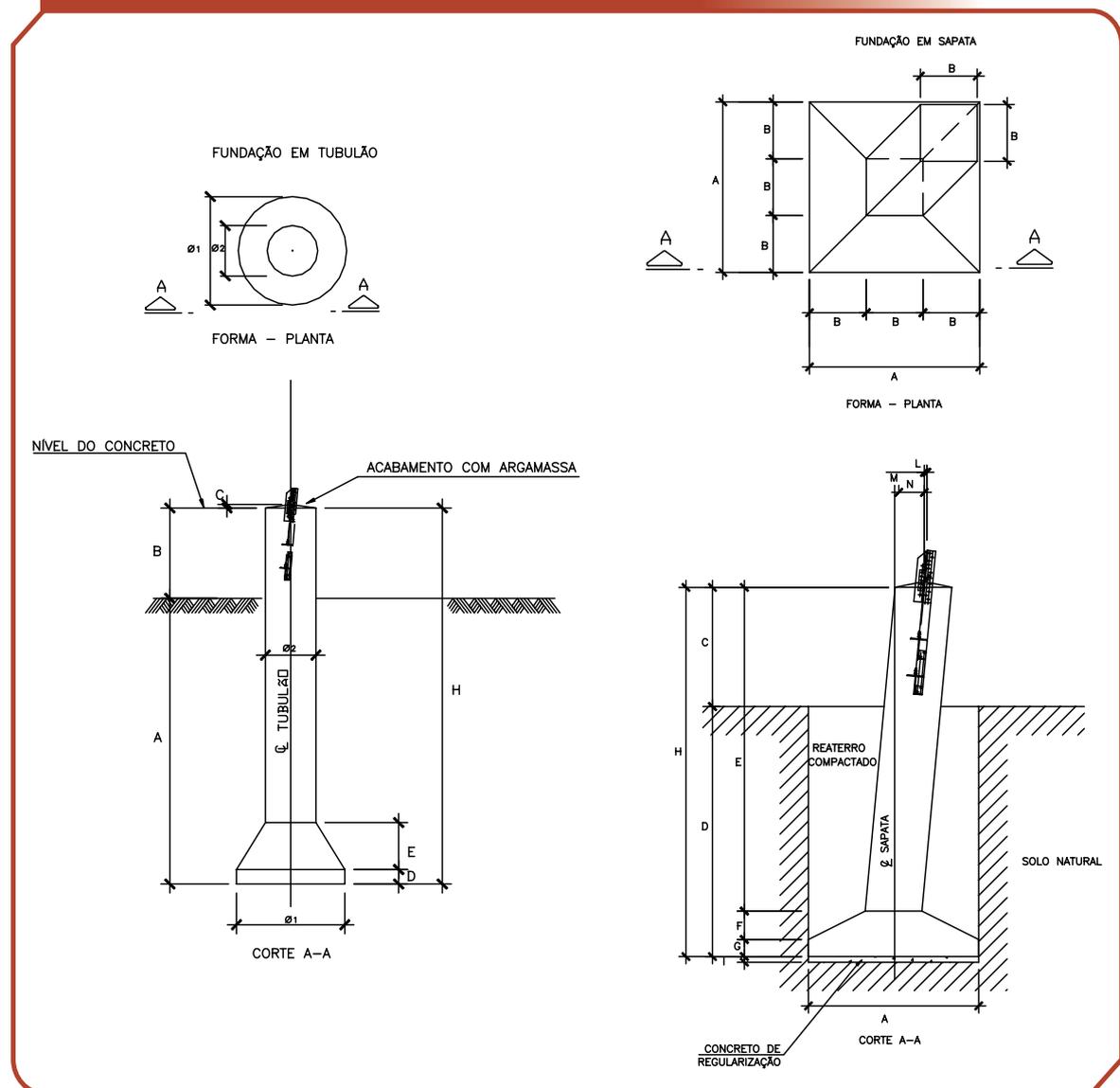
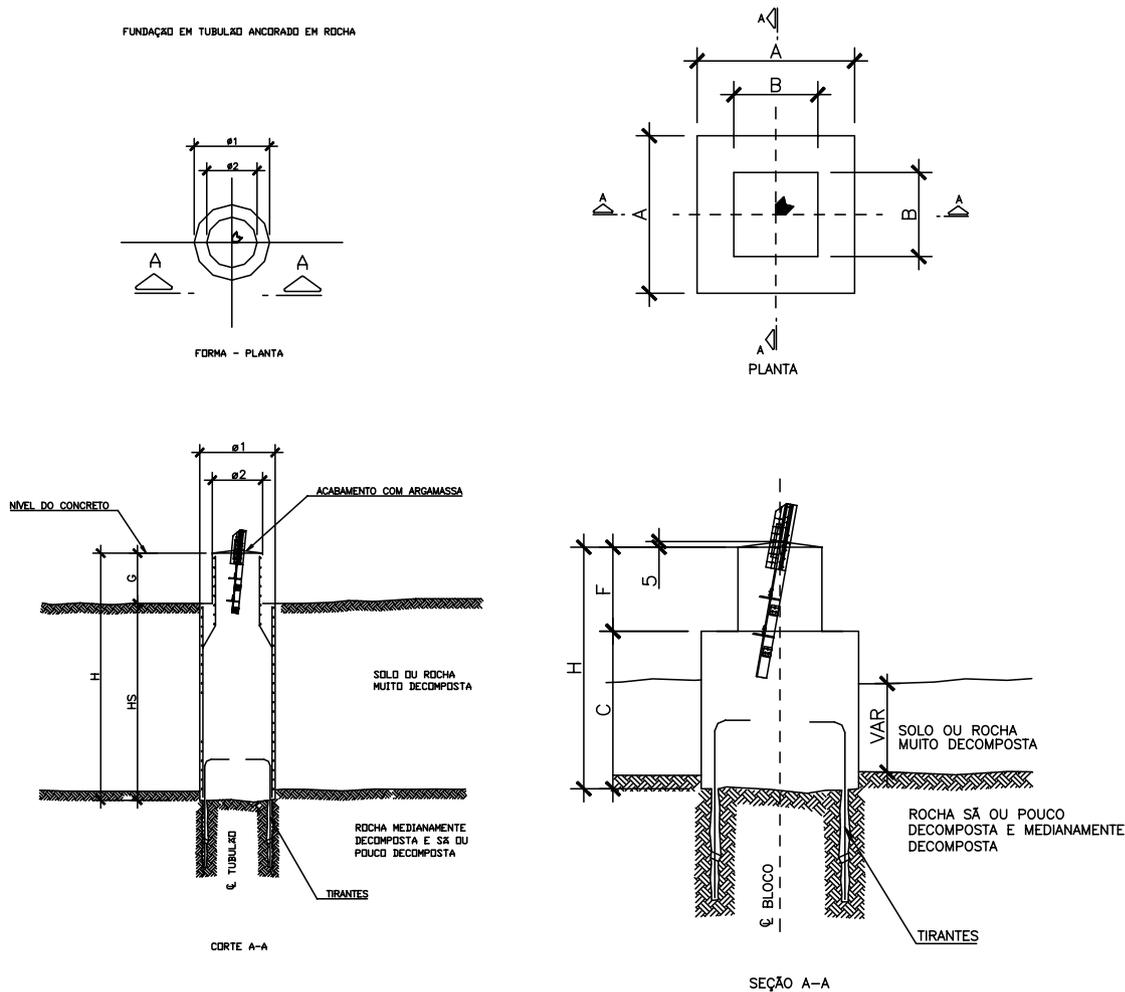


Figura 7 – Tubulão e Bloco ancorado em rocha para torre autoportante



profundidades racionalmente determinadas, onde são fixados os stubs (cantoneiras de ancoragem no concreto que fazem a ligação do pé da torre com a fundação em concreto). A solução em sapatas constitui-se em elementos moldados “in loco”, em concreto armado, com o fuste acompanhando o ângulo de inclinação dos stubs. A solução em tubulões (ou blocos) ancorados em rocha constitui-se em elementos moldados “in loco”, sem alargamento de base, em concreto armado, com dimensões e profundidades racionalmente determinadas, ancorados na rocha através de tirantes, constituindo-se na solução em tubulões (ou blocos) ancorados em rocha, onde são fixados os stubs.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A alta competitividade entre as empresas que disputam os leilões de transmissão de energia tem forçado as empresas projetistas a adotarem soluções mais arrojadas, reduzindo volumes e, conseqüentemente, os custos. Soluções inovadoras têm sido requeridas e, com isso, os fatores de segurança necessariamente precisam ser reduzidos. Para garantia de um projeto exequível financeiramente e também tecnicamente, essas soluções têm sido testadas em campo à tração e compressão (Figura 8), sendo, com isso, as hipóteses assumidas na solução inovadora verificadas em verdadeira grandeza “in loco”.

O objetivo deste trabalho é fornecer ao meio técnico os parâmetros necessários para a elaboração de projetos de fundações inovadoras, otimizadas em concreto armado, utilizadas nestas LT's em construção. Foram apresentados e discutidos aqui os métodos de dimensionamento e os principais critérios e procedimentos utili-

Figura 8 – Ensaio à compressão em fundações



zados no cálculo e definição dessas fundações, Para validação dessas soluções, foram executados ensaios de campo, cujos resultados foram satisfatórios.

Na opinião do autor, este estudo trata-se de um ponto inicial de referência para inserção de novos métodos de dimensionamento e aplicação de novas soluções competitivas.

Referências Bibliográficas

- [01] AZEVEDO, C. P. B. Fundações para Linhas de Transmissão - Dimensionamento e Execução, Belo Horizonte, Fundarc-BH, 2009.
- [02] AZEVEDO, C.P.B. e DINIZ, S.M.C., Soluções Inovadoras em Projetos de Fundações de Linhas de Transmissão, em IBRACON 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Curitiba, Set. 2009. ■



Programa IBRACON de Qualificação e Certificação de Pessoal



Entidade foi acreditada pelo INMETRO para certificar mão-de-obra da construção civil



O **IBRACON** é **Organismo Certificador de Pessoas**, estatuto conferido pelo **INMETRO**.

Sua acreditação está registrada no número **OPC-010**. Como primeira etapa dessa conquista o **IBRACON** está certificando profissionais dos **Laboratórios de Controle Tecnológico do Concreto**.

O certificado atesta que o profissional domina os conhecimentos exigidos para a realização de atividades de controle tecnológico do concreto, dentre os quais as especificações e procedimentos de ensaios contidos nas normas técnicas.

Este é mais um diferencial competitivo para sua empresa: a garantia de profissionalização de seu quadro de funcionários!

Inscrições permanentemente abertas.

PARA MAIS INFORMAÇÕES

Acesse: www.ibracon.org.br | **Ligue:** 11-3735-0202 | **Email:** certificacaoibracon@yahoo.com.br

mantenedor

Impermeabilização: qualidade de vida e economia

MARCOS STORTE - GERENTE DE NEGÓCIOS
VIAPOL

Em época de chuvas intensas, surgem ou realçam-se diversos efeitos causados pelo excesso de água e umidade. E não falamos de enchentes. Tratam-se dos mais diversos problemas que ocorrem nas estruturas de casas, edifícios, garagens, paredes internas e obras de infraestrutura, que vão de manchas a trincas e que podem se tornar um grande transtorno para os moradores, em particular, e para a sociedade e governos em geral. Muitos desses problemas poderiam ser evitados com a impermeabilização correta das estruturas de concreto e alvenaria.

Esta prática, porém, ainda não é um hábito entre os brasileiros, que não têm a cultura de evitar problemas construtivos e sim de procurar solucionar os efeitos. Este comportamento, entretanto, pode trazer não apenas gastos desnecessários,

como riscos à vida das pessoas. Os custos com impermeabilização previstos numa obra correspondem a cerca de 1% a 3% do orçamento total, enquanto os gastos decorrentes da má impermeabilização ou de sua ausência podem superar os 10%.

Diversos problemas podem afetar lajes, paredes, estruturas de piscinas, reservatórios de água, garagens, floreiras, terraços, como o surgimento de manchas de bolor e bolhas nas paredes, infiltração de água pelas frestas das janelas, queda e rachadura de azulejos, escurecimento das juntas e a ocorrência de trincas e goteiras.

Os problemas não são apenas estéticos. As trincas, inclusive, merecem uma atenção especial, uma vez que podem até mesmo abalar as estruturas do imóvel quando em estágio avançado. Tendo como causas fatores variados, as



conhecidas rachaduras devem ser avaliadas desde o surgimento. O excesso de umidade pode provocar, ainda, uma série de problemas de saúde - em especial respiratórios - que levam milhares de pessoas aos hospitais todos os anos, ampliando os gastos com saúde pública. Então por que não evitá-los?

Para impedir problemas futuros, a impermeabilização deve ser considerada desde o projeto e construção do edifício. A norma técnica de Desempenho de Edificações, NBR 15.575, inclusive entra em vigor em maio de 2010, e traz exigências claras sobre a necessidade de garantia de estanqueidade às obras, um alerta importante para construtoras responsáveis por projetos de construção em todo o País.

Mais do que garantia de conforto e estanqueidade, a impermeabilização aumenta a longevidade do imóvel e pode evitar o impacto causado por reformas, tanto aos proprietários do imóvel como ao meio ambiente. O mercado oferece

diversas soluções para este tipo de problema. São produtos de alta tecnologia que atuam na prevenção e também na resolução dos transtornos causados pela umidade. São bloqueadores hidrostáticos, argamassas poliméricas, selantes, mantas asfálticas e autoadesivas aluminizadas, agentes de cura, aditivos plastificantes, entre outros, que, mesmo sendo um mistério para a maioria da população, são indicados para cada tipo de ocorrência.

Num País no qual 70% do consumo de material de construção correspondem ao mercado "formiguinha" - obras que não passam por construtoras ou incorporadoras e os proprietários contratam a mão de obra necessária -, a inclusão de mais um item na obra pode ser fator de resistência. Por isso, faz-se imperativo o desenvolvimento de um trabalho de conscientização em todas as faixas da população, que pode significar a melhora da qualidade de vida como um todo e afetar, indiretamente, a economia nacional. ■

52º Congresso Brasileiro do Concreto

Curso IBRACON Pré-moldados de Concreto

14 de outubro de 2010
Centro de Convenções
Edson Queiroz
Fortaleza – CE



OBJETIVO

O curso apresenta uma visão sistêmica do sistema construtivo com pré-moldados de concreto, desde a fase de contratação até a montagem das estruturas, incluindo controle de qualidade, normalização e sustentabilidade.

PROGRAMA DO CURSO

- Princípios Elementares
- Tipologia e aplicação dos elementos da estrutura
- Projeto, Produção e Montagem
- Normalização
- Controle de Qualidade
- Vantagens

PROFESSORA

• **Iria Lícia Oliva Doniak**

Engenheira Civil, graduada pela PUC-PR em 1988. Atua no setor concreto desde 86, quando iniciou suas atividades em Laboratório de Controle Tecnológico. Posteriormente, atuou em central de concreto, gerência operacional e técnica. Atuou também na indústria cimenteira. Desde 97, é consultora da D.O. Engenharia e Projetos, com foco principal em construção pré-fabricada. Membro da Comissão de Revisão da NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Diretora de Qualidade da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic), de 2004 a 2007. Diretora Executiva da Abcic, desde 2008. Membro da fib commission 6 on prefabrication (federation internationale du beton). Membro da Comissão de Estudos da NBR 14861 Lajes alveolares pré-fabricadas de concreto.

PÚBLICO ALVO

Engenheiros, Arquitetos, Tecnólogos, Fiscais, Professores, Estudantes e profissionais envolvidos com projeto, planejamento, pesquisa, controle tecnológico, execução e comercialização de edificações de concreto armado e protendido.

PROGRAMA MasterPEC

Master em Produção de Estruturas de Concreto

Programa de cursos de atualização tecnológica, ministrado pelo IBRACON. Acumulando 120 créditos-hora nos cursos IBRACON, ao longo de no máximo 4 anos, o profissional terá direito ao título de Master em Produção de Estruturas de Concreto.

INFORMAÇÃO GERAL

| | |
|----------------------------|---|
| Data | 14 de Outubro de 2010 |
| Local | Centro de Convenções Edson Queiroz Avenida Washington Soares, 1141 – Fortaleza – CE |
| Carga horária | 8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC) |
| A inscrição inclui: | Pasta com material didático, caneta e bloco de notas; Certificado IBRACON; Serviços de Coffee Break. |

INVESTIMENTO

| | Até 30-09-2010 | No local |
|-----------------------|----------------|------------|
| Sócios IBRACON | R\$ 130,00 | R\$ 170,00 |
| Não-sócios | R\$ 150,00 | R\$ 200,00 |

INSCRIÇÃO

As inscrições serão feitas pelo IBRACON
www.ibracon.org.br

INFORMAÇÕES

Fone: (11) 3735-0202 • Fax: (11) 3733-2190
marta@ibracon.org.br

Patrocínio



www.tea.com.br

pesquisa e desenvolvimento

agregados graúdos

Propriedades mecânicas de concretos com agregados graúdos de diferentes origens mineralógicas

MIGUEL F. SCHETTINI ALHADAS - ENGENHEIRO

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS

JOSÉ M. CALIXTO - PROFESSOR ASSOCIADO

ESCOLA DE ENGENHARIA - UFMG

MARIA CECÍLIA F. FERREIRA - ENGENHEIRA

CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

1. INTRODUÇÃO

Com a entrada em vigor das Normas ABNT NBR 14931 (2003) - “Execução de estruturas de concreto - Procedimento” e ABNT NBR 12655 (2006) - “Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento”, a especificação do concreto para as obras de construção civil deixou de ser apenas baseada na resistência característica à compressão, no abatimento do tronco de cone e na relação água cimento: o módulo de deformação do material passou a fazer parte dessa especificação. Com base nesse cenário, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um estudo sobre a influência de agregados graúdos de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto: resistência à compressão e módulo de deformação. Concretos com diferentes tipos

de agregados graúdos foram fabricados e analisados em diversas idades durante a fase de hidratação do cimento (Alhadadas 2008). Um estudo mais aprofundado dessas propriedades permitirá a obtenção de parâmetros mais realistas tanto para o projeto e a execução de estruturas novas de concreto como também para a recuperação de edificações existentes de modo a prolongar sua vida útil.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Um único tipo de cimento foi utilizado na produção dos diversos concretos: cimento Portland CP-III 40 RS, fabricado pela Holcim Cimentos. A escolha desse tipo de cimento se deve ao fato dele ser o tipo mais utilizado no Estado de Minas

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização dos agregados graúdos

| Localidade | Tipo de Agregado | Dimensão máxima característica (mm) | Módulo de Finura | Massa unitária (kg/dm ³) |
|----------------|------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| Belo Horizonte | Calcário | 25 | 7,11 | 1,46 |
| Montes Claros | Calcário | 19 | 6,87 | 1,49 |
| Passos | Gnaisse | 19 | 6,93 | 1,46 |
| Guaxupé | Gnaisse | 19 | 6,90 | 1,50 |
| Uberlândia | Basalto | 25 | 7,01 | 1,50 |
| Patos de Minas | Dolomito | 19 | 6,98 | 1,48 |

Gerais. Um único lote do mesmo foi empregado na fabricação dos concretos.

