



CONCRETO

Ano XXXIII, Dez. Jan. Fev. 2005
ISSN 1806-9673, nº 37
www.ibracon.org.br



IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto

PROJETO PILOTO



Construído com
materiais fabricados
com resíduos industriais

ARTIGO CIENTÍFICO



Efeito do confinamento
do concreto na capacidade
resistente e na ductilidade
de pilares

COMITÉ TÉCNICO MEIO AMBIENTE



Oito anos de realizações
em prol do desenvolvimento
sustentável

SUSTENTABILIDADE

Construção Civil sustentável no Brasil e no Mundo

RIEN NE SE PERD
RIEN NE SE CRÉE,
TOUT SE
TRANSFORME !

*Lavoisier
1743-1795*





Esta é a nossa casa.



www.operamarketing.com.br

A casa do Concreto Dosado em Central

Qualidade do concreto especificado, conduta frente às questões ambientais, operacionais e de segurança. Divulgação de novas técnicas, sistemas construtivos e atendimento especializado. É assim que construímos a história do Concreto Dosado em Central no Brasil.

www.abesc.org.br

Instituto Brasileiro do Concreto
Fundado em 1972
Declarado de Utilidade Pública Estadual
Lei 2538 de 11/11/1980
Declarado de Utilidade Pública Federal
Decreto 86871 de 25/01/1982

Diretor Presidente
Paulo Helene
Diretor 1º Vice-Presidente
Cláudio Sbrighi Neto
Diretor 2º Vice-Presidente
Eduardo Antonio Serrano
Diretor 3º Vice-Presidente
Mário William Esper
Diretor 1º Secretário
Carlos Eduardo Siqueira Tango
Diretor 2º Secretário
Paulo Fernando Araújo da Silva
Diretor 1º Tesoureiro
Antonio Domingues Figueiredo
Diretor 2º Tesoureiro
Laércio Amâncio de Lima
Diretor Técnico
Rubens Machado Bittencourt
Diretor de Relações Institucionais
Luiz Rodolfo Moraes Rego
Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Túlio Nogueira Bittencourt
Diretor de Publicações
Ana Elizabeth Paganelli Guimarães
Diretor de Marketing
Wagner Roberto Lopes
Diretor de Eventos
Paulo Roberto Amaro
Diretor de Cursos
Juan Fernando Matias Martín
Diretor de Informática
José Roberto Braguim
Assessor da Presidência
Augusto Carlos de Vasconcelos
Assessor da Presidência
Jorge Bautlouini Neto

REVISTA CONCRETO

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 1806-9673
Tiragem desta edição 5.000 exemplares
Publicação Trimestral
Distribuída gratuitamente aos associados
Preço do exemplar: R\$ 12,00
Assinatura R\$ 40,00/ano
Publicidade e Promoção
Arlene Regnier de Lima Ferreira
arlene@ibracon.org.br
+55-11-3765-0099
Projeto Gráfico
SmartConsulting
Direção de Arte
Fernando Bem
Editor
Fabio Luis Pedroso MTB 41728
fabio@ibracon.org.br
Assinatura e Atendimento
Thais Ferreira
thais@ibracon.org.br
+55-11-3765-0122
Gráfica: Van Moorsel Andrade & Cia. Ltda

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

Copyright 2005 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.

Comitê Editorial
Ana Elizabeth Guimarães, UNICAMP, Brasil
Antonio Figueiredo, PCC-EPUSP, Brasil
Fernando Branco, IST, Portugal
Hugo Corres Peiretti, FHECOR, Espanha
Paulo Helene, IBRACON, Brasil
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA
Pedro Castro, CINVESTAV, México
Raul Husni, UBA, Argentina
Rubens Bittencourt, FURNAS, Brasil
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil
Tulio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil
Vitervo O'Reilly, MICONS, Cuba

IBRACON

Secretário Executivo: Leonel Tula

Av. Prof. Almeida Prado, 532 Prédio 62, 1º
andar, IPT - Cidade Universitária.
CEP 05508-901 - São Paulo - SP

sumário

Comitê Técnico do Meio Ambiente

Oito anos de contribuições à sustentabilidade da Construção Civil

10



Seção Especial Sustentabilidade na Construção Civil no Brasil e no Mundo

06

E MAIS...