A areia empregada em todos os concretos é de origem artificial quartzosa, comumente utilizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Também no caso da areia, um único lote foi usado para todo o estudo. Com dimensão máxima característica de 4,75mm e módulo de finura igual a 2,73 (ABNT NBR 7211:2008), essa areia é classificada como sendo média.

Para o estudo, foram escolhidos quatro tipos de agregados: calcário, gnaisse, dolomito e basalto, perfazendo um total de seis amostras obtidas de seis diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. A tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de caracterização desses agregados graúdos.

Para garantir que o concreto fosse bombeável, empregou-se o aditivo plastificante Mastermix 330 N à base de lignina sulfonada.

2.2 DOSAGEM DO CONCRETO

Os concretos foram especificados segundo as classes de agressividade ambiental prescritas pela ABNT NBR 6118 (2007). A classe escolhida foi a classe de agressividade II e para ela o concreto deve ter uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 25MPa e uma relação água/cimento $\leq 0,60$.

Com base nessas especificações, utilizou-se inicialmente um traço com os materiais que, efetivamente, fizeram parte do estudo e para concreto bom-

beável, comumente empregado por uma concreteira da região metropolitana de Belo Horizonte. Esse traço preliminar tinha a seguinte proporção em peso: 1: 2,646: 3,263 (cimento: areia: brita de calcário); consumo de cimento de 308Kg/m³ e relação água/cimento igual a 0,60. O teor do aditivo plastificante Mastermix 330N foi de 2,5 litros/m³. Esse traço foi fabricado com o objetivo de certificar a dosagem, de testar a metodologia de produção do concreto, bem como de realização dos ensaios, verificando-se inclusive o atendimento da resistência característica à compressão especificada aos 28 dias. Com essa dosagem, o valor de resistência característica obtido foi plenamente satisffeito.

Como o objetivo principal do trabalho é a verificação da influência dos diferentes tipos de agregados graúdos nas propriedades do concreto, procurou-se manter as dosagens dos concretos fabricados com os outros tipos de agregados, as mais próximas possíveis do traço com agregado de calcário de Belo Horizonte. Para atingir esse fim, foi mantido constante o módulo de finura do traço. Com base nessa sistemática, a tabela 2 apresenta as características básicas dos traços dos concretos fabricados e analisados. A denominação de cada traço é função da resistência característica (C25), seguida do tipo de agregado graúdo utilizado (CA, para calcário, GN, para gnaisse, BA para basalto e DO para dolomito) e da localidade de ori-

Tabela 2 - Nomenclatura e dosagens dos concretos analisados

| Denominação do traço | Tipo de agregado graúdo | Consumo de Cimento (kg/m ³) | Fator a/c | Aditivo (l/m ³) | Proporção |
|----------------------|-------------------------|---|-----------|-----------------------------|---------------|
| C25-CA-BHZ | calcário | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,646:3,263 |
| C25-CA-MCL | calcário | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,441:3,416 |
| C25-GN-PAS | gnaisse | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,483:3,377 |
| C25-GN-GUA | gnaisse | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,464:3,407 |
| C25-DO-PAT | dolomito | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,523:3,328 |
| C25-BA-UBER | basalto | 308 | 0,60 | 2,5 | 1:2,568:3,341 |

gem do mesmo: **BHZ** para Belo Horizonte, **MCL** para Montes Claros, **PAS** para Passos, **PAT** para Patos de Minas, **GUA** para Guaxupé e **UBER** para Uberlândia. As proporções dos componentes estão em peso e seguem o formato cimento: areia: brita.

2.3 ENSAIOS DO CONCRETO

Para avaliação das propriedades do concreto foram utilizados corpos-de-

prova cilíndricos com dimensões 10 x 20cm. O adensamento do concreto foi feito de forma manual, em duas camadas e 12 golpes por camada, conforme a ABNT NBR 5738 (2003). Os corpos-de-prova permaneceram nas fôrmas e cobertos com sacos de linhagem bastante umedecidos por três dias. Foram então desformados, identificados e levados à câmara úmida, onde permaneceram até a data dos respectivos ensaios. Nessas



Figura 1 - Detalhe do ensaio da resistência à compressão do concreto

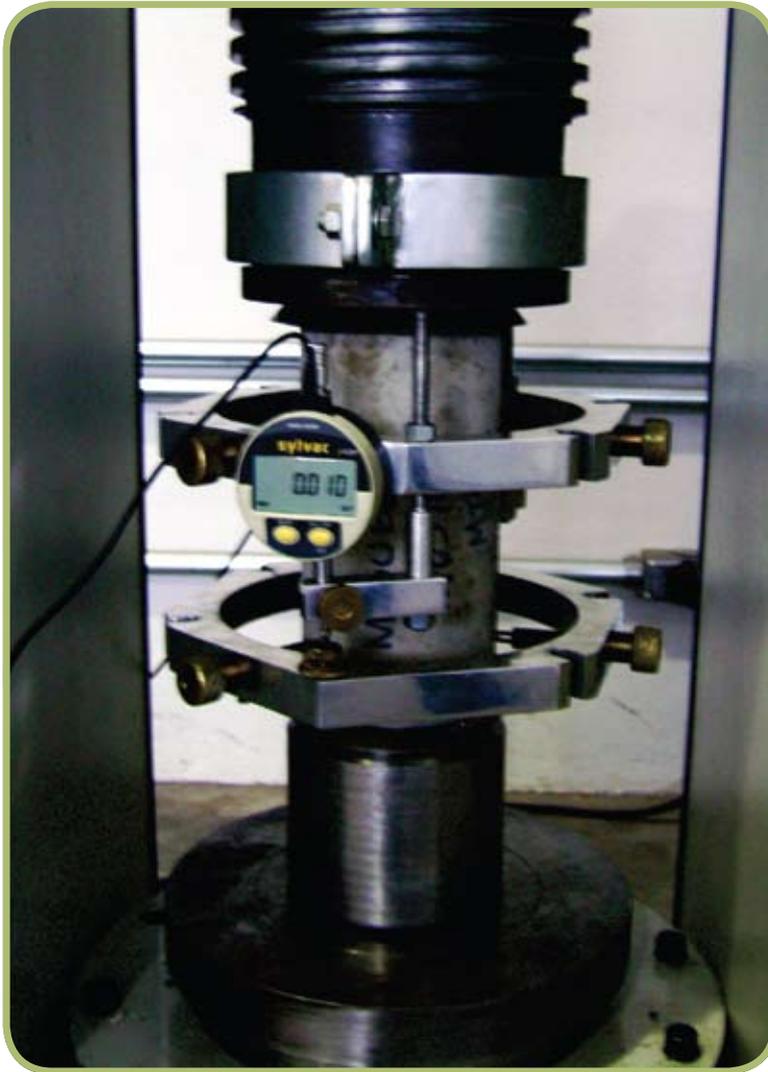


Figura 2 - Detalhe da instrumentação do corpo-de-prova no ensaio do módulo de deformação do concreto

datas eles foram capeados com pasta de enxofre para uniformização da sua superfície.

Os ensaios de avaliação das propriedades mecânicas do concreto foram feitos

nas idades de 3, 7, 14, 21 e 28 dias, após a fabricação do mesmo.

Os ensaios de resistência à compressão (vide figura 1) foram realizados de acordo com a ABNT NBR 5739 (2007). Para cada idade, foram utilizados 6 corpos-de-prova. Desses, três foram, inicialmente, rompidos e calculada a sua resistência média para a determinação da tensão superior a ser utilizada no ensaio do módulo de deformação. Após o ensaio de módulo, cada um dos três corpos-de-prova foi levado à ruptura. Foi adotada como resistência à compressão do concreto em cada idade a média aritmética dos valores obtidos para os seis corpos-de-prova.

A determinação do módulo de deformação foi feita de acordo com a ABNT NBR 8522 (2008). O ensaio adotado foi o do módulo de deformação secante a uma tensão indicada. A tensão escolhida foi de 40%

da resistência efetiva à compressão do concreto em cada idade estudada. Para cada idade, foram utilizados 3 corpos-de-prova. A figura 2 ilustra a instrumentação do corpo-de-prova no ensaio do módulo de deformação do concreto.

Tabela 3 - Resultados da resistência à compressão

| Traço | Resistência à Compressão (MPa) | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|
| | 3 dias | 7 dias | 14 dias | 21 dias | 28 dias |
| C25-CA-BHZ | 13,0 | 26,9 | 32,4 | 32,9 | 34,6 |
| C25-CA-MCL | 13,5 | 26,1 | 27,7 | 34,2 | 33,9 |
| C25-GN-PAS | 9,8 | 24,4 | 31,4 | 33,2 | 32,9 |
| C25-GN-GUA | 8,8 | 25,8 | 34,6 | 35,6 | 39,7 |
| C25-BA-UBER | 14,3 | 25,0 | 30,6 | 32,7 | 32,6 |
| C25-DO-PAT | 12,4 | 28,8 | 38,6 | 38,7 | 39,4 |

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A tabela 3 apresenta os resultados encontrados para os ensaios de resistência à compressão.

A análise dos resultados de resistência à compressão revela primeiramente que o valor especificado de 25MPa para a resistência característica aos 28 dias foi plenamente satisfeito para todos os concretos estudados. Os valores encontrados mostram ainda que, mesmo para um f_{ck} de 25MPa, houve influência do tipo de agregado na resistência à compressão dos concretos. Os resultados demonstram ainda que as menores diferenças entre as resistências dos concretos ocorreram na idade de 7 dias. Após essa idade, o concreto produzido com agregado de dolomito apresentou as maiores resistências, exceto aos 28 dias, quando os resultados ficaram praticamente iguais ao concreto com agregado de gnaisse de Guaxupé.

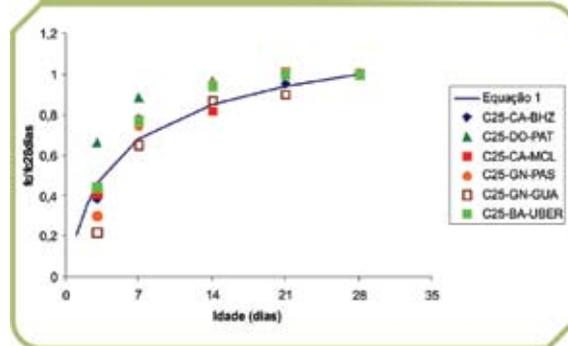
A ABNT NBR 6118 (2007) apresenta no item 12.3.3 uma equação para estimativa da resistência à compressão do concreto ao longo do tempo. Esta equação é dada por:

$$f_{cj} = \exp \left\{ s \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\} f_{c28dias} \quad (I)$$

onde:

f_{cj} é a resistência à compressão do concreto na idade de j dias;

Figura 3 – Avaliação comparativa da evolução da resistência à compressão



$f_{c 28 dias}$ é a resistência à compressão do concreto na idade de 28 dias;

s é o coeficiente de crescimento em função do tipo de cimento, igual a 0,38 para o cimento CP III; e

t é a idade do concreto em dias.

A figura 3 ilustra a análise comparativa dessa equação com os resultados obtidos neste estudo. De um modo geral, os valores de $f_{cj} / f_{c 28 dias}$ se mantiveram um pouco maiores que os estimados pela equação da NBR 6118, exceto na idade de três dias. Portanto, os resultados demonstram boa aproximação à curva da norma brasileira. Vale ressaltar que a idade de três dias correspondeu à data de retirada das formas dos corpos-de-prova.

3.2 MÓDULO DE DEFORMAÇÃO

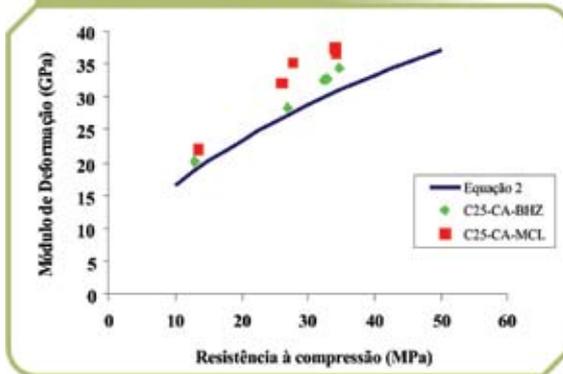
A tabela 4 apresenta os resultados encontrados para os ensaios de módulo de deformação.

A análise desses resultados mostra também que houve influência do tipo de

Tabela 4 – Resultados do módulo de deformação

| Traço | Módulo de Deformação (GPa) | | | | |
|-------------|----------------------------|--------|---------|---------|---------|
| | 3 dias | 7 dias | 14 dias | 21 dias | 28 dias |
| C25-CA-BHZ | 20 | 28 | 33 | 33 | 34 |
| C25-CA-MCL | 22 | 32 | 35 | 37 | 37 |
| C25-GN-PAS | 18 | 26 | 29 | 29 | 32 |
| C25-GN-GUA | 18 | 29 | 32 | 34 | 36 |
| C25-BA-UBER | 23 | 34 | 37 | 39 | 40 |
| C25-DO-PAT | 26 | 35 | 39 | 39 | 40 |

Figura 4 – Análise comparativa dos valores medidos do módulo de deformação com a expressão prescrita pela Equação 2 – agregado de calcário



agregado no valor do módulo de deformação. Os concretos com agregados de basalto e dolomito apresentaram os maiores valores de módulo em relação aos concretos produzidos com agregado de calcário e gnaiss. Os resultados revelam ainda que aos 7 dias de idade, o módulo de deformação do concreto atingiu em média 83% do valor aos 28 dias.

A Prática Recomendada IBRACON (2003) sugere uma correção na equação do módulo de deformação secante da ABNT NBR 6118 (2007) para se levar em conta a consistência do concreto no estado fresco e a influência dos diferentes tipos de agregado. A equação sugerida é:

$$E_{cs} = a_1 * a_2 * 0,85 * 5600 * \sqrt{f_{ck}} \quad (2)$$

onde:

a_1 é o índice de correção do módulo do concreto em função da natureza do agregado; $a_1 = 1,1$ a $1,2$ para basalto, diabásio e calcário sedimentar denso;

$a_1 = 1,0$ para gnaiss e granito;

$a_1 = 0,9$ para calcário metamórfico e metasedimento; e

$a_1 = 0,7$ para arenito.

a_2 é o índice de correção do módulo do concreto em função da consistência do concreto. Neste caso foi adotado o valor de $1,0$ correspondente à consistência plástica.

Os valores de módulo calculados utilizando a equação 2 foram comparados com os valores medidos neste estudo. As figuras 4 e 5 apresentam esse estudo comparativo para os agregados de calcário e gnaiss, respectivamente.

Tanto para agregados de calcário quanto de gnaiss, pode-se observar que a maioria dos valores medidos é maior que os previstos pela equação 2. Assim sendo a equação 2 é conservativa em relação aos resultados obtidos, sendo, portanto, segura.

A figura 6 apresenta um gráfico de resultados de ensaios realizados no laboratório de Furnas (Andrade et al. 1997) em concretos fabricados com agregados

Figura 5 – Análise comparativa dos valores medidos do módulo de deformação com a expressão prescrita pela Equação 2 – agregado de gnaiss

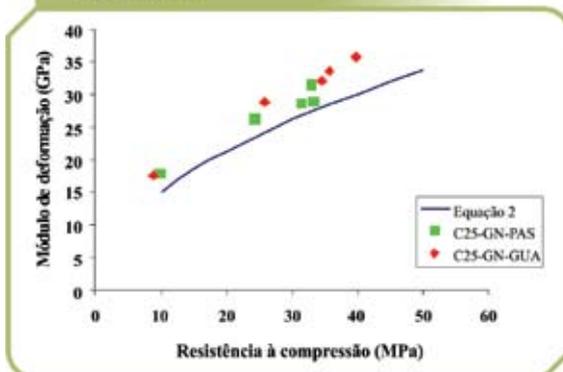
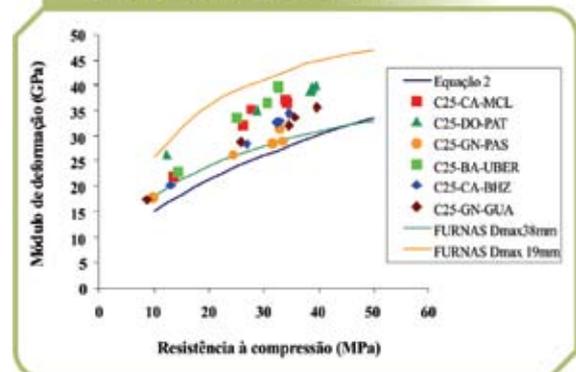


Figura 6 – Análise comparativa dos valores medidos do módulo de deformação neste estudo com resultados obtidos de ensaios realizados no laboratório de Furnas



de diferentes origens mineralógicas. A curva superior representa agregados com diâmetro máximo de 19mm e a curva inferior representa agregados com diâmetro máximo de 38mm. Na figura, mostra-se também a equação 2 ($\alpha_1 = 1,0$), bem como os resultados obtidos neste estudo. A análise desta comparação revela que os resultados obtidos no presente estudo estão dentro da mesma faixa encontrada nos ensaios realizados no laboratório de Furnas. Para ambos os resultados a equação 2 da Prática Recomendada IBRACON pode ser considerada segura.