- 2 Manifesto Público
- 3 Editorial
- 4 Converse com o IBRACON
- 6 Personalidade Entrevistada. Enric Vazquez
- 8 Mercado Internacional
- 10 Atividades do CT Meio Ambiente
- 16 Algoritmos e a Engenharia Estrutural
- 22 Entidades Parceiras
- 24 Reciclados e artefatos de concreto
- 28 Resíduos e habitação popular
- 32 Acontece: novo permeâmetro para concretos
- 38 Concreto é material ecológico?
- 41 Prêmio para a construção sustentável
- 42 Gestão sustentável no canteiro de obras
- 46 Concretos Auto-adensáveis
- 54 Pilares: resistência e ductibilidade
- 63 Recordes da Engenharia



Foto Capa: Fotomicrografia de concreto reciclado (agregados naturais e de alvenaria). Polarizadores des cruzados. Bolha de ar incorporado (azul, lado direito da foto); 0,5 mm de diâmetro. Autoria: Mirian Cruxên B. de Oliveira - IPT/S.Paulo

SEGURANÇA DAS OBRAS CIVIS

Os recentes sinistros ocorridos no País, com evidentes prejuízos pessoais, morais e patrimoniais à população, vêm demonstrar a imperiosa necessidade da introdução de medidas técnicas e legais para a redução dos riscos de acidentes, razão pela qual várias entidades de reconhecida competência promoveram o Debate Técnico "LIÇÕES DO AREIA BRANCA – Acidentes Responsabilidades e Segurança das Obras" e manifestam-se publicamente apresentando as conclusões alcançadas.

CONCEITO

Entendem-se como quatro as grandes etapas do processo construtivo: concepção, projeto, execução e uso/ manutenção. Considerando uma vida útil das estruturas de 50 a 100 anos, a etapa de USO/MANUTENÇÃO passa a ter importância fundamental na segurança; eis que as primeiras são desenvolvidas no período inicial do processo, e sempre supervisionadas por profissionais habilitados, enquanto o uso/manutenção, estende-se pelo longo tempo restante, e no mais das vezes, ficam sob supervisão de proprietários leigos ou à mercê de pseudo-técnicos. Essa assistência incipiente e despreparada pode não perceber que as hipóteses iniciais de segurança e funcionamento estrutural estão sendo alteradas para pior. Outras vezes, nem percebem que intervenções e reformas inadequadas podem comprometer seriamente as hipóteses inicialmente formuladas nas etapas de PROJETO e CONSTRUÇÃO.

As experiências em cidades como Porto Alegre, Buenos Aires e Nova Iorque, onde têm sido aplicadas com sucesso leis que prevêm a inspeção e manutenção periódicas das edificações e obras-de-arte, garantiram a diminuição de acidentes com perdas humanas e a redução dos custos de intervenções corretivas.

PROPOSTAS

para EDIFICAÇÕES EXISTENTES

Deverá ser instituída por legislação federal, estadual e municipal, criada especialmente para esta finalidade, a inspeção periódica de patrimônios públicos e privados, cujas estruturas estejam sujeitas à ação agressiva do meio ambiente, tais quais, fachadas, marquises, balcões, varandas em balanço, contenções, fundações, estádios de esportes, galpões de feiras e exposições, pontes, viadutos, túneis, obras de saneamento e edifícios residenciais e comerciais com mais de dez metros de altura. Esta inspeção deverá ser realizada por profissionais e/ou empresas especializadas, habilitadas e credenciadas.

A partir de um diagnóstico, fruto dessa inspeção técnica, e se assim for orientado, as edificações deverão receber as intervenções necessárias e urgentes, bem como ser mantidas permanentemente mediante rotinas técnicas específicas.

Cabe à Prefeitura local e Órgãos Públicos estimular, através do uso inteligente de descontos em impostos ou multas, essa inspeção e manutenção periódicas.

para CERTIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

Mediante legislação federal, estadual e municipal a ser formulada, a mão-de-obra vinculada às atividades de construção com conseqüências diretas na qualidade estrutural (desenvolvidas por mestres e encarregados de estruturas e fundações, armadores, soldadores, montadores, vibradoristas, operadores de betoneira, bombas e caminhões betoneira, operadores de concreto projetado, laboratoristas, etc), deverá ser reciclada e certificada periodicamente em seus conhecimentos, cabendo a fiscalização da utilização de mão-de-obra credenciada aos Sindicatos da Construção (SINDUSCONs) e aos CREAs a punição do empregador no caso do não atendimento.