4. CONCLUSÕES

As conclusões apresentadas a seguir estão intimamente ligadas às características dos concretos fabricados e analisados:

- Para os concretos dosados com agregados graúdos de calcário das regiões de Belo Horizonte e Montes Claros foram encontrados valores bem próximos para resistência à compressão, mas não para módulo de deformação. O menor diâmetro máximo do agregado de Montes Claros e sua melhor distribuição granulométrica, permitindo uma melhor distribuição das tensões na zona de transição pasta-agregado, são os fatores que explicam a diferença do módulo.
- Os concretos dosados com agregado graúdo de gnaiss das regiões de

Guaxupé e Passos apresentaram valores da resistência à compressão bem próximos, exceto aos 28 dias. Por outro lado, os valores de módulo de deformação apresentaram diferenças significativas. Esse resultado pode estar relacionado às diferentes propriedades da rocha-mãe da qual os agregados foram obtidos.

- O concreto dosado com agregado graúdo de dolomito da região de Patos de Minas (MG) foi o que apresentou maiores valores de resistência à compressão e juntamente com o concreto dosado com agregado graúdo de basalto da região de Uberlândia maiores valores de módulo de deformação.
- Os resultados obtidos mostram que o agregado graúdo exerceu influência significativa tanto na resistência à compressão quanto no módulo de deformação dos concretos estudados.
- A análise comparativa dos valores medidos do módulo de deformação com a equação sugerida pela Prática Recomendada IBRACON revela que ela é segura e conservativa, estimando valores menores do que os medidos para os concretos estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), à Holcim Cimentos, à CEMIG e ao Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais (TJMG) pelo auxílio na realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

- [01] ALHADAS, M. F. S., Estudo da Influência do Agregado Graúdo de Diferentes Origens Mineralógicas nas Propriedades Mecânicas do Concreto, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008, 126 p.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, 2003, 170 p.
- [03] COMITÊ TÉCNICO CT-30 I CONCRETO ESTRUTURAL, Prática Recomendada IBRACON - Comentários Técnicos NB 1, IBRACON, São Paulo 2003.
- [04] ANDRADE, W. P. (editor) e EQUIPE de FURNAS, Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo - Ensaios e Propriedades, Ed. Pini, São Paulo, 1997. ▀

Aplicação da Metodologia USACE na avaliação das condições de rolamento dos pavimentos de concreto armado

DANIELA BONINA CLEMENTE FELIX - ENGENHEIRA CIVIL
INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS

JOSÉ TADEU BALBO - PROFESSOR
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Recentemente, no Brasil, foram introduzidas normas federais para diagnosticar e avaliar a qualidade de conforto ao rolamento dos pavimentos de concreto. Essa normalização, como em outras situações, pautou-se completamente pela adoção do método desenvolvido no exterior pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE), elaborado na década de 1970.

Neste trabalho é realizada uma aná-



Bombeamento (fonte: FHWA, 2003)



Desgaste superficial

lise crítica desse método, por meio de sua aplicação no pavimento de concreto armado de uma via urbana, buscando-se entender até que ponto as patologias previstas no método de avaliação americano retratam a ocorrência em pista e, por meio da comparação dos valores encontrados do Índice de Condição do Pavimento (ICP) com os valores do Índice Internacional de Irregularidade (IRI), medidos com um perfilômetro inercial à laser, verificar a veracidade do valor do



Pequenos reparos (individual)



Pequenos e grandes reparos

ICP para a determinação da qualidade de conforto e segurança ao rolamento de um pavimento de concreto armado.

PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

A necessidade do conhecimento das patologias que ocorrem com maior frequência nos pavimentos de concreto é de fundamental importância, quando se pretende avaliar sua condição operacional em serviço, haja vista que, essa está intimamente relacionada às patologias presentes. Métodos de avaliação dos defeitos superficiais estabelecem procedimentos para a inspeção visual e avaliação do estado funcional e estrutural do pavimento, por meio da investigação criteriosa da ocorrência de patologias e do seu grau de severidade.

As patologias funcionais estão associadas à irregularidade presente na su-

perfície do pavimento, enquanto que as patologias estruturais estão relacionadas a defeitos como fissuras e descontinuidade nos materiais, que podem causar danos prejudiciais à sua integridade estrutural. Segundo o método do USACE (1982), as causas das patologias podem ser agrupadas em quatro categorias: capacidade de carga (volume de tráfego); variações térmicas e da natureza do material; drenagem e outros fatores.

Na Tabela 1, são apresentados os tipos de patologias que ocorrem nos pavimen-



Grandes reparos



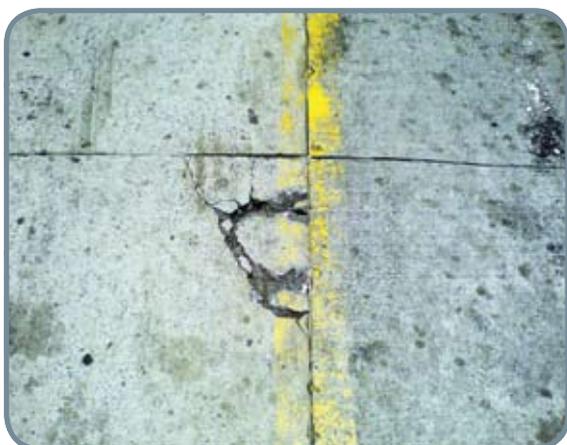
Fissura linear

tos de concreto associadas às suas gêneses possíveis (USACE, 1982). Essas patologias também são apresentadas na norma brasileira oficializada pelo Departamento Nacio-

nal de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004), com exceção daquelas marcadas com asterisco (*), que retratam os defeitos mais comuns em climas temperados.

Tabela I – Denominação e gêneses possíveis das patologias descritas nos métodos da USACE e DNIT

| Denominação | Gêneses Possíveis |
|--|--|
| Desgaste superficial | Segregação e exsudação |
| Escalonamento ou degrau nas juntas | Bombeamento; empenamento; ausência ou dimensionamento inadequado das barras de transferência |
| Desnível pavimento/acostamento | Bombeamento; ausência ou dimensionamento inadequado das barras de transferência ou de ligação |
| Pequenos reparos | Falhas construtivas; restauração de patologias com grau de severidade elevado; manutenção ou criação de redes distribuição subterrânea |
| Grandes reparos | Idem ao anterior |
| Fissuras lineares | Tensões internas associadas a ocorrências no concreto ou por ação de cargas |
| Fissuras de canto | Repetição das cargas; perda da capacidade de suporte da fundação; empenamento da placa; dimensionamento inadequado ou ausência das barras de transferência; utilização de materiais inadequados no isolamento das barras |
| Fissuras de retração plástica | Condições ambientais; exsudação |
| Microfissuras ou Fissuras Superficiais | Condições de exposição da placa durante e logo após o acabamento; operações inadequadas de acabamento, atrasos no início do procedimento de cura do concreto; traços de concreto executados com elevados teores de finos; reação álcalis agregados |
| Fissuras tipo "D"(*) | Ação do gelo e degelo; expansão do agregado graúdo |
| <i>Punchout</i> (*) | Excessivo volume do tráfego de veículos pesados; perda da capacidade de suporte do subleito; elevada umidade livre do ar; tipo do agregado empregado no traço do concreto; espessura da placa de concreto; prática construtiva inadequada |
| Bombeamento | Drenagem inadequada; percolação da água pluvial da superfície para as camadas inferiores do pavimento |
| Falha na selagem das juntas | Corte das juntas com profundidade inadequada; falhas no preenchimento do material selante |
| Polimento (*) | Utilização de agregados de textura lisa e arredondada no concreto |
| Placas divididas | Sobrecarga; capacidade de suporte inadequada |
| Esborcimento das juntas | Corte das juntas com profundidade inadequada; falhas no corte; tensões elevadas ocasionadas pelo tráfego de veículos na região das juntas; acúmulo de materiais incompressíveis |
| Esborcimento ou quebras de canto | Repetição das cargas combinada com a perda da capacidade de suporte da fundação; empenamento da placa; dimensionamento inadequado ou ausência das barras de transferência |
| Alçamento das placas | Acúmulo de materiais incompressíveis na região das juntas e das fissuras; saturação das camadas de sub-base e fundação |
| Arrancamento do material(*) | Ação do gelo e degelo e expansão do agregado graúdo |
| Passagem de nível | Perda da capacidade de suporte do subleito |



Fissura de canto



Falha na selagem das juntas

TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES FUNCIONAIS E ESTRUTURAIS DOS PAVIMENTOS

MÉTODO DO USACE - ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP)

Desenvolvido na década de 1970 por engenheiros do exército americano, teve como objetivo inicial facilitar o gerenciamento das exigências de manutenção e recuperação das malhas viárias de instalações militares. Posteriormente, foi constatada a necessidade de se desenvolver um índice numérico que retratasse a condição geral dos pavimentos em serviço, baseado na consolidação dos dados de inventário durante as inspeções realizadas. Este índice auxiliaria os engenheiros na avaliação de um pavimento e na determinação das prioridades de manutenção e recuperação de malhas

pavimentadas. Originalmente, o ICP foi desenvolvido para áreas militares, com pavimentos asfálticos e pavimentos de concreto (simples ou armado sem função estrutural) e, posteriormente, foi ampliado para vias urbanas e estacionamentos, estando calibrado apenas para vias de baixa velocidade. Foram considerados nesse estudo o tráfego de veículos de rodagem pneumática e reboques (SHAHIN & KHON, 1979).

Segundo Shahin & Khon (1979), o objetivo do método é obter um índice numérico que retrate as condições estruturais e funcionais do pavimento e, a partir dele, estabelecer metas relacionando as necessi-



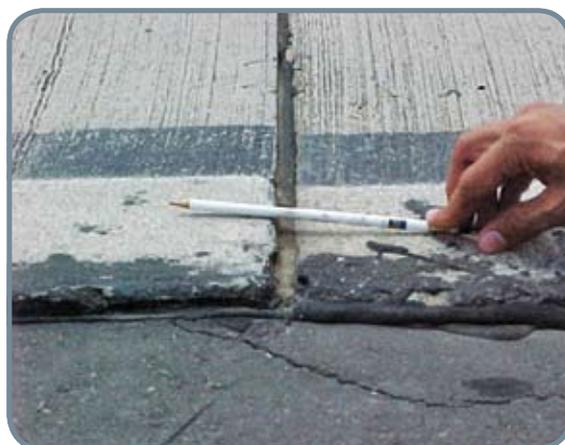
Microfissuras



Esborcimento das juntas



Esborcimento ou quebras de canto



Escalonamento ou degrau nas juntas

dades e prioridades na manutenção e recuperação, bem como analisar o desempenho do pavimento em serviço com base em determinações periódicas do ICP (modelagem de desempenho ao longo dos anos, descrita pela queda sistemática do valor do ICP com o tempo ou uso do pavimento).

As condições estruturais e funcionais dos pavimentos de concreto estão associa-

das a diversos fatores, que incluem: a integridade e a capacidade estrutural; desgastes da superfície do pavimento; resistência à derrapagem; dentre outros. Avaliar cada um desses fatores separadamente exigiria a utilização diversos equipamentos específicos, geralmente onerosos e operados por profissionais altamente qualificados. No entanto, por meio de uma avaliação criteriosa das patologias presentes nesses pavimentos, podem ser estabelecidos graus de severidade individuais para cada tipo de patologia e se determinar o ICP, que é um parâmetro indicador da condição geral do pavimento em serviço (USACE, 1982).

O desenvolvimento do ICP fundamentou-se na seleção de uma escala padrão que fornecesse a qualidade de segurança e conforto ao rolamento do pavimento em serviço, por meio da identificação e descrição das patologias presentes, na definição do critério de três níveis de se-



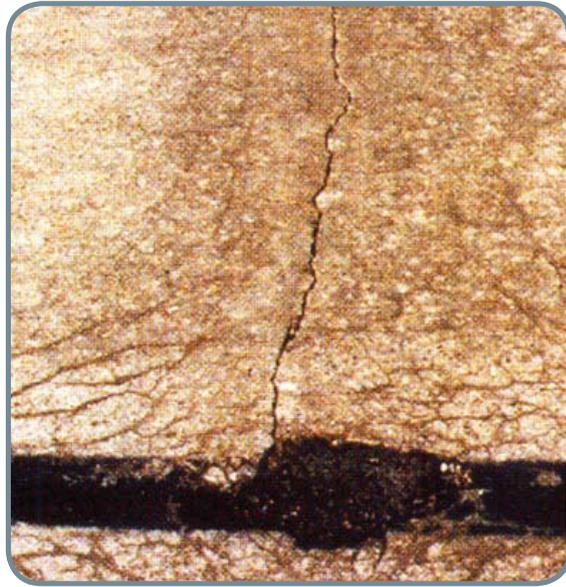
Punchout (fonte: FHWA, 2003)



Desnível pavimento-acostamento

verdade (alta, média e baixa) para cada tipo de defeito, na ponderação de um valor deduzido para cada tipo de patologia (ou seja, um valor de dedução penalizando o estado do pavimento, a partir de um limite superior e máximo de qualidade igual a 100), seu grau de severidade e a porcentagem de placas afetadas pelo defeito (densidade). A Tabela 2 apresenta a escala padrão do ICP utilizada na avaliação objetiva das condições operacionais dos pavimentos de concreto.

O grau de severidade das patologias que se desenvolvem nos pavimentos é determinado a partir da classificação do nível de gravidade apresentado por elas, em alta, média ou baixa, de acordo com sua dimensão, quantidade, condição e influência no conforto e na segurança ao rolamento da via (DNIT, 2004). Essa classificação desenvolvida pelo USACE foi descrita detalhadamente para cada tipo de patologia com o objetivo de permitir uma



Fissuras Tipo D (fonte: FHWA, 2003)

consistência nos dados levantados e facilitar a identificação em campo de cada patologia correlacionada ao efeito negativo que esta proporciona a estrutura do pavimento (SHAHIN & KHON, 1979).

Tabela 2 - Escala padrão do ICP

| ICP | Conceito |
|-----|------------|
| 100 | Excelente |
| 86 | |
| 85 | Muito Bom |
| 71 | |
| 70 | Bom |
| 56 | |
| 55 | Regular |
| 41 | |
| 40 | Ruim |
| 26 | |
| 25 | Muito Ruim |
| 11 | |
| 10 | Destruído |
| 0 | |

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DO PAVIMENTO - INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI)

O IRI (ASTM E 867) é definido como a somatória dos deslocamentos verticais sofridos pela suspensão do veículo dividido pela distância percorrida durante o levantamento (expresso nas unidades de m/km ou mm/m). Pode ser medido com o auxílio de perfilômetros inerciais a laser que permitem a coleta de cotas da superfície do pavimento, com grande precisão e em alta velocidade de tomada de medidas (veículo em movimento na velocidade máxima permitida na via).

A medida da irregularidade longitudinal auxilia no gerenciamento da malha viária, através do monitoramento das condições gerais das redes pavimentadas e da obtenção de informações para a tomada de decisões no que diz respeito à adoção de políticas de manutenção dos pavimentos, na previsão do processo de degradação e na avaliação dos custos operacionais dos veículos. Também é aplica-



Polimento (fonte: FHWA, 2003)

do como medida de qualidade e nível de aceitação para obras recém-construídas, bem como, por meio de avaliações periódicas, na análise do desempenho funcional dos pavimentos em serviço (GILLESPIE *et al.*, 1980, *apud* BARELLA, 2007).

APLICAÇÃO DO MÉTODO DO USACE

O pavimento de concreto armado da Rua Coronel Xavier de Toledo, no centro de São Paulo, foi construído em meados de 2003. Aproveitou-se a base de concreto existente, executando-se sobre ela placas de concreto armado com 125mm de espessura, $f_{ck} = 30\text{MPa}$ e taxa de armadura de $7,0\text{kg/m}^2$. As placas são compostas por uma armadura superior e outra inferior ao plano médio da seção.

O trecho do pavimento inspecionado



Placas divididas (fonte: USACE, 1982)

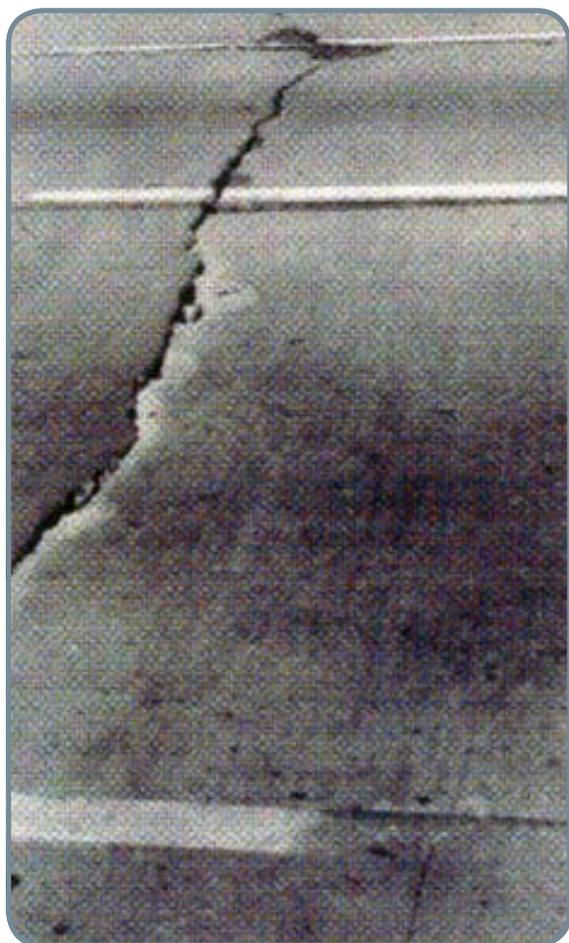
Tabela 3 - Valores obtidos

| Amostra | ICP |
|---------|-----|
| 1 | 62 |
| 2 | 73 |
| 3 | 72 |
| 4 | 58 |
| 5 | 55 |
| 6 | 71 |
| 7 | 72 |
| 8 | 71 |
| 9 | 70 |
| 10 | 68 |
| 11 | 72 |
| 12 | 77 |
| 13 | 87 |
| 14 | 62 |

é formado por 48 placas de 11m de comprimento por 5m de largura. A inspeção visual teve início 15m após o cruzamento com a Av. São Luís e término no cruzamento com a Rua Sete de Abril (total de 2.912 m^2), sendo tal área dividida em 14 amostras de estrutura homogênea. A Tabela 3 apresenta os valores do ICP encontrados a partir da inspeção visual das amostras das faixas de rolamento 1,2,3 e 4 do pavimento. Vale destacar que as amostras 1 a 7 referem-se ao resultado obtido nas faixas de rolamento 1 e 2. Os demais resultados referem-se à inspeção visual das amostras das faixas de rolamento 3 e 4.