para APERFEIÇOAMENTO DO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA

Por meio de medidas nacionais a serem implantadas via MEC: a introdução, no último ano de engenharia civil e arquitetura, de uma ou mais disciplinas versando sobre segurança, vida útil, patologia e terapia das estruturas, assim como ética profissional; o treinamento e atualização contínua de todos os professores das disciplinas relacionadas a fundações, estruturas e materiais de construção; a ampliação da exigência da participação de Doutores como professores dessas disciplinas, tendo como meta a totalidade até 2015.

para o EXERCÍCIO PROFISSIONAL

Deverá ser implantado por parte do Sistema CONFEA um programa permanente de conscientização e controle (com prazo de validade) das habilitações profissionais, sujeitas a uma comprovação de conhecimentos e do efetivo exercício profissional. Deverá ser implantado via MEC e CREAs um amplo incentivo aos programas de educação continuada nas universidades e entidades afins envolvidas com a segurança das obras civis, visando o aprimoramento profissional nas áreas de projeto, execução, inspeção e manutenção de estruturas.

para o REGRAMENTO TÉCNICO

Considerando a necessidade absoluta do estabelecimento de regras técnicas para as atividades da Inspeção em Obras Civis no País, padronizando definitivamente conceitos e atividades no sentido da garantia de segurança, torna-se imprescindível a elaboração, via ABNT, de Norma Brasileira de Inspeção de Obras Civis.

Diante da importância destes aperfeiçoamentos para o benefício da comunidade, espera-se mobilizar a sociedade civil e órgãos governamentais dos três níveis administrativos, para que juntos, possam pôr em prática as medidas aqui propostas.

ABECE- Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural; IBAPE/SP- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo; IBRACON-Instituto Brasileiro do Concreto.

O IBRACON pode ser considerado uma das entidades pioneiras no Brasil na defesa e na promoção da proteção ambiental no âmbito da construção civil através das proficuas ações do Comitê Técnico do "Meio Ambiente", ativo desde 1995. Internacionalmente, o CIB, somente em 1999, publica a chamada "agenda 21 on Sustainable Construction", propondo ações de aplicação universal tipo: melhoria da concepção de projetos; aumento da vida útil das construções; aumento da reciclagem e outras.

A questão ambiental vem tomando grande envergadura no país e a recente Resolução 307 do Conama, assim como as normas técnicas específicas da ABNT, ambas recém publicadas, demonstram que o Brasil trilha um caminho bem pavimentado no campo da preservação dos recursos ambientais, e que nessa estrada destacam-se os sistemas à base de cimento Portland, como um dos grandes instrumentos na proteção do ambiente. Mais uma vez o concreto, carro chefe da construção civil brasileira, se apresenta como uma das melhores respostas a um novo desafio.

Vale ressaltar que o Brasil ocupa um honroso 11º lugar no ranking mundial de países que protegem o meio ambiente. Classificando a Finlândia em 1º lugar, o Uruguai em 3º lugar, e países industrializados como Japão em 30º e USA em 45º, assim como a China em 133º, os pesquisadores das Universidades de Columbia e de Yale nos USA, demonstram claramente que tão importante quanto o meio ambiente para o Brasil, é preciso investir no desenvolvimento e no atraso industrial do país.

Esta edição já estava pronta para envio à gráfica, quando, infelizmente, ocorreu o desabamento da Ponte do Capivari que interditou a rodovia Régis Bittencourt, próximo a Curitiba. Mais uma vez a ausência de um plano adequado de inspeção e manutenção parecem ter sido decisivos no colapso ocorrido.

Triste ironia: a engenharia civil, especialmente a engenharia de concreto brasileira dá vários passos oportunos, importantes, firmes e de vanguarda na preservação ambiental mas desilude a sociedade e surpreende a si mesma com a efêmera estabilidade de algumas de suas obras.

Que se pode fazer para que fatos como este e o recente colapso do edifício Areia Branca, não se repitam tão frequentemente. É inegável o desgaste que esse tipo de acontecimento, principalmente quando há vítimas e grandes prejuízos materiais, pode causar à imagem da engenharia nacional.

Para dar resposta a esse desconforto o IBRACON promoveu no último dezembro, um intenso Debate Técnico, onde vários profissionais competentes e de reconhecido saber discutiram esse problema em profundidade. O evento contou com o apoio e a participação de representantes de várias entidades de renome do setor no país e no estrangeiro, concluindo com a convicção unânime de que é possível fazer algo para reduzir os riscos de novos acidentes e colapsos.

Um dos pontos mais importantes dessas conclusões foi a conscientização de que as falhas no processo não podem ser imputadas exclusivamente à engenharia atuante no chamado



setor produtivo. Ficou claro que os grandes passos carentes e que devem ser dados para a redução do risco de colapsos e de acidentes depende de ações governamentais, de medidas legais e até de conscientização da sociedade leiga que demanda, usa e controla obras civis.

Como resultado conclusivo desse processo de análise da situação nacional, foi elaborado um documento que vem tendo a adesão de muitas outras entidades e profissionais. Essa resposta do setor, materializou-se num Manifesto Público que está sendo publicado na íntegra nesta edição e deverá ser amplamente divulgado no sentido de mobilizar ainda mais a classe, o estado e a sociedade para implementarem as reformas necessárias ali apontadas.

Essa capacidade do setor de dar oportunas e confiáveis respostas a problemas conjunturais, técnicos ou não, nos remete a outro fato importante e atual. Li com interesse o significado de uma nova expressão da grande mídia, o chamado "apagão logístico" que se refere à importância de investimentos na infraestrutura nacional sob risco de haver uma incapacidade de armazenamento e de transporte de mercadorias, falta de energia, falta de água potável, e outros problemas associados.

Mantidas as previsões otimistas de produção agrícola, cimento, aço e crescimento industrial para 2005, fica evidente que o investimento brasileiro na infra-estrutura realizado em 2003, de apenas 0,1% do PIB, foi insuficiente e temerário. Recomendações internacionais sugerem investimentos anuais de 3% a 6% do PIB. Se por um lado essa constatação é desalentadora, por outro aponta claramente que a melhor resposta a esse desafio do desenvolvimento é: "Não há como investir em infra-estrutura sem empregar concreto em abundância."

Reconhecer, ressaltar e divulgar essa capacidade do concreto, dos arquitetos e dos engenheiros civis de dar boas e oportunas respostas para a construção da sociedade que queremos contribui para a valorização profissional e atende à nobre missão do IBRACON.

Vamos em frente...

paulo.helene@poli.usp.br

A **REVISTA CONCRETO** abre espaço para os leitores se manifestarem sobre as atividades desenvolvidas pelo Instituto Brasileiro do Concreto. O objetivo é utilizar mais este meio para uma maior aproximação entre o Instituto e seus associados e colaboradores. Entre em contato conosco pelo email:

e-mail: converse@ibracon.org.br

CONCRETO: ENSINO, PESQUISA E REALIZAÇÕES

Sem dúvida editar um livro texto BRASILEIRO é uma excelente idéia, além de uma necessidade premente para a formação de nossos futuros profissionais. Na qualidade de titular da disciplina de Materiais de Construção da Escola de Engenharia Civil da UFG tenho tido dificuldades de usar uma referência bibliográfica atual e abrangente sobre o tema, optando por recomendar literaturas diversas para cada parte da disciplina. Desta forma, parabênzo o Ibracon por mais esta oportuna decisão que pressupõe muito trabalho intelectual e coloco-me à disposição para colaborar.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo

Coordenador do Mestrado em Engenharia Civil da EEC/UFG (Sócio Individual. Categoria Ouro. Goiânia)

Eu li que você e uma equipe do Ibracon vão escrever um livro brasileiro de concreto. Realmente, acho que em muito boa hora e só o IBRACON mesmo para fazer isto. Muito bacana. Paulo, vc já sabe como o livro será editado? Isto é, terão patrocinadores? Eu pergunto, pois se a Itambé puder participar, gostaríamos de analisar esta possibilidade. Estamos planejando o nosso orçamento 2005 e devemos fechá-lo agora em Novembro. No mais, espero que esteja tudo bem com vc. Um grande abraço

Jorge Aoki

Sócio Mantenedor. Categoria Diamante. Curitiba

Felicitaciones por el libro.

Sin duda será excelente, tanto académicamente, como en forma.

Pueden contar conmigo, en lo que estimen conveniente. Fuerte abrazo desde Colombia

Ing. Andres Santacruz M., MIC

Director del Instituto del Concreto ASOCRETO (Sócio individual. Categoría Azul. Bogotá/Colombia)

Te felicito por la iniciativa de producir el libro sobre estructuras de concreto en Brazil. Serà de mucha utilidad también para todos los vecinos de tu gran país.