Com os resultados obtidos a partir do cálculo individual do ICP de cada amostra, é possível calcular o $ICP_{\text{médio}}$ das faixas de rolamento 1; 2 e 3; 4, que resultam, respectivamente, em 66 (conceito - bom) e 73 (conceito - muito bom). É importante ressaltar que existem faixas adicionais para a parada de ônibus paralelas à faixa 1, ou seja, o número de veículos pesados que trafega nesta faixa é maior que nas demais e, provavelmente, deve-se a isso o fato do valor do $ICP_{\text{médio}}$ ser inferior nas faixas de rolamento 1 e 2, quando comparado ao valor obtido nas faixas 3 e 4, possuindo todas elas estruturas idênticas.

O levantamento do IRI foi realizado



Alçamento das placas (fonte: FHWA, 2003)

para as 4 faixas e em seções contíguas, sendo, seis seções com 40m de extensão e uma com 30m. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos. Analisando os resultados, verifica-se que o IRI encontrado, em geral, não é satisfatório, isto é, este pavimento não atenderia às exigências de qualidade funcional no momento dos levantamentos,

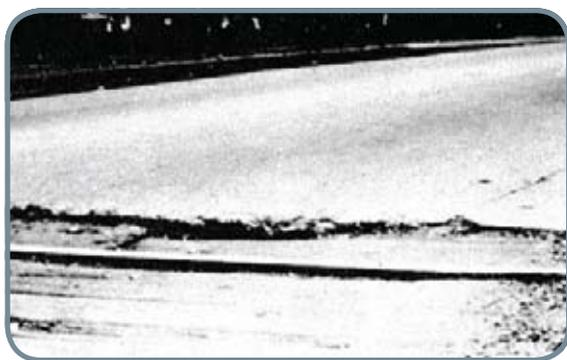
nos casos onde fossem encontrados valores superiores a 5. Assim, os conceitos emitidos através dos índices ICP e IRI seriam contraditórios quanto às condições de rolamento. Contudo, recorda-se que no critério do ICP, a qualidade é fixada em faixas pelo método; no caso do IRI, há flexibilidade quanto ao limite do que seria um pavimento aceitável ou não.

ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE ENTRE O ICP E O IRI

Colocadas as diferenças entre os métodos de avaliação empregados, buscou-se analisar os padrões de comportamento relacionando ambos os parâmetros, sabendo-se, *a priori*, que possuem comportamentos inversos (um elevado ICP representa boa condição operacional; um elevado IRI, má condição); o resultado obtido está apresentado na Figura 1. Observam-se pontos esparsos, o que, em uma primeira análise, é indicativo de que não existe uma clara correlação entre os índices analisados. Vale lembrar que o número de trechos avaliados é pequeno, o que não proporciona uma confiança razoável para expressar uma correlação; além disso, é possível que pequenos escalonamentos em juntas ou em fissuras, que possam ter ocorrido entre inventários, sejam responsáveis por um aumento significativo nos valores do IRI avaliados. Estas hipóteses colocam a necessidade de uma investi-

Tabela 4 – Valores obtidos

| Trecho (m) | | IRI médio | | | |
|------------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Início | Término | FAIXA 1 | FAIXA 2 | FAIXA 3 | FAIXA 4 |
| 0 | 40 | 7,1 | 7,1 | 4,0 | 4,3 |
| 40 | 80 | 5,3 | 5,2 | 4,1 | 4,2 |
| 80 | 120 | 4,4 | 3,0 | 5,7 | 5,2 |
| 120 | 160 | 4,3 | 4,8 | 4,6 | 4,0 |
| 160 | 200 | 4,6 | 5,0 | 4,1 | 4,9 |
| 200 | 240 | 6,3 | 4,6 | 4,8 | 4,2 |
| 240 | 273 | 5,9 | 6,9 | 6,1 | 5,4 |



Passagem de nível (fonte: USACE, 1982)

gação mais profunda, não permitindo conclusões definitivas com base na limitada amostragem realizada. O comportamento inverso foi observado com mais clareza apenas nos casos de faixas menos degradadas (3 e 4).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

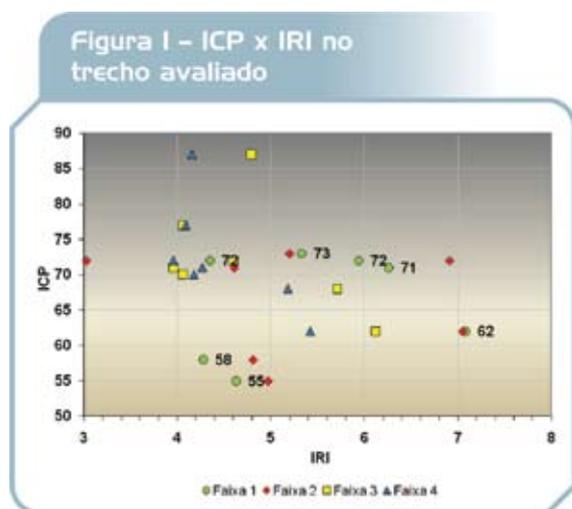
A norma brasileira oficializada pelo DNIT para avaliação do estado funcional dos pavimentos de concreto, através do cálculo do ICP, é uma adaptação do procedimento de avaliação desenvolvido pelo USACE e não considera os pavimentos de concreto armado, uma vez que os pavimentos de concreto construídos nos EUA empregam armaduras contínuas, sem função estrutural.

Apesar da diferença na tipologia estrutural dos pavimentos existentes no Brasil e avaliado neste trabalho em relação aos executados nos EUA, que deram origem ao

método de avaliação do ICP, verificou-se que todas as patologias encontradas no pavimento de concreto armado avaliado são mencionadas e consideradas no catálogo do USACE.

Da avaliação objetiva do valor do ICP obtido a partir da inspeção total da seção do pavimento em serviço, pode-se afirmar que o ICP é um bom indicador das condições funcionais e estruturais; porém, há um fator limitante quanto a seu emprego, pois é um método que demanda grande tempo, seja na inspeção visual como no tratamento estatístico dos dados. Quando empregado, recomenda-se executar a inspeção visual total da seção apenas em pavimentos pouco extensos, ou ainda, associada a métodos ligados à gerência de uma malha viária, haja vista que o IRI permite a avaliação de até 450km de uma rodovia em um dia de trabalho, enquanto que pelo método do ICP não se consegue levantar um centésimo desse valor. Todavia, com base no IRI não é possível estabelecer diretrizes para projetos de manutenção e restauração, prever custos dos serviços e quantificar materiais e mão de obra, porque, malgrado forneça um valor para a condição funcional do pavimento, trecho a trecho, não identifica os padrões de defeitos existentes e, por conseguinte, os itens de manutenção e reparos necessários.

Não se observou correlação significativa entre os valores do ICP e IRI, indicando tratar-se de índices compostos por diferentes aspectos físicos não diretamente correlacionáveis entre si, embora o universo estudado fora limitado. Sugere-se, contudo, o emprego de ambos os métodos simultaneamente, o IRI para identificar os trechos mais deteriorados em comparação a outros trechos de uma mesma rede; e, posteriormente, o ICP (apenas nos trechos mais deteriorados revelados pelo IRI) para identificar e analisar o grau de severidade dos defeitos, permitindo assim determinar o método de recuperação, quantificar materiais, mão de obra, tempo de execução e custos.



Referências Bibliográficas

- [01] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS. ASTM E 867, Standard Terminology Relating To Vehicle Pavement Systems, 1982.
- [02] BARELLA, R. M. **Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais**. 2007. 358 p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [03] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNIT 060/2004 - PRO: Pavimento rígido: inspeção visual - procedimento. DNIT 061 / 2004 - TER: Pavimento rígido: defeitos - terminologia. DNIT 062 / 2004 - PRO: Pavimento rígido: avaliação objetiva - procedimento**. Rio de Janeiro, 22, 2004.
- [04] SHAHIN, M. Y.; KOHN, S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots**. United States of America: U.S. Army Corps of Engineers; volume I: condition rating procedure; volume II: distress identification manual, 1979.
- [05] UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Pavement maintenance management**. Publication number: Army TM 5-623, Estados Unidos da América, 1982. Disponível em: <<http://www.usace.army.mil/publications/armytm/tm5-623>>. Acesso em: 01 jun. 2007. ■

52^o Congresso Brasileiro do Concreto

13 a 17 de outubro de 2010
Centro de Convenções
Edson Queiroz
Fortaleza – CE



Inscrições abertas!

Valores promocionais até 30 de setembro.

INSCRIÇÃO DÁ DIREITO A:

- Pasta com o material e os anais em CD do 52º Congresso Brasileiro do Concreto;
- Participação nas Sessões Plenárias, Pôsteres, Técnico-comerciais, Concursos Técnicos e Palestras de especialistas estrangeiros;
- Participação nos eventos paralelos;
- Participação na VI FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto;
- Cafés nos intervalos das sessões plenárias;
- Coquetel de Abertura;
- Jantar de Confraternização do 52º Congresso Brasileiro do Concreto;
- Participação da Assembleia Geral para os sócios do IBRACON;
- Solenidades de Abertura e Encerramento do Congresso.

FAÇA AINDA HOJE SUA INSCRIÇÃO! ACESE:

http://www.ibracon.org.br/eventos/52cbc/precos_inscricoes_2010.asp

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Inscrições feitas exclusivamente pelo site.

Empenhos somente serão aceitos se pagos até 25 de setembro.

Não se esqueça de enviar o **comprovante de depósito** pelo **fax: (11) 3733-2190**, para efetivar a inscrição.

DADOS PARA DEPÓSITO

Depósito em C/C Banco Itaú (341)

IBRACON

CNPJ - 43.367.754-0001-97

Agência: 0265 Conta Corrente: 29763-0

ATENÇÃO – NÃO EXISTE A FORMA DE DEPÓSITO IDENTIFICADO.

INVESTIMENTO

| CATEGORIA | Valores (R\$) Até 30/09/10 | Valores (R\$) No Congresso |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Sócio individual | R\$ 700,00 | R\$ 750,00 |
| Não-sócio individual | R\$ 850,00 | R\$ 900,00 |
| Sócio-estudante graduação | R\$ 400,00 | R\$ 450,00 |
| Não-sócio estudante de graduação | R\$ 450,00 | R\$ 500,00 |
| Estudante sócio pós-graduação | R\$ 500,00 | R\$ 550,00 |
| Estudante não sócio pós-graduação | R\$ 600,00 | R\$ 650,00 |

Cenário atual e desafios

MARCELO PETRELLI - DIRETOR
ADM GESTÃO DE EMPRESAS

A demanda de mão de obra para a construção civil é crescente e esta realidade é proporcionada por uma conjuntura de fatores como programas governamentais de construção de moradias, programas governamentais de crédito de financiamento para a compra de imóveis e o desenvolvimento da economia brasileira.

No sentido oposto a essa demanda, temos a falta de mão de obra qualificada na execução dos projetos, fato apontado sistematicamente pela imprensa, revistas especializadas e profissionais do setor como um desafio a ser equacionado.

A partir de maio de 2010, o setor conta com um novo desafio que é adequar a execução dos projetos em conformidade com a norma da “ABNT NBR 15575:2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho”.

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) lançou o informativo mensal “Sondagem da Construção Civil”, que tem como objetivo incluir o segmento no acompanhamento regular que é realizado pela CNI e as Federações de Indústria, e possibilita monitorar a evolução da atividade, o sentimento do empresário e, conseqüentemente, da evolução futura do setor.



Na primeira edição do informativo (dezembro de 2009), a falta de trabalhador qualificado era a segunda preocupação das pequenas, médias e grandes empresas. Em contrapartida, os índices de otimismo dos empresários do setor estavam em 68,4% e 67,3% (fevereiro e março, respectivamente) no que diz respeito ao otimismo com relação ao nível de atividade do setor.

A CADEIA PRODUTIVA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS PRINCIPAIS FUNÇÕES

O foco deste artigo está no desenvolvimento da mão de obra que abrange os profissionais que executam o projeto, denominado na figura 1 como “público-alvo”.

A necessidade de treinamento e desenvolvimento deste público, que compreende Mestre de Obras, Pedreiro, Carpinteiro, Eletricista, Armador, Encanador, Azulejista, Pintor e Auxiliar de Obras é de fundamental importância no



atendimento, entendimento e execução do projeto com base em normas de qualidade e de desempenho.

PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO

Conforme apresentado na revista *Concreto & Construções* n°53, por Galletto e Petrelli, é importante a identificação da necessidade de treinamento e a elaboração de um projeto para a aplicação do treina-

Tabela I – Plano de Ação para Execução do Projeto

| Etapa do Projeto | O que deve ser feito: |
|---------------------------------|--|
| Planejamento | <ul style="list-style-type: none"> Identificar as necessidades de treinamento. Definir conteúdo a ser ensinado. Definir metodologia utilizada para transmitir conhecimento. Definir público de interesse. Estabelecer prioridades para a execução do treinamento. Definir prazos para a execução do treinamento. Definir custos. Definir patrocinadores/subsídios para aplicação do projeto. Definir profissionais que irão aplicar o treinamento. Elaborar material de apoio – quando aplicável. Definir dias, horários e locais para a aplicação do treinamento. Definir resultados esperados. Definir formas de comunicação do projeto de capacitação e desenvolvimento. |
| Execução | <ul style="list-style-type: none"> Capacitar profissionais que irão aplicar o treinamento. Divulgar o projeto. Aplicar o projeto – treinar os profissionais que fazem parte do público-alvo |
| Avaliação dos resultados | <ul style="list-style-type: none"> Avaliar a performance dos profissionais treinados. |
| Execução | <ul style="list-style-type: none"> Efetuar novo treinamento – caso seja identificado a necessidade. |
| Análise Crítica | <ul style="list-style-type: none"> Análise crítica do primeiro ciclo do treinamento e desenvolvimento. Ações corretivas decorrentes das análises. |

mento e desenvolvimento dos profissionais com base nas necessidades identificadas.

Para o desenvolvimento deste projeto, deve ser formado um comitê, conforme figura 2, com representantes do governo, das empresas, profissionais autônomos e contar com a orientação pedagógica de profissionais ligados à educação, com foco na melhor forma de transmitir o conteúdo programático.

Uma etapa importante para o sucesso do projeto está no planejamento detalhado das etapas a serem cumpridas, conforme a tabela 1.

No desenvolvimento do projeto, deve ser contemplada a norma da ABNT NBR 15575:2008, que define condutas na execução de projetos da engenharia civil para o melhor desempenho de edifícios de até cinco pavimentos.

A norma está dividida em seis partes, conforme apresentada na tabela 2, e está em vigor desde o dia 12 de maio de 2010.

DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO

Os principais desafios e barreiras que o setor irá enfrentar com esta nova demanda são:

1. Resistência por parte dos profissionais a cumprir padrão de trabalho;
2. Dificuldade na interpretação e tradução dos requisitos apresentados na norma para ação diária, sabendo-se que normas técnicas apontam “o que deve ser executado”; o “como” executar é determinado por cada organização;
3. Equilíbrio entre a performance do profissional que foi treinado e apri-

morou sua execução *versus* a remuneração oferecida pelo mercado para essas categorias;

4. Dificuldade no processo de mudança: sair da zona de conforto e enfrentar o desafio de aprimorar seu conhecimento;
5. Mobilizar os profissionais na busca do conhecimento.

Conforme pudemos observar, o processo de migração dos atuais padrões apresentados pelos profissionais da construção civil (público-alvo que deve ser treinado, apontado na Figura 1) para o conceito de qualidade na execução dos projetos demanda um esforço conjunto com várias frentes de trabalho.

O empresário deve treinar a mão de obra, que pode ser estimulada com políticas de incentivo ao adequar-se aos novos padrões de execução. Este estímulo pode ser despertado por melhores condições de trabalho no que diz respeito a salários e benefícios.

Ao governo cabe estabelecer políticas diferenciadas com relação a impostos, por exemplo, para incentivar o empresário a investir no treinamento de sua equipe, disponibilizando seus recursos financeiros e tecnológicos na disseminação dessa cultura.

Atendendo a todas as necessidades das partes interessadas, teremos a médio prazo construções com qualidade comprovada, profissionais qualificados e a possibilidade de tornar projetos residenciais referência no mercado no setor da construção civil. ■

Tabela 2 – ABNT NBR 15575:2008 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho

| Norma | Requisitos |
|-----------------------|---|
| ABNT NBR 15575-1:2008 | Parte 1: Requisitos gerais. |
| ABNT NBR 15575-2:2008 | Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. |
| ABNT NBR 15575-3:2008 | Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. |
| ABNT NBR 15575-4:2008 | Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. |
| ABNT NBR 15575-5:2008 | Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. |
| ABNT NBR 15575-6:2008 | Parte 6: Sistemas hidrossanitários. |

Pesquisa e desenvolvimento
patologias no concreto

Manifestações patológicas associadas à reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto

CAMILO MIZUMOTO - ENGENHEIRO CIVIL
FLÁVIO MOREIRA SALLES - ENGENHEIRO CIVIL
LABORATÓRIO CESP DE ENGENHARIA CIVIL - LCEC

SELMO CHAPIRA KUPERMAN - DIRETOR
DESEK LTDA

ANTÔNIO ANDERSON DA SILVA SEGANTINI - PROFESSOR
UNESP - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA/SP

JOSÉ RENATO JURKEVICZ DELBEN - PESQUISADOR
FÁBIO SIMÕES DE VICENTE - ESTUDANTE
UFMS - CAMPUS DE CAMPO GRANDE/MS

1. INTRODUÇÃO

A reação álcali-agregado (RAA) vem sendo um tema de freqüente discussão no meio técnico-científico, em função de sua complexidade e dos sintomas degenerativos causados no concreto.

O fenômeno da RAA ocorre devido à interação entre os íons alcalinos Na^+ e K^+ presentes nos constituintes do concreto e a sílica amorfa dos agregados, em presença de umidade. O produto formado da reação é um gel sílico-alcalino expansivo, cujas tensões geradas podem ocasionar processos de fissuração na massa do concreto e sua conseqüente degradação.

Os compostos químicos presentes nos componentes do concreto e a condição de umidade associada tornam o concreto suscetível

à ocorrência de várias manifestações patológicas, que, em alguns casos, podem ocorrer de maneira conjunta. Diversos estudos citam a ocorrência da RAA associada com reações com sulfatos, evidenciadas pela formação de gel sílico-alcalino e etringita secundária nos poros do concreto. Owsiak (2003) e Poole (2003) levantam a hipótese de que a ocorrência conjunta de produtos da RAA e de ataque de sulfatos seja indicativa de estágios avançados da reação álcali-sílica no concreto. Estudos realizados por Hasparyk (2005) sobre o gel da RAA de testemunhos de concretos também confirmam a freqüente formação de etringita secundária nos poros do concreto, observada em análises microestruturais.

O fato dessas manifestações envolverem efeitos de fissuração na estrutura do

concreto e a formação de produtos de reação visíveis a olho nu torna necessário o entendimento das relações entre si e as formas de ocorrência.

2. SINTOMATOLOGIA DAS REAÇÕES

A distinção das manifestações patológicas que ocorrem no concreto torna-se imprescindível para o entendimento da forma como se manifestam e os comportamentos comuns envolvidos.

É importante lembrar que processos de expansão e fissuração são comumente manifestados em reações como a RAA e em ataques por sulfatos, ao passo que a formação de produtos esbranquiçados na superfície do concreto e nos poros é pertinente aos processos de lixiviação e da RAA.

Um fator comum entre todas as manifestações é a presença de umidade para ocorrência das interações químicas no concreto.

De forma sucinta, apresenta-se na Figura 1 um diagrama de correlação dos sintomas das manifestações patológicas de carbonatação, lixiviação, reação álcali-agregado e ataque por sulfatos.

Dentro deste contexto, o presente trabalho aborda a análise das patologias existentes em testemunhos de concreto degradados e análises em um material extraído do concreto de testemunhos de sondagem de uma usina hidrelétrica afetada por RAA, através de inspeções visuais e de análises microestruturais.

Tabela I – Materiais estudados

| Litologia | Sigla | Localidade | Observações |
|-----------|-------|-----------------|-----------------------|
| Granito | ME | Jacarei-SP | Material exsudado |
| | TI | Paulo Afonso-BA | |
| Basalto | T2 | Guadalupe-PI | Testemunhos extraídos |
| Seixo | T3 | Petrolândia-PE | |

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Foi desenvolvido o programa de ensaios, com metodologias e procedimentos destacados a seguir:

- Inspeção visual das amostras de concreto e material exsudado;
- Análise química do material exsudado;
- Análise por microscópio estereoscópico dos produtos de reação dos concretos;
- Microanálise por microscópio eletrônico de varredura (MEV).

4. MATERIAIS

Foram estudadas amostras de concreto extraídas de estruturas com RAA, compostas

Figura 1 – Sintomatologia das manifestações patológicas



Figura 2 – Preparo das amostras para análise no MEV/EDS.
 (a) Preparo das amostras por fratura. (b) Porta amostras do equipamento



por agregados de diferentes litologias. Além disso, foi inserido na análise um material extraído de concreto de uma estrutura de barragem. Esses materiais seguem apresentados na Tabela 1.

5. METODOLOGIA

5.1 INSPEÇÃO VISUAL

A análise por inspeção visual dos testemunhos de concreto foi realizada na superfície lateral, topo e base, sendo, posteriormente, realizada a ruptura diametral para análise interna do concreto.

Esta análise teve o intuito de verificar a presença de fissuras e produtos de reação nos poros do concreto.

5.2 ANÁLISE POR MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO

Foram separados fragmentos de concreto dos testemunhos extraídos, com dimensões aproximadas de 2x2cm, sendo selecionados os que apresentaram poros preenchidos com material esbranquiçado. O material exsudado ME foi também preparado na dimensão estabelecida, para, assim, ser analisado no microscópio ótico estereoscópico.

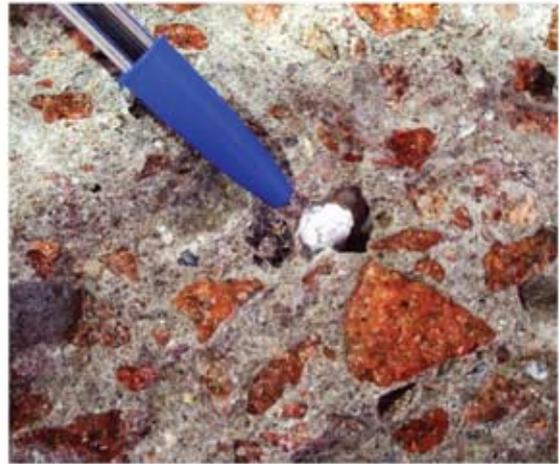
Figura 3 – Inspeções visuais a olho nu na amostra ME.
 a) Aspecto a olho nu b) Aspecto no microscópio estereoscópico



Figura 4 – Inspeções visuais a olho nu no testemunho T1
a) Presença de bordas de reação no agregado. b) Presença de poros preenchidos na amostra



(a)



(b)

A técnica de visualização por esse equipamento permitiu uma distinção tridimensional das amostras, de maneira a observar com nitidez as características pertinentes aos produtos de reação presentes nos poros e as características da pasta dos concretos.

5.3 ANÁLISES MICROESTRUTURAIS DAS AMOSTRAS

As análises microestruturais foram rea-

lizadas com o intuito de distinguir os produtos formados nos poros dos concretos, a partir da análise topográfica e semi-quantitativa, obtidas, respectivamente, no microscópio eletrônico de varredura (MEV) e pela espectroscopia por dispersão de energia de raios X (EDS).

As amostras analisadas, compostas por testemunhos de concreto e material exsudado, foram preparadas por meio de fratu-

Figura 5 – Inspeções visuais com microscópio estereoscópico no testemunho T1. a) Detalhe do poro preenchido. b) Observação de micropartículas nos poros do concreto



(a)



(b)

Figura 6 - Inspeções visuais a olho nu no testemunho T2.
 a) Presença de poros parcialmente preenchidos no concreto e
 b) Possível processo de formação do gel da RAA notado em muitos poros



(a)



(b)

ra com martelo (Figura 2a), apresentando dimensão máxima de 0,9x0,9cm. O uso de amostras do tipo fraturadas possibilitou a análise das reais características presentes no concreto deteriorado.

Na seqüência, as amostras foram colocadas no porta-amostra (Figura 2b), sendo recobertas com uma fina camada de ouro em sua superfície de fratura na metalizadora Denton Vacuum Desk III, seguindo para as análises microestruturais no MEV e EDS.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 INSPEÇÃO VISUAL E ANÁLISE MICROSCÓPICA DAS AMOSTRAS

As amostras analisadas foram inspecionadas visualmente e, em seguida, fragmentadas em partículas menores para observação em microscópio estereoscópico. Foram verificadas a presença de bordas de reação nos agregados, pertinentes a RAA, e a ocorrência

Figura 7 - Inspeções visuais a olho nu no testemunho T3.
 a) Detalhe do macroporo preenchido com material esbranquiçado.
 b) Presença de poros semi-preenchidos



(a)



(b)

Tabela 2 – Análise química de ME

| Especificação | NBR NM22 (ABNT, 2004) | | | Método Absorção Atômica - LCEC | | | | NM18 (ABNT, 2004) |
|---------------|--------------------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|----------------------|
| | SiO ₂ | CaO | Al ₂ O ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | MgO | PF |
| Resultado (%) | 0,64 | 54,40 | 0,42 | 0,05 | 0,09 | 0,02 | 0,02 | 43,92 |

de produtos esbranquiçados (gel) nos poros do concreto.

Nas Figuras 3 a 7 seguem apresentadas as considerações quanto às estruturas observadas nas amostras estudadas.

A partir das observações visuais realizadas na amostra ME, pode-se caracterizá-la como um material heterogêneo, com coloração esbranquiçada à acinzentada escura.

Por se tratar de um material retirado da superfície do concreto e exposto em ambiente úmido, pode-se, inicialmente, supor que a coloração escurecida esteja relacionada a um processo químico de fixação de CO₂.

A amostra T1 apresentou notável presença de material esbranquiçado formado em poros, totalmente e parcialmente preenchidos, além de bordas escuras na região do agregado (Figura 4a e 4b).

Na análise pelo microscópio estereoscópico, observaram-se, freqüentemente, nos poros preenchidos regiões densificadas na interface poro/argamassa (Figura 5a) com aspecto vítreo. Além disso, também foram

notados vários poros semi-preenchidos, um indicativo de formação do gel da RAA, sendo visualmente identificados como partículas milimétricas ou grumos (Figura 5b).

Na amostra T2, foi notada a freqüente presença de gel nos poros do concreto, estando parcialmente preenchidos, com características similares as observadas na amostra T1. Não foram observadas bordas de reação em interfaces agregado/pasta (figura 6a e 6b).

A inspeção visual do testemunho T3 apresentou freqüentes poros semi-preenchidos e raros poros totalmente preenchidos; além disso, notou-se a presença de bordas de reação e fissuras longitudinais nos agregados (figura 7a e 7b).

Na análise microscópica, foram detectados freqüentes poros sem preenchimento e alguns poros totalmente preenchidos, indicando a ocorrência de produtos de reação.

6.2 ANÁLISE QUÍMICA DO MATERIAL EXSUDADO

A análise química do material ME foi realizada por métodos gravimétricos e de

Figura 8 – Micrografia da amostra ME - gel de carbonato de cálcio



Figura 9 – Micrografia dos produtos cristalizados nos poros da amostra T1

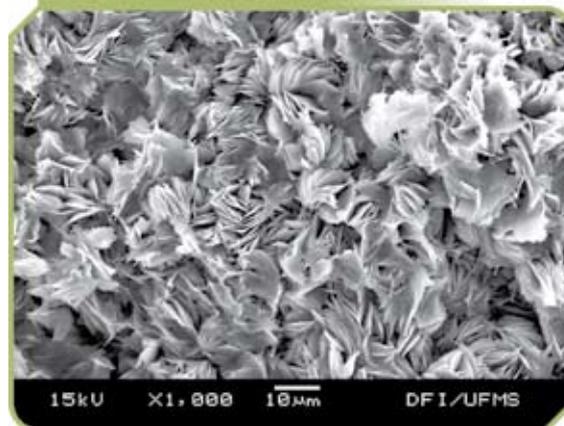


Figura 10 - Micrografia indicando a presença de acículas nos poros de T2

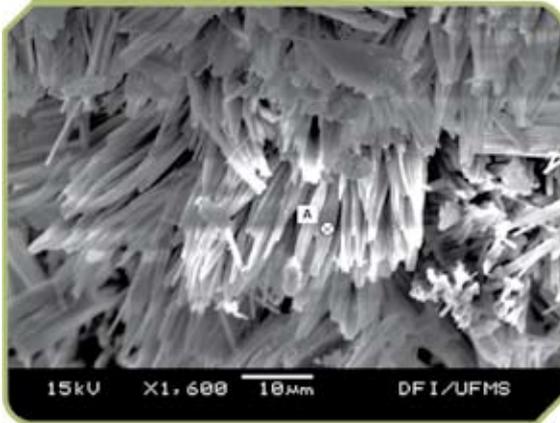


Figura 12 - Micrografia do xerogel presente nos poros de T3



absorção atômica. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

A análise química do material ME apresentou uma quantidade elevada de cálcio, indicando a possibilidade do mesmo se tratar de um carbonato de cálcio. O fato de a amostra apresentar uma elevada perda ao fogo (PF) confirma a eliminação de carbono pela elevação da temperatura (1000°C) pertinente ao ensaio.

6.3 ANÁLISES MICROESTRUTURAIS DAS AMOSTRAS

As análises microestruturais por MEV e EDS, realizadas nas amostras estudadas, indicaram a presença de estruturas cristalinas diversificadas nos poros dos concretos e no suposto material carbonático.

Na amostra ME, indicado como um possível carbonato de cálcio pelas análises físico-químicas, foi observada, nos ensaios microestruturais, a presença de estrutura cristalina composta basicamente por cálcio (Figura 8), confirmada na microanálise por EDS. A partir da correlação dessas análises, pôde-se confirmar que o material trata-se de uma eflorescência de carbonato de cálcio.

No testemunho T1, foi encontrado nos poros do concreto, estruturas do tipo rosetas (Figura 9), com composição sílico-cálcico-alcálico, característica do gel da RAA. Essas estruturas cristalinas observadas mostraram-se similares às identificadas nos estudos de Larrañaga (2004), com concretos afetados pela RAA.

Figura 11 - Microanálise do xerogel T2 (ponto A) - possível etringita

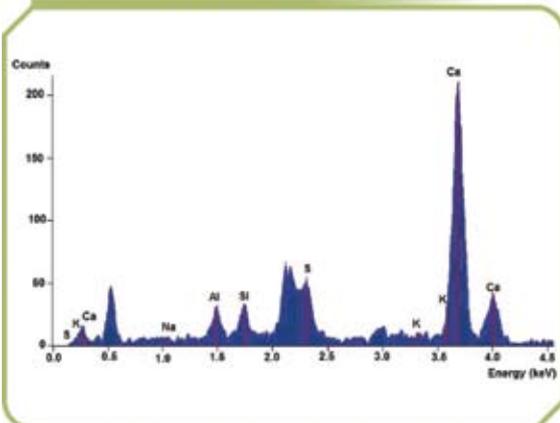
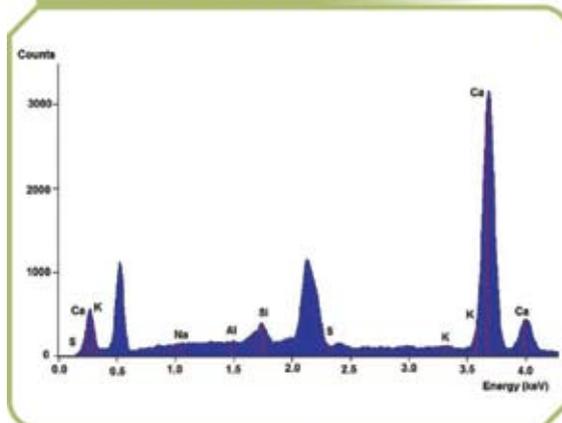


Figura 13 - Microanálise do óxido de cálcio (ponto A) presente no xerogel



Na amostra T2, que apresentava poros pouco preenchidos com grumos de xerogel, notou-se a predominância de estruturas aciculares, comumente associadas à etringita secundária (Figuras 10 e 11). A microanálise por EDS nessas estruturas indicou a presença de alumínio, sulfato e cálcio, além de sílica e potássio, mostrando também a possível presença de silicatos de cálcio alcalinos em sua composição. Tais estruturas também foram observadas em poros pouco preenchidos de T1 e T3, apresentando-se também presentes em meio a produtos da RAA.

A análise microestrutural realizada na amostra T3 identificou estruturas com geometria cúbica, característica de CaO, confirmada pelo EDS (Figura 12). Tais estruturas foram encontradas em meio a estruturas cristalinas constituídas por cálcio, potássio e sílica, sendo relacionadas ao gel sílico-cálcio-potássico da RAA.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função das considerações e estudos realizados, conclui-se que:

- Os concretos estudados apresentavam-se

degradados por fenômenos da reação álcali-agregado;

- A ocorrência de etringita secundária foi identificada em meio ao gel da RAA, indicando processos associados nos concretos;
- O material carbonático ME obtido da superfície do concreto de uma peça estrutural de usina hidrelétrica afetada pela RAA confirmou a existência de duas manifestações patológicas em uma mesma estrutura degradada: RAA e carbonatação;
- Por último, nem todo gel com aparência esbranquiçada deve ser considerado como gel da RAA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia Energética do Estado de São Paulo - CESP pela disponibilização dos resultados dos ensaios realizados no Laboratório CESP de Engenharia Civil - LCEC em Ilha Solteira-SP.

Agradecem, também, ao Laboratório de Física da Universidade do Mato Grosso do Sul - UFMS, campus de Campo Grande, pela disponibilidade e auxílio nas análises de microscopia eletrônica de varredura.

Referências Bibliográficas

- [01] HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel exsudado**. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [02] LARRAÑAGA, M. E. **Experimental study in microstructure and structural behavior of recycled aggregate concrete**. 2004. 242 f. Thesis (Doctoral) - Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2004.
- [03] MIZUMOTO, C. **Investigação da Reação Álcali-Agregado (RAA) em Testemunhos de Concreto e Agregados Constituintes**. 2009. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2009.
- [04] OWSIAK, Z. Microstructure of alkali-silica reaction products in conventional standard and accelerated testing. *Ceramics-Silikáty*, v. 41, p. 108-115, 2003.
- [05] POOLE, A.B. Introduction to alkali-aggregate reaction in concrete. In: SWAMY, R. M. (Ed.). **The Alkali-aggregate reaction in concrete**. New York: Taylor & Francis E-library, 2003. p. 1-29. ■

Responsabilidade dos engenheiros e arquitetos na segurança e saúde do trabalho

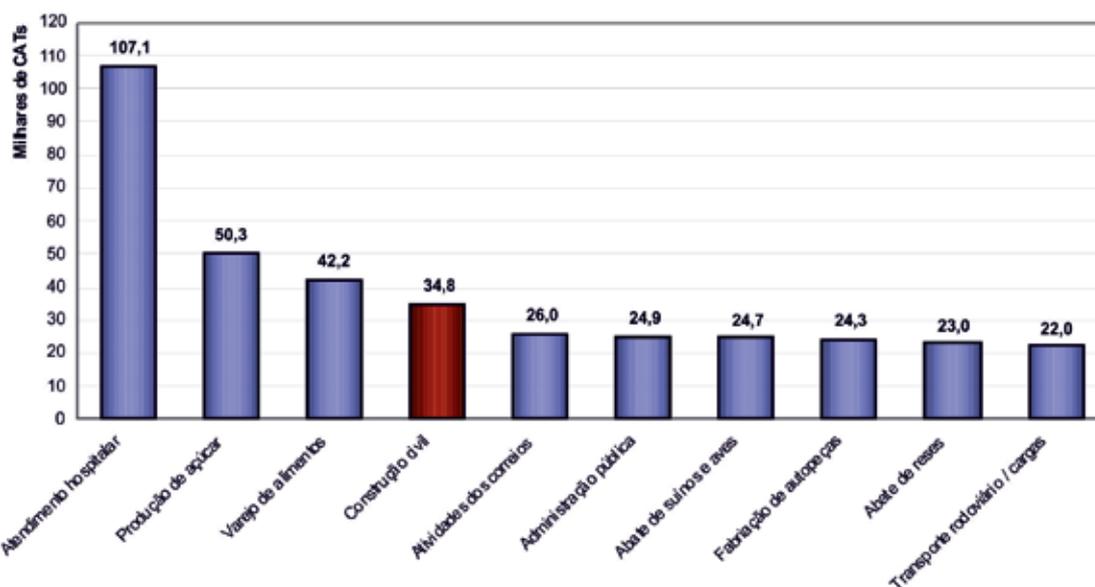
RONE ANTÔNIO DE AZEVEDO - ENGENHEIRO CIVIL
CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

Nos últimos anos, o setor da Construção Civil experimentou forte crescimento, com taxas de 8,0%, em 2008, e projeção de 8,8%, para 2010. Investimentos privados e ações do governo federal como o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) e o Programa de Aceleração do Crescimento

(PAC) estimularam a produção de edificações e diversas obras de infraestrutura. O cenário é de expansão nos próximos seis anos, considerando o orçamento de R\$ 20 bilhões em obras para realização da Copa do Mundo de Futebol, em 2014, e dos Jogos Olímpicos, em 2016.

Atualmente, a Construção Civil repre-

Figura I - Acidentes de Trabalho no Brasil com CAT registrada por Atividade Econômica (MTE/MPS, 2006-2008)



Quadro 1 – Grupo de atividades econômicas com maior número de acidentes de trabalho no Brasil com CAT registrada (MTE/MPS, 2006-2008)

| Nº | Atividade Econômica | 2006 | 2007 | 2008 | Total | Incidência (%) |
|--------------|---|-------|-------|-------|---------------|----------------|
| 1 | Atividades de atendimento hospitalar | 32641 | 36221 | 38214 | 107076 | 28,23% |
| 2 | Fabricação de açúcar em bruto | 14835 | 17531 | 17956 | 50322 | 13,27% |
| 3 | Comércio varejista de produtos alimentícios – hiper e supermercados | 13388 | 14067 | 14732 | 42187 | 11,12% |
| 4 | Construção de edifícios | 11016 | 10571 | 13192 | 34779 | 9,17% |
| 5 | Atividades de Correio | 8105 | 8596 | 9326 | 26027 | 6,86% |
| 6 | Administração pública em geral | 11879 | 11839 | 1189 | 24907 | 6,57% |
| 7 | Abate de suínos, aves e outros pequenos animais | 7467 | 7855 | 9401 | 24723 | 6,52% |
| 8 | Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores em geral | 8315 | 7285 | 8666 | 24266 | 6,40% |
| 9 | Abate de reses, exceto suínos | 7084 | 8238 | 7679 | 23001 | 6,06% |
| 10 | Transporte rodoviário de carga | 10388 | 10603 | 1043 | 22034 | 5,81% |
| Total | | | | | 379322 | 100,00% |

senta 5% do PIB do Brasil e emprega cerca de 7 milhões de trabalhadores, incluindo os empregos formais e informais. Porém, o aquecimento desse setor e a pressão excessiva dos prazos de entrega geraram problemas de escassez de mão de obra qualificada e aumento dos índices de acidentes de trabalho.

A Figura 1 mostra os principais setores com maior número de registro de CAT - Comunicação de Acidente de Trabalho -, conforme ocorrências registradas em 2008 pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e pelo Ministério da Previdência Social (MPS).

A Construção Civil ocupa o 4º lugar entre as dez atividades econômicas com maior número de acidentes com CATs registradas no período 2006 a 2008. O setor apresenta 34779 ocorrências nos três anos. Em média, o setor responde por 11593 acidentes por ano - ver Quadro 1.

Contudo, esse levantamento revela parte do problema, pois nem todos os acidentes são comunicados ao MTE/MPS, por receio do empregador ou por desconhecimento da obrigatoriedade das notificações. Estima-se cerca de 42700 acidentes de trabalho na Construção Civil no período 2006-2008, ou seja, índice 23% superior ao total das ocorrências com CATs registradas.

O Quadro 1 demonstra que o total de acidentes com CATs registradas em 2008 foi maior do que nos dois anos anteriores, acréscimo de 19,8% e 31,6%, respectivamente, em relação a 2006 e 2007. As ocorrências de acidentes na Construção Civil no Brasil são preocupantes diante do cenário de crescimento no período 2010-2016.

FUNDAMENTOS LEGAIS

O artigo 19 da Lei nº 8.213/91 - Benefícios da Previdência Social - caracteriza o acidente de trabalho como ocorrência pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho. Para efeito legal, a doença do trabalho ou profissional equipara-se ao acidente de trabalho.

É obrigatória a emissão da CAT por parte do empregador em até o 1º (primeiro) dia útil seguinte ao da ocorrência e, em caso de morte, de imediato, à autoridade competente - artigo 22 da Lei nº 8.213/91. No caso de doença do trabalho, considera-se como dia do acidente a data do início da incapacidade para exercício das atividades habituais,



A Lei nº 8.213/91 estabelece os benefícios para o trabalhador acidentado ou acometido por doença do trabalho: auxílio-doença, auxílio-acidente, aposentadoria por invalidez, pensão por morte e reabilitação profissional. O auxílio-doença consiste no pagamento do salário ao acidentado pela Previdência Social, após o 16º dia de afastamento do trabalho. O auxílio-acidente é a indenização concedida ao acidentado que sofreu lesões com sequelas e perda de capacidade produtiva, consistindo em renda mensal de 50% do salário do benefício, sem acúmulo com qualquer tipo de aposentadoria. A aposentadoria por invalidez decorre da incapacidade permanente ou impossibilidade de reabilitação para atividades laborais. Nos acidentes de trabalho com morte do trabalhador, seus dependentes receberão pensão da Previdência a partir da data do falecimento. A reabilitação profissional é o benefício concedido ao trabalhador incapacitado parcial ou totalmente para o trabalho executado, visando ao reingresso no mercado de trabalho.

segregação compulsória, ou o dia em que for o realizado o diagnóstico, valendo o que ocorrer primeiro.

Na falta de comunicação por parte da empresa, podem formalizá-la o próprio acidentado, seus dependentes, a entidade sindical competente, o médico que o assistiu ou qualquer autoridade pública, não sendo aplicado nestes casos o prazo previsto no artigo 22.

A CAT deve ser emitida nos casos de afastamento permanente ou temporário, ainda que por meio período. O descumprimento dessas orientações pode gerar multa para o empregador, variável até o limite máximo do salário contribuição, aumentada nas reincidências, sendo aplicada e cobrada pela Previdência Social.

A comunicação do acidente preserva todas as garantias estabelecidas pela legislação. A emissão da CAT assegura assistência acidentária ao trabalhador junto ao Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), além de permitir o controle estatístico e epidemiológico por parte dos órgãos federais. A Instrução Normativa do INSS nº 31/2008 dispõe que o acidente do trabalho será caracterizado tecnicamente pela perícia médica do órgão, mediante a identificação do nexa entre o trabalho e o agravo.

O artigo 118 da Lei nº 8.213/91 assegura ao trabalhador acidentado estabilidade no retorno para o emprego. A manutenção do contrato de trabalho na empresa obedecerá ao prazo mínimo de 1 (um) ano, após o auxílio-doença acidentário, independentemente da sua concessão.

RESPONSABILIDADE CIVIL PELO ACIDENTE DE TRABALHO

A Constituição Federal estabelece no art. 7º, inciso XXVIII, que é garantia do empregado “[...] seguro contra acidentes de trabalho, a cargo do empregador, sem excluir a indenização a que este está obrigado, quando incorrer em dolo ou culpa”. O fato de não haver afastamento ou se este for inferior aos 15 (quinze) dias, não desobriga a empresa do cumprimento da legislação trabalhista e de preservar a saúde do trabalhador.

De acordo com o artigo 19 da Lei nº 8.213/91, constituem obrigações da empresa:

§ 1º A empresa é responsável pela adoção e uso das medidas coletivas e individuais de proteção e segurança da saúde do trabalhador.

§ 2º Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e higiene do trabalho.

§ 3º É dever da empresa prestar informações pormenorizadas sobre os riscos da operação a executar e do produto a manipular. [...]

(BRASIL, Lei nº 8.213, 1991, art. 19, negrito nosso)

Nos casos de negligência das normas de segurança e higiene do trabalho para proteção individual e coletiva, a Previdência Social proporá ação regressiva contra os responsáveis, em cumprimento do artigo 120 da Lei nº 8.213/91. É importante destacar que a concessão de benefícios pela Previdência Social não exclui a empresa ou pessoa física de responsabilidade civil no acidente de trabalho - artigo 121 da referida lei.

O Código Civil Brasileiro dispõe sobre a responsabilização de atos ilícitos:

Art. 186. Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.

Art. 187. Também comete ato ilícito o titular de um direito que, ao exercê-lo, excede manifestamente os limites impostos pelo seu fim econômico ou social, pela boa-fé ou pelos bons costumes. [...]

Art. 927. Aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo.

(BRASIL, Lei nº 10.406, 2002, negrito nosso)

Nos termos legais, para avaliação da responsabilidade de indenizar por parte do empregador é necessário avaliar o nexo de ca-

sualidade e extensão do dano sofrido. A ocorrência do acidente ou doença do trabalho depende da exposição ocupacional aos agentes biológicos, físicos e químicos e natureza das atividades laborais. Esses agentes possuem limites de tolerância, dependendo do ambiente, processo de trabalho, tempo de exposição, intensidade e concentração. Caracterizada a exposição, pode-se comprovar ou não o nexo de casualidade entre o acidente ou doença e a exposição. A determinação do dano demanda perícia técnica realizada por profissionais habilitados, avaliando-se as condições do ambiente de trabalho e sua relação com os agentes agressivos.

A obrigação de reparar decorre de dolo ou culpa do empregador pelo acidente ou doença do trabalho. O dolo é todo ato praticado com o intuito de causar dano. A culpa é caracterizada por inobservância das normas de segurança e saúde do trabalhador, regulamentadas na Portaria nº 3.214/78 do MTE. Conforme o artigo 944 do Código Civil, a indenização é mensurada pela extensão do dano.

A responsabilidade trabalhista resulta das relações contratuais ou legais assumidas com empregados utilizados na obra ou serviço. Nessa responsabilidade, incluem-se: os salários e adicionais; os demais di-





reitos do trabalhador (férias, aviso prévio, indenizações, entre outros); encargos acidentários e previdenciários.

Perante a legislação trabalhista, tanto o engenheiro e o arquiteto quanto a firma de Engenharia e de Arquitetura que mantém empregados para o exercício da profissão ou para a execução da obra particular ou pública são caracterizados como empresa. Respondem, portanto, com todos os encargos decorrentes dessa situação legal.

O proprietário da obra também é solidário ao construtor nos encargos salariais, acidentários e previdenciários, conforme o art. 30, incisos VI, VII e VIII da Lei nº 8.212/91:

Art. 30. A arrecadação e o recolhimento das contribuições ou de outras importâncias devidas à Seguridade Social obedecem às seguintes normas: (Redação dada pela Lei nº 8.620, de 5.1.93) [...]

VI - o proprietário, o incorporador definido na Lei nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964, o dono da obra ou condômino da unidade imobiliária, qualquer que seja a forma de contratação da construção, reforma ou acréscimo, são solidários com o construtor, e estes com a subempreiteira, pelo cumprimento das obrigações para com a Seguridade Social, ressalvado o seu direito regressivo contra o executor ou contratante da

obra e admitida a retenção de importância a este devida para garantia do cumprimento dessas obrigações, não se aplicando, em qualquer hipótese, o benefício de ordem; (Redação dada pela Lei 9.528, de 10.12.97)

VII - exclui-se da responsabilidade solidária perante a Seguridade Social o adquirente de prédio ou unidade imobiliária que realizar a operação com empresa de comercialização ou incorporador de imóveis, ficando estes solidariamente responsáveis com o construtor;

VIII - nenhuma contribuição à Seguridade Social é devida se a construção residencial unifamiliar, destinada ao uso próprio, de tipo econômico, for executada sem mão-de-obra assalariada, observadas as exigências do regulamento; [...] (BRASIL, Lei nº 8.212, 1991, negrito nosso)

A Lei nº 8.212/91 obriga a apresentação de matrícula no INSS para requerer o alvará de construção - aprovação do projeto - e da certidão negativa de débito para averbar a construção no Registro de Imóveis, ou o registro de venda da primeira unidade construída no local.

O art. 33 da referida lei estabelece a competência do INSS e da Secretaria da Receita Federal (SRF) arrecadar, fiscalizar, lançar e normatizar o recolhimento das contribuições sociais, cabendo a ambos os órgãos, na esfera de sua atuação, promover a respectiva cobrança e aplicar as sanções previstas legalmente. Conforme o inciso art. 33, parágrafo 4º, a regularização da obra sem registro no INSS será efetuada com base proporcional “[...] à área construída e ao padrão de execução da obra, cabendo ao proprietário, dono da obra, condômino da unidade imobiliária ou empresa co-responsável o ônus da prova em contrário”.

Meirelles (2005, p. 329) destaca que a Administração Pública coloca-se na posição de empresa construtora quando executa suas obras diretamente através de seus órgãos, com seu pessoal, arcando com todos os encargos e responsabilidades que caberiam ao construtor particu-

lar. Quando contrata a construção com empresa habilitada, configura-se na condição de dono da obra e responde pelas obrigações inerentes.

A responsabilidade acidentária implica em assegurar ao acidentado fonte alternativa de renda, sendo configurada como responsabilidade objetiva. Esta área constitui o campo de atuação da especialidade Segurança do Trabalho. A responsabilidade trabalhista sempre envolve a análise de contratos em cada setor produtivo.

CULTURA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Engenheiros e arquitetos com responsabilidade pelo projeto, execução e fiscalização de obras devem observar as condições de saúde e segurança dos trabalhadores. Para esse fim, o MTE regulamentou, em 1983, as condições de trabalho através da Norma Regulamentadora NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.

Na versão atual da NR-18, aprovada em 1995, destacam-se os seguintes aspectos para verificação e aplicação em canteiros de obras:

- Introdução do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção), visando formalizar as medidas de segurança que devem ser implantadas no canteiro de obras;
- Criação dos CPN e dos CPR (Comitês Permanentes Nacional e Regionais, respectivamente), com o intuito de avaliar e alterar a norma; a composição desses comitês é feita através de grupos tripartite e paritários;
- Estabelecimento de parâmetros mínimos para as áreas de vivência (refeitórios, vestiários, alojamentos, instalações sanitárias, cozinhas, lavanderias e áreas de lazer), assegurando condições mínimas de higiene e segurança nesses locais;
- Exigência de treinamento em segurança, admissional e periódico;
- Orientações para elevadores de carga e de passageiros, abrangendo a torre,

plataformas e o posto do guincheiro; desde 1999, é obrigatória a instalação de elevador de passageiros em obras com doze ou mais pavimentos, ou obras com oito ou mais pavimentos cujo canteiro possua pelo menos trinta trabalhadores;

- Proteções contra quedas de altura, com especial atenção para o perímetro dos pavimentos, aberturas no piso, poço do elevador, corrimãos das escadas permanentes, plataforma ou bandejas de proteção, escadas de mão e passarelas;
- Cuidados no manuseio da serra circular e central de carpintaria.

Em 1996, na Inglaterra, foi aprovada a norma OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Assessment Series - Série de Avaliação de Saúde e Segurança Ocupacional*) por vários organismos internacionais certificadores e entidades de normalização. Essa norma estabelece o processo de gestão da Saúde e Segurança Ocupacional, que visa a reduzir ou eliminar completamente os riscos para funcionários e outras partes interessadas, pertencentes à organização ou que operem nas suas instalações, com possibilidade de exposição a determinados riscos na realização das atividades laborais.

Seiffert (2008) relata outras vantagens da implementação da OHSAS 18001, tais como: maior motivação dos funcionários; maior produtividade relacionada à baixa taxa de absenteísmo; redução dos valores dos seguros patrimoniais; melhoria da imagem e do relacionamento da empresa com clientes, sindicatos e órgãos públicos de fiscalização trabalhista.

A cultura de Saúde e Segurança Ocupacional pelas organizações é consolidada através do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), regulamentados pelo MTE.

Todos os profissionais da Construção Civil devem observar a legislação trabalhista e as normas de segurança do trabalho, contribuindo para aperfeiçoar os

diferentes sistemas produtivos. Na condição de responsáveis, devem estimular medidas preventivas eficazes para maior dignidade do trabalho, preservando a saúde e a vida dos trabalhadores.

Considerando a grande importância

sócio-econômica do setor da Construção Civil, é preciso reduzir os acidentes de trabalho, através da conscientização dos empresários, engenheiros, arquitetos e demais profissionais, somando esforços com sindicatos e órgãos do governo.

Referências Bibliográficas

- [01] BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: 1988.
- [02] BRASIL. Lei nº 8.212, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre a organização da Seguridade Social, institui Plano de Custeio, e dá outras providências. Brasília: 1991.
- [03] BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Brasília: 1991.
- [04] BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Brasília: 2002.
- [05] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego / Ministério da Previdência Social. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT). Brasília: MTE / MPS, 2008.
- [06] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: MTE, 1995.
- [07] MEIRELLES, Hely Lopes. Direito de Construir. 9. ed. Atualizada por Eurico de Andrade Azevedo, Adilson Abreu Dallari e Daniela Libório di Sarno. São Paulo: Malheiros, 2005. 480 p.
- [08] SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. Sistemas de Gestão Ambiental (ISSO 14001) e Saúde e Segurança Ocupacional (OHSAS 18001). São Paulo: Atlas, 2008. ■

52º Congresso Brasileiro do Concreto – Eventos Paralelos

13 a 17 de outubro de 2010

Centro de Convenções Edson Queiroz – Fortaleza – CE



CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS

Palestrantes internacionais apresentam suas pesquisas acadêmicas e tecnológicas em projeto, execução, controle de qualidade, gestão de sistemas e manutenção de obras.

PALESTRANTES CONFIRMADOS

- **Roberto Stark (Universidade do México, México):** "Comparação do Projeto de Estruturas de um Edifício de Fortaleza, considerando as Ações Dinâmicas, com o Projeto Original"
- **Benoit Fournier (Canada Center for Mineral and Energy Technology - CANMET, Canadá):** "O Estágio Atual do Conhecimento sobre a Reação Álcali-Agregado – RAA"
- **Ernie Schrader (Schrader Consulting, Estados Unidos):** "Panama canal project and the use of RCC: Challenges and durability issues"
- **Jacky Mazars (Instituto Politécnico de Grenoble, França):** "Damage Tools to Model Severe Loading Effects on Reinforced Concrete Structures"

- **Hani Nassif (Universidade de Nova Jersey, Estados Unidos):** "Comparison of cracking potential in high-performance concrete (HPC) and self-consolidating concrete (SCC) mixes under restrained shrinkage conditions"

SEMINÁRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Especialistas em projetos de construção de barragens debatem as normas técnicas e legais em vigor e as que estão em discussão na comunidade técnica, no sentido de constituir um marco regulatório adequado para a manutenção preventiva e corretiva de barragens, que assegure as condições adequadas de segurança dessas construções.

SEMINÁRIO "A REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO – CAUSAS, DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES"

Especialistas em patologias em obras de concreto discutem as causas e conseqüências dessas reações deletérias em estruturas de concreto, assim como expõem os métodos mais avançados para o seu monitoramento e identificação e as técnicas de recuperação das estruturas afetadas

SEMINÁRIO "CONCRETO SOB AÇÕES DINÂMICAS"

Painel de especialistas vai abordar o impacto de terremotos sobre as estruturas de concreto, tais como: pontes, edifícios e barragens; como também vai expor técnicas de construção mais seguras e que demandam menos manutenção, capazes de resistir à ação de terremotos

SEMINÁRIO COPEL DE SUSTENTABILIDADE

Repetindo o sucesso do ano passado, a segunda edição do Seminário prosseguirá os debates com os especialistas acerca dos passos que estão sendo dados e que precisam ainda ser tomados na indústria da construção civil, com vistas a assegurar a sustentabilidade do setor construtivo.

INSCRIÇÕES ABERTAS

Acesse: www.ibracon.org.br



Uma análise crítica sobre a vida útil e a durabilidade na NBR 6118/2003

MARISTELA GOMES DA SILVA - PROFESSORA ASSOCIADA
CENTRO TECNOLÓGICO DA UFES

VANESSA GOMES - PROFESSORA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL DA UNICAMP

JUSSARA TANESI - GERENTE DE PROJETOS
FHWA/GLOBAL CONSULTING

INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma avaliação das prescrições da NBR 6118 (2003), no que tange à durabilidade e à vida útil. A importância do papel dos diferentes materiais cimentícios, não considerada na NBR 6118 (2003), é também discutida.

Um modelo (Life 365) de previsão de vida útil por despassivação por cloretos é discutido. Por meio dele, com a aplicação critérios da NBR 6118 (2003), a vida útil potencial de misturas binárias e ternárias é determinada para várias condições de exposição. Compara-se a vida útil estimada quando os critérios da NBR 6118 (2003) são utilizados com a vida útil estimada quando os critérios do ACI 318 (2008) são aplicados.

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A NBR 6118 (2003)

A NBR 6118 (2003) traz classes de agres-

sividade, da mesma forma que outras normas e especificações internacionais, tais como EN 206-1 (2000) e ACI 318 (2008). De acordo com essas classes, a norma brasileira faz recomendações de relação a/c máxima, resistência à compressão mínima e cobrimento nominal mínimo (Quadro 1 e Quadro 2).

Ao analisarem-se as suas classes de agressividade, a primeira questão que se levanta é que elas são relativamente subjetivas.

Além disso, a qualidade do concreto é entendida como diretamente relacionada à relação água/cimento e à resistência à compressão. A norma brasileira não leva em conta o tipo de cimento utilizado, a presença de adições, a vida útil especificada, a qualidade da cura, entre outros aspectos. Apesar da comprovada importância da relação a/c no que concerne à durabilidade, ela não é o único fator que governa os vários mecanismos de deterioração do concreto.

Quadro 1 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto da NBR 6118/2003 (ABNT, 2003b)

| Concreto | Tipo | Classe de agressividade | | | |
|-----------------------------|------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento | CA | ≤ 0,65 | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,45 |
| | CP | ≤ 0,60 | ≤ 0,55 | ≤ 0,50 | ≤ 0,45 |
| Classe de concreto NBR 8953 | CA | ≥ C20 | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C40 |
| | CP | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C35 | ≥ C40 |

Também se pode observar que as relações a/c máximas permitidas são relativamente altas, principalmente para o caso da classe de agressividade III. Neste caso, apesar de ser uma classe de forte agressividade, a relação a/c de 0,55 é permitida.

Com relação à despassivação por cloretos, um fator interveniente, de extrema importância na difusão de cloretos, é o tipo de material cimentício. É sabido que o uso de adições minerais aumenta a vida útil das estruturas sujeitas a diversos mecanismos de deterioração, incluindo a despassivação por cloretos.

A resistência à penetração de cloretos aumenta com o aumento do teor de adição mineral, pois promove o refinamento dos poros e dificulta a intercomunicação entre os poros (ISAIA, 1999).

Finalmente, outro aspecto a ser observado é que, como a NBR 6118 (2003) não especifica uma vida útil mínima, não garante a durabilidade para uma determinada vida útil.

Assim, resolveu-se utilizar a modelagem matemática para prever a vida útil de

duas estruturas, sujeitas à despassivação por cloretos, que atendem aos critérios da NBR 6118 (2003). A vida útil das estruturas também foi prevista quando os critérios do ACI 318 (2008) são aplicados. Como vida útil foi considerado o tempo para iniciação da despassivação por cloretos. Outros mecanismos de deterioração não foram considerados nesta análise.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA

2.1 LIFE-365

O Life-365 é um software gratuito criado por um consórcio estabelecido pelo ACI, com a participação da indústria, para o desenvolvimento de um modelo de custo de ciclo de vida com base na segunda lei de Fick. A segunda lei de Fick consiste numa equação de equilíbrio de massa que prevê como a difusão provoca a mudança no campo de concentração ao longo do tempo. Ela descreve a taxa de acumulação da concentração em um determinado volume

Quadro 2 – Correspondência entre nível de agressividade e cobrimento nominal¹ da NBR 6118/2003 (ABNT, 2003b)

| Cnom (mm) | Componente ou elemento | Classe de agressividade | | | |
|---------------------|------------------------|-------------------------|----|-----|----|
| | | I | II | III | IV |
| Concreto armado | laje | 20 | 25 | 35 | 45 |
| | viga/pilar | 25 | 30 | 40 | 50 |
| Concreto protendido | todos | 30 | 35 | 45 | 55 |

como proporcional a curvatura local do gradiente de concentração. Ele considera que o coeficiente aparente de difusão de cloretos é variável com a idade do concreto, ou seja, com a hidratação do material cimentício. Além disso, este programa considera o concreto saturado e sem fissuras. O Life 365 é muito popular nos EUA e vastamente utilizado.

Os dados de entrada compreendem: localização geográfica, o ambiente de exposição (zona de respingo de maré, urbana, entre outros), o tipo de estrutura, geometria da peça, espessura do revestimento, composição do concreto, estratégias de proteção da armadura, custo dos materiais.

Conforme pode ser observado na Equação 1, o coeficiente de difusão de cloretos é um parâmetro de entrada importante. O Life 365 permite a entrada das proporções da mistura e, a partir daí, prevê o coeficiente de difusão aparente e a vida útil da estrutura. No entanto, se o usuário tiver medido o coeficiente de difusão experimentalmente, este pode ser usado.

O programa permite o uso de relações a/mc (água/materiais cimentícios) menores do que 0,60, teor de escória de alto-forno máximo de 70%, teor de cinza volante máximo de 50% e volume máximo de sílica ativa de 15%. O modelo considera que até os 28 dias de idade, a escória de alto-forno e a cinza volante não contribuem para a diminuição do coeficiente de difusão. Sua contribuição é levada em conta a partir dos 28 dias de idade.

$$D(t) = D_{ref} \cdot \left(\frac{t_{ref}}{t} \right)^m \quad (1)$$

Sendo:

$D(t)$ = coeficiente de difusão a uma determinada idade;

D_{ref} = coeficiente de difusão a uma idade de referência (28 dias);

m = Índice de declínio do coeficiente de difusão. Constante que depende da mistura (Equação 2).

$$m = 0,2 + 0,4 \cdot (V_{cv}/50 + V_e/70) \quad (2)$$

Sendo, V_e o teor de escória de alto-forno em %.

V_{cv} o teor de cinza volante em %.

2.2 ESTUDO DE CASOS

Dois casos foram selecionados para investigar qual seria o tempo necessário para que a frente de despassivação por cloretos chegasse à armadura e iniciasse a corrosão. O caso 1 consiste em uma viga ou pilar de uma estrutura exposta a ambiente marinho, a uma distância de 800m do mar, correspondente à classe de agressividade III da NBR 6118 (2003). O revestimento mínimo e a relação a/mc utilizados foram os limites recomendados pela NBR 6118 (2003), ou seja, 30mm e 0,55, respectivamente.

O caso 2 consiste em uma viga ou pilar em ambiente urbano, correspondente à classe de agressividade II da NBR 6118 (2003). O revestimento mínimo e a relação a/mc utilizados foram os limites recomendados pela NBR 6118 (2003), ou seja, 20mm e 0,60, respectivamente.

Como o programa foi desenvolvido para os EUA, a temperatura ao longo do ano é dada para cada cidade do país. Como esses dados não estavam disponíveis para as condições brasileiras, escolheu-se como localidade para o caso 1 a cidade de Jacksonville (Flórida), a qual se trata de uma cidade litorânea, cuja temperatura média se aproxima daquelas de São Paulo (entre 12 e 28 °C) e para o caso 2 escolheu-se Atlanta, na Geórgia, cujas condições ambientais são similares ao Paraná (entre 5 e 26 °C).

Seis misturas foram consideradas (Tabela 1). Cabe salientar que se considerou como cimento Portland apenas a parcela de clínquer Portland e gipsita. Qualquer adição presente foi considerada como substituição ao cimento. As misturas com 35% de escória de alto-forno representam misturas com cimento Portland CPIII (limite inferior de adição permitido pela NBR 5735/1991) e as misturas com 70% representam misturas com cimento CP III (limite superior de adição permitido pela NBR 5735/1991).

2.2.1 ESTUDO DE CASO 1

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos pelo Life 365 para o caso 1. Em primeiro lugar, cabe salientar que, com exceção das misturas com sílica ativa, as demais misturas apresentaram coeficiente de difusão de cloretos aos 28 dias iguais. Cabe, porém, ressaltar que, com o aumento da idade, o coeficiente de difusão de cloretos das misturas sofre alterações, conforme Equação 1.

Tabela 1 – Misturas usadas nos estudos de casos

| Mistura | Escória de auto-forno (%) | Cinza volante (%) | Silica ativa (%) | a/mc | |
|---------|---------------------------|-------------------|------------------|--------|--------|
| | | | | Caso 1 | Caso 2 |
| M1 | 0 | 0 | 0 | 0,55 | 0,60 |
| M2 | 35 | 0 | 0 | 0,55 | 0,60 |
| M3 | 70 | 0 | 0 | 0,55 | 0,60 |
| M4 | 0 | 0 | 4 | 0,55 | 0,60 |
| M5 | 0 | 20 | 0 | 0,55 | 0,60 |
| M6 | 30 | 0 | 4 | 0,55 | 0,60 |

Portanto, ao aumentar o teor de escória de alto-forno e ao incluir cinza volante como adição mineral, o coeficiente de difusão de cloretos diminui consideravelmente em relação à mistura contendo apenas clínquer Portland e gipsita (Figura 1). A mistura cujo coeficiente de difusão de cloretos diminui mais com a idade, ou seja, aquela que tem o maior coeficiente *m*, é a mistura M3, com 70% de escória de alto-forno. A Figura 1 também mostra que no ano 4, a mistura sem adição M1 apresentou um coeficiente de difusão de, aproximadamente, $8 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, enquanto que a mistura M3 apresentou um coeficiente de difusão de, aproximadamente, $1,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, ou seja, cinco vezes inferior ao da M1.

Fica claro, então, que se deve levar em consideração o tipo de material cimentício utilizado, não apenas a relação a/mc, quando se objetiva garantir a durabilidade e a vida útil do concreto.

Também se pode observar na Tabela 2 que o tempo de iniciação de corrosão é muito baixo, em todos os casos. A maior vida útil foi atingida pela mistura M3 e não chegou sequer a 8 anos. Tal fato era esperado, visto que a relação a/mc é alta (0,55) e o cobrimento é relativamente baixo (30mm).

Apesar da NBR 6118 (2003) não especificar a vida útil mínima, a vida útil potencial apresentada na Tabela 2 não seria aceitável para a maioria das estruturas em concreto. Portanto, as recomendações da NBR 6118 (2003) não garantem o atendimento de uma vida útil mínima aceitável.

Realizou-se, então, um estudo comparativo com as recomendações do ACI 318 (2008). Assim, as mesmas misturas foram analisadas por meio do Life 365, adotando, porém, a relação água/material cimentício de 0,40 e o cobrimento de 50mm, em atendimento às recomendações do ACI 318 (2008).

A Tabela 3 apresenta a vida útil estimada quando se aplicam as recomendações do ACI 318 (2008). A vida útil de todas as misturas aumentou consideravelmente em comparação àquelas apresentadas na Tabela 2. Esta diferença chegou a mais de 5 vezes, no caso da mistura M3. O coeficiente de difusão aos 28 dias de idade foi a metade daqueles com a/mc de 0,55.

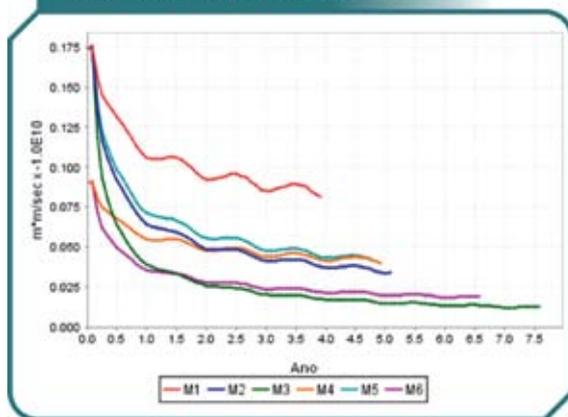
2.2.2 ESTUDO DE CASO 2

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos pelo Life 365 para o caso 2. A vida útil para todas as misturas neste caso foi muito su-

Tabela 2 – Tempo para a despassivação da armadura por cloretos - Caso 1 - classe III da NBR 6118 (2003)

| Mistura | Coefficiente de difusão aos 28 dias ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$) | <i>m</i> | Anos para iniciação da corrosão |
|---------|--|----------|---------------------------------|
| M1 | 18 | 0,2 | 4,0 |
| M2 | 18 | 0,4 | 5,2 |
| M3 | 18 | 0,6 | 7,7 |
| M4 | 9 | 0,2 | 5,0 |
| M5 | 18 | 0,36 | 4,8 |
| M6 | 9 | 0,37 | 6,7 |

Figura 1 – Coeficiente de difusão em função da idade do concreto para o caso 1



perior ao caso 1, apesar de nenhuma mistura ter alcançado a vida útil de 50 anos.

Nota-se que as recomendações da NBR 6118 (2003) para a classe de agressividade II são mais apropriadas do que aquelas para a classe de agressividade III, mas não são necessariamente suficientes, dependendo da vida útil desejada.

3. RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS REVISÕES DA NBR 6118

Conforme discutido anteriormente, os limites de relação a/mc , resistência à compressão e cobrimento mínimo não garantem que estruturas duráveis sejam construídas. Uma tendência mundial para que se aumente a durabilidade e se garanta o desempenho das misturas é a inclusão de requisitos de desempenho nas especificações (TANESI et al., 2008).

Um dos requisitos mais comumente definido em especificações por desempenho é a carga passante (ASTM C 1202/2005). O ensaio ASTM C 1202/2005 (ou AASHTO T 277/1996), “Standard Test Method for Elec-

trical Indication of Concrete’s Ability to Resist Chloride Ion Penetration”, que usa a condutância elétrica do concreto como um substituto para a difusividade.

Bleszynski et al. (2002) demonstraram que o ensaio ASTM C 1202 (2005) é capaz de captar os benefícios das adições minerais, podendo ser utilizado como um indicador da maior susceptibilidade das misturas à penetração de cloretos.

A ASTM C 1202 (2005) apresenta uma classificação quanto ao risco de penetração de cloretos. No entanto, o intervalo de carga passante que essa norma estipula é muito grande, podendo colocar concretos bem diferentes no mesmo nível de risco de penetração de cloretos. Essa classificação, portanto, não é suficientemente sensível às diferenças microestruturais que podem ocorrer, nem sequer é adequada para garantir a durabilidade das estruturas, especialmente por não considerar as condições de exposição da estrutura.

As especificações por desempenho disponíveis, que são, na verdade, especificações híbridas, normalmente não utilizam essa classificação, mas estipulam um valor máximo de carga passante a uma determinada idade. Um valor de 1500 Coulombs tem se mostrado adequado para a maioria dos casos com condições de exposição semelhantes a classes de exposição III e IV da NBR 6118 (2003).

Um passo mais adiante seria a especificação do coeficiente de difusão de cloretos que poderia ser utilizado na modelagem matemática para a previsão da vida útil dos concretos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisou-se a NBR 6118 (2003) no que concerne à durabilidade e à vida útil. A NBR

Tabela 3 – Tempo para a despassivação da armadura por cloretos – Caso I – classe C2 do ACI 318 (2008)

| Mistura | Coeficiente de difusão aos 28 dias ($\times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) | m | Anos para iniciação da corrosão |
|---------|--|------|---------------------------------|
| M1 | 7,94 | 0,2 | 9,5 |
| M2 | 7,94 | 0,4 | 17,0 |
| M3 | 7,94 | 0,6 | 42,7 |
| M4 | 4,11 | 0,2 | 14,1 |
| M5 | 7,94 | 0,36 | 14,8 |
| M6 | 4,11 | 0,37 | 25,9 |

Tabela 4 – Tempo para a despassivação da armadura por cloretos – Caso 2 – classe II da NBR 6118 (2003)

| Mistura | Coefficiente de difusão aos 28 dias ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$) | m | Anos para iniciação da corrosão |
|---------|--|------|---------------------------------|
| M1 | 23,98 | 0,2 | 37,3 |
| M2 | 23,98 | 0,4 | 40,3 |
| M3 | 23,98 | 0,6 | 46,8 |
| M4 | 12,39 | 0,2 | 38,8 |
| M5 | 23,98 | 0,36 | 39,5 |
| M6 | 12,39 | 0,37 | 42,6 |

6118 (2003) está alinhada com a tendência internacional da especificação de classes de agressividade ou de exposição. No entanto, elas são relativamente subjetivas.

Além disso, a norma brasileira visa garantir a durabilidade por meio da especificação da relação a/mc máxima, da resistência à compressão mínima e do cobrimento mínimo, sem levar em consideração o tipo de material cimentício utilizado. Essa norma também visa garantir a durabilidade das estruturas de concreto, porém não especifica a vida útil mínima.

Dois estudos de casos foram utilizados para demonstrar, por meio de modelagem matemática, que os critérios apresentados pela NBR 6118 (2003) não garantem que a durabilidade da estrutura seja necessariamente atingida e não diferenciam misturas cujos desempenhos podem ser bem

diferentes. As recomendações da NBR 6118 (2003) mostraram-se inadequadas para que uma vida útil mínima aceitável seja atingida. Além disso, demonstrou-se que os critérios do ACI 318 (2008) resultam em vida útil mais elevada.

Faz-se necessária a transição na direção de especificações por desempenho. Sugere-se que um estágio intermediário seja implementado com a adoção de especificações híbridas, com a diminuição da relação a/mc máxima, aumento do cobrimento, além da inclusão de outros requisitos ou atributos de desempenho, como, por exemplo, a carga passante. Esta pode ser uma maneira eficaz e relativamente simples de aumentar a vida útil das estruturas, antes que a indústria brasileira esteja preparada para a implementação de especificações por desempenho.

Referências Bibliográficas

- [01] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). ACI 318-08: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, Michigan, EUA, 2008.
- [02] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 1202: Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration, Pennsylvania, 2005.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2003.
- [04] BLESZYNSKI, R.; HOOTON, R.; THOMAS, M.; ROGERS, C. Durability of ternary blend concrete with silica fume and blast-furnace slag: laboratory and outdoor exposure site studies. *ACI Materials Journal*, v.99, N.5, p.499-508, 2002.
- [05] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 8500-1: Concrete. Complementary British standard to BS EN 206-1. Part 1. Method of specifying and guidance for the specifier, London, 2006.
- [06] ISAIA, G. C.. A durabilidade do concreto de alto desempenho e o meio ambiente: um estudo sócio-econômico. In: 41º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Salvador, 1999.
- [07] TANESI, J.; CAMARINI, G; SILVA, M. G. Especificações por desempenho aplicadas ao concreto. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Salvador, 2008. ■

acontece nas regionais

Professor Paulo Helene é homenageado em evento organizado por seus colegas da Escola Politécnica

Uma cerimônia carregada de emoção e marcada pelo espírito de confraternização, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) homenageou seu professor titular Paulo Helene, no momento de sua despedida do cargo, por suas inúmeras contribuições à Escola e à área de conhecimento na qual se especializou: a tecnologia do concreto.

“O professor Paulo Helene é um ícone da Escola Politécnica. Sua contribuição na reorientação da estrutura curricular, quando foi gerente de ensino na Poli, tem impactos até os dias de hoje. Sem dúvida, esse reconhecimento não é demonstrado apenas com palavras, mas com a presença de pessoas tão qualificadas neste evento”, abriu as homenagens o professor José Roberto Cardoso, diretor da EPUSP.

A solenidade aconteceu no dia 5 de abril, no Hotel Unique. “Tratando-se de um pesquisador que devotou sua vida à tecnologia do concreto, a homenagem

Detalhe da fachada do Hotel Unique, local onde aconteceu a homenagem



Créditos: Oficina da Obra

só poderia acontecer num edifício-ícone da arquitetura do concreto, reconhecido mundialmente. Razão pela qual foi esco-



Professor José Roberto Cardoso discursa na cerimônia em homenagem ao professor Paulo Helene

cia do professor Paulo Helene no preparo do concreto, para que fosse homogêneo em sua coloração (concreto pigmentado) e texturizado em sua aparência (concreto aparente).

A homenagem final coube ao colega e professor Vahan Agopyan, Pró-Reitor de Pós-Graduação da USP. Ele contou alguns causos sobre a história de vida que compartilhou com o professor Paulo Helene, para elucidar traços de sua personalidade:

“Em 1975, numa manhã de sábado, num curso de pós-graduação, o Paulo pediu ao professor, Oscar Costa, da disciplina sobre canteiro de obras, para apresentar seu seminário final em primeiro lugar, por causa de um compromisso inadiável”. ‘Mas que compromisso é esse?’, retrucou o professor. ‘É que vou me casar daqui a pouco, hoje à tarde!’, respondeu o Paulo. O caso ilustra um traço de sua personalidade: sempre que ele faz algo, faz com seriedade, bem feito e com cuidado”, concluiu Agopyan.

“Quando o professor Fusco, presente nesta cerimônia, foi convidado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para proferir palestra sobre novas metodologias de controle de qualidade do concreto, um de nós estudou o assunto antes da palestra e foi o único a ousar fazer perguntas. Esse colega foi o Paulo Helene, que, além de sua seriedade, tinha estudado o tema previamente, fazendo as coisas com dedicação”.

“De volta do exterior, onde tomou conhecimento da moderna abordagem da construção civil, focada na sua qualidade, o Paulo sentia que os profissionais brasileiros deveriam ter a oportunidade

Ruy Ohtake discursa aos presentes na homenagem sobre as contribuições do professor Paulo Helene no preparo do concreto do Hotel Unique



lhido o Unique”, justificou o coordenador da cerimônia, professor Vanderley John, sobre o local.

Para o arquiteto Ruy Ohtake, que concebeu o Hotel Unique, presente na cerimônia, “a homenagem é mais do que justa: o Paulo Helene consegue a proeza de transformar o concreto, material pesado, num material leve para a arquitetura, explorando, com o concreto aparente, sua exuberância em termos de beleza, textura e cor”. Abordando as características arquitetônicas e de engenharia do Hotel Unique, Ohtake reconheceu a criatividade do engenheiro Mário Franco (“que bolou a estrutura”), também presente na homenagem, e o esmero e audá-

de tomar conhecimentos dessa nova abordagem. Empenhou-se, então, de corpo e alma, com sacrifício pessoal enorme, para que a Fundação Tecnológica para o Desenvolvimento da Engenharia (FTDE) organizasse um curso sobre a qualidade na construção com professores espanhóis. Esse é o Paulo, sempre quer compartilhar o conhecimento, quer passar seu conhecimento para a sociedade”.

“A antiga divisão de habitação do IPT contratou o Paulo Helene, em tempo parcial, para gerir uma equipe multidisciplinar vinculada a um projeto de conjunto habitacional em Santos. O trabalho foi formidavelmente realizado, porque o Paulo Helene é um dos melhores gestores de equipe que conheço”.

Nas palavras do próprio Vahan, como o evento cresceu de um grupo de amigos solidarizados em homenagear o colega para um jantar em sua homenagem, ele

Professor Paulo Helene profere palestra sobre o futuro do concreto na cerimônia



Audiência ouve os casos de história de vida contados pelo professor Vahan Agopyan

só pôde ser viabilizado com o patrocínio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), da Cauê, da Fundação Tecnológica para o Desenvolvimento da Engenharia (FTDE), da Holcim e da Votorantim Cimentos, e com o apoio da Associação Brasileira dos Escritórios de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), da ALCONPAT e do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON.

FUTURO DO CONCRETO

Com voz embargada, no momento de apresentação de sua palestra sobre o futuro do concreto, o professor Paulo Helene, agradeceu emocionado as homenagens recebidas, reconhecendo que apenas fez parte de projetos maravilhosos, liderados por profissionais, como o Ruy Ohtake e o Mário Franco; por empresas, como a Engemix e a Método, construtora do Unique; e por instituições, como a EPUSP, o IBRACON, a ABNT. “É gostoso e maravilhoso fazer parte desses projetos de obras e dessas instituições”. “Tenho muito orgulho de fazer parte da Escola Politécnica que tanto me deu”, retribuiu mirando o Diretor da Escola.



Helene dedicou também uma curta homenagem aos profissionais que marcaram sua vida profissional: Décio de Zagottis, por sua pontualidade e quadro negro invejável; Eládio Petrucci, excelente professor de concreto e materiais; Figueiredo Ferraz, que dispensa referências; Francisco Landi, seu orientador de mestrado, doutorado e de vida; Lauro Modesto (presente no evento), por sua grandeza de saber e afetividade; Oscar Costa, líder do departamento de engenharia civil da EPUSP em obras de grande porte; e Péricles Fusco, pelos seus ensinamentos sobre o controle tecnológico do concreto e postura científica inovadora. “Muito obrigado, meus queridos professores!”, agradeceu.

Em sua palestra, o professor Paulo Helene mostrou o quanto a tecnologia do concreto evoluiu, desde sua patente em 1892, quando se tornou o mais recente material estrutural disponível em larga escala para a construção civil. Mesmo sendo o mais jovem dos materiais estruturais, já na década de 70, quando Helene se formou, foi possível, segundo ele, partindo de ábacos simplistas de dosagem de Caldas Branco, viabilizar a construção de obras maravilhosas como o Museu de Arte Moderna de São Paulo - MASP, marco da engenharia de concreto paulistana.

Recentemente, foram incorporados os conceitos de durabilidade e sustentabilidade, dando como exemplo o concreto utilizado no edifício e-Tower, em São Paulo. Helene comentou ainda a façanha dos pri-

meiros “arranha-céus” em concreto armado, citando o Palácio Salvo, em Montevideu, e o Edifício Martinelli, em São Paulo. Citou Freyssinet e sua enorme contribuição aos materiais estruturais com a patente do concreto protendido, que viabilizou a construção da Ponte Estaiada Octávio Frias de Oliveira, em São Paulo.

Vislumbrou que o futuro do concreto é a própria autossuperação desse material, que tem se desenvolvido muito nos últimos anos, nas formas de concreto autoadensável, concreto de alto desempenho, concreto autolimpante, concreto translúcido, concreto que absorve energia solar, concreto com fibras, e outros ainda mais inovadores.

Mostrando seu imenso apreço pelo concreto, Paulo Helene concluiu sua palestra com a informação de que, dos 57 edifícios em construção atualmente no mundo e para serem inaugurados até 2013, com altura superior a 300m, 37 são em concreto, 19 são mistos concreto/aço e apenas 01 é totalmente metálico. “Em 100 anos, o concreto superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em engenharia de projeto e de construção de estruturas!”, arrematou.

Após sua palestra, as 165 pessoas presentes confraternizaram-se durante o jantar oferecido, seguido de audição de música operística italiana, sob direção do professor João Gaspar Djanikian, com a presença da renomada soprano Tati Helene, sobrinha do homenageado.

Homenageado pelo VII EPUSP recebe seu prêmio

Num encontro informal no Escritório Zamarion e Millen Consultores, no último dia 24 de março, o professor Tulio Bittencourt, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, fez a entrega do Prêmio conferido pelo VII Simpósio EPUSP de Estruturas de Concreto ao engenheiro José Zamarion Diniz.

A honraria foi prestada na Solenidade

de Abertura do evento, ocorrido conjuntamente com o 51º Congresso Brasileiro do Concreto, de 6 a 10 de outubro de 2009, na ExpoUnimed, em Curitiba. Por conta da saúde debilitada, o engenheiro Zamarion não pôde receber o prêmio, motivo pelo qual ele foi entregue posteriormente.

“É nossa obrigação fazer essa homenagem a um profissional que tanto contribuiu

Engenheiro José Zamarion posa com prêmio entregue pelo Professor Túlio Bittencourt



para o avanço da engenharia de estruturas em concreto em nosso país”, declarou Bittencourt no momento da entrega do Prêmio.

Zamarion foi um dos coordenadores da Comissão Revisora da Norma Brasileira ABNT NBR 6118/2003, tendo concorrido ativamente para que ela entrasse em vigor em nosso país. “Durante mais de 2 anos, o Zamarion reuniu-se com outros grandes profissionais estruturais, (Fernando Stucchi e Ricardo França), todos os sábados, neste escritório, para desenvolver a norma de projetos de estruturas de concreto”, salientou o engenheiro Eduardo Barros Millen, também presente no encontro.

Ele integrou também a Comissão Revisora da ABNT NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Molda-

do. Foi presidente do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, além de seu fundador, nos biênios de 1993-1995 e 1995-1997. É sócio honorário da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE.

Formado em engenharia civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, em 1956, Zamarion foi professor de concreto armado e de concreto protendido naquela Escola, tendo publicado diversos artigos em publicações técnicas e científicas nacionais e internacionais. É autor do livro “Manual para Cálculo de Concreto Armado e Protendido”.

Atualmente, Zamarion é diretor da Zamarion e Millen Consultores, onde desenvolve atividades de consultoria no campo das estruturas de concreto. ■

REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL



A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM objetiva divulgar os desenvolvimentos atuais e os avanços nas áreas de estruturas e materiais de concreto. A Revista incluirá artigos sobre:

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

Além de artigos científicos, a revista publica Comunicações Técnicas, Discussões e Réplicas. Para saber como colaborar, acesse a página da revista no site www.ibracon.org.br (Menu Publicações/Revista de Estruturas e Materiais). A submissão de trabalhos é feita exclusivamente via internet.

Os artigos e demais trabalhos são revisados pelos membros do Conselho Editorial e da Banca Examinadora, compostas por profissionais nacionais e estrangeiros, selecionados dentre os associados do IBRACON, com reconhecida competência nos assuntos específicos.

O acesso a RIEM é livre. Todos estão convidados a contribuir com as futuras edições, submetendo artigos, comunicações, discussões e réplicas para publicação. Acesse o Menu Publicações no site www.ibracon.org.br.

Vai usar aço na sua obra?



A ArcelorMittal
entrega a solução
sob medida
para você.



A ArcelorMittal ajuda você a realizar o sonho da casa própria com rapidez, economia e segurança. Mais que uma completa linha de produtos para Construção Civil, a ArcelorMittal oferece soluções em aço para obras de todos os portes, como o Belgo Pronto, um serviço que entrega o aço cortado e dobrado na medida certa, de acordo com o projeto. É o máximo de agilidade com o mínimo de desperdício. Tudo com a qualidade e a sustentabilidade do aço ArcelorMittal, que o mundo todo reconhece.

ArcelorMittal é aço.

Central de Relacionamento Aços Longos 0800 0151221

www.arcelormittal.com/br/belgo



ArcelorMittal

transformando
o amanhã



Vazamentos antes de começar a obra são simples de corrigir.



A Vedacit/Otto Baumgart oferece uma linha completa de produtos capaz de impermeabilizar toda a sua obra com o máximo de eficiência e durabilidade. Linha de produtos Vedacit/Otto Baumgart. Indispensável na sua obra.

www.vedacit.com.br

VEDACIT
IMPERMEABILIZANTES