Como una primera sugerencia creo que debería incluirse en tecnologia del concreto algo relativo al control de la retracción por el proceso de secado del concreto. Este es un problema serio en las edificaciones de muros portantes de concreto y también en la albañilería armada donde el concreto líquido (grout) al retraerse dentro del alveòlo compromete la integración del concreto con los bloques. Recibe un fuerte abrazo.

Ing. Prof. Carlos Casabonne

Socio Individual. Categoria Azul. Lima/Perú

Prezados Enio, Jorge, Andres e Carlos

Vocês já estão convocados. Realizar isso pressupõe grande esforço de todos. Precisamos de vocês. Mãos à obra.....Vamos em frente!

SEGURANÇA & RESPONSABILIDADES

Muito boa a iniciativa de realizar um Debate Técnico sobre segurança, responsabilidades e manutenção. Parabéns uma vez mais ao IBRACON.

Aproveito para contar que em Jundiaí também há uma lei obrigando vistorias técnicas nos edifícios, para renovação de Habite-se e Licença de Funcionamento para o Comércio. Empresas de engenharia são cadastradas na prefeitura para estas vistorias periódicas. As vistorias obrigatórias começam no décimo ano de vida do edifício e vão aumentando a frequência de vistoria, na medida em que o edifício fica com maior idade.

O IBRACON poderia junto com o CONFEA, ou quem de direito, fazer uma mobilização nacional para tornar obrigatório uma lei parecida. Isto abriria novos campos para os engenheiros patologistas e para o mercado de engenharia e de materiais de reabilitação.

Abraços

Eng. José Eduardo Granato

MBT Brasil - Degussa Construction Chemicals

Sócio Mantenedor. Categoria Ouro. São Paulo

Prezado Granato

O Ibracon está procurando atender a sua sugestão. Se puder apóie o MANIFESTO PÚBLICO e ajude a pressionar o CONFEA, as Prefeituras Municipais que ainda são retrógradas, o Governo e quem mais de direito.

Não se pode negar que São Paulo é o estado sede do IBRACON, o estado mais importante do País, mas
POR QUE NÃO FAZEM DEBATES TÉCNICOS INTERESSANTES COMO ESSE EM OUTROS ESTADOS?

Allice Silva

(Sócia Individual Estudante de Engenharia Civil. Recife/PE)

Prezada Alice

O Ibracon estará em peso em Olinda de 02 a 07 de setembro de 2005. É o evento mais nobre e mais importante do Ibracon em 2005 e ainda por cima em seu Estado. Não perca! Vamos estar juntos no maior e mais importante evento técnico da construção civil no país.

He recibido la triste noticia que un edificio de 12 pisos colapsó en la zona de Recife. Quiero manifestar mi pesar por este accidente que enluta seguramente a varias familias, y porque no, a la colectividad constructora de Brasil.

Deseo que desde tu alto cargo de Presidente de IBRACON puedas hacer llegar tus enseñanzas y apego a los criterios de seguridad y durabilidad a la mayoría de tus compatriotas profesionales, y porqué nó también a nosotros los paraguayos y mercosurianos, que estamos siempre muy atentos a lo que hacen en Brasil. Un gran abrazo.

Ing. Paulo Yugovich

Sócio Individual.

(Categoría Azul. Asunción/Paraguay)

Desde Uruguay suscribo lo expresado por Paulo Yugovich desde Asunción, quedando especialmente atento a las conclusiones que puedan sacar de este colapso. Lamentablemente las fallas nos enseñan a veces más que los aciertos. Un abrazo.

Ing. Carlos Stapff

Sócio Individual. (Categoría Azul. Montevideo/Uruguay)

Supo por los periódicos, de la triste noticia del desplome de un edificio en la Ciudad de Recife, que ya tenia muchos años en explotación.

Por favor, haga llegar a través de la Institución que presides, nuestra solidaridad humana, con el dolor de los afectados. El hecho será una dura experiencia a tener en cuenta por las organizaciones especializadas de vuestro país y por los especialistas que como tu, constituyen la vanguardia en el sector de las construcciones de nuestra América y que con tu experiencia podrás contribuir, a que no se repitan estas catástrofes. Un fuerte abrazo.

Prof. Dr. Sc. Ing. Vitervo A. OREILLY.

Ministerio de la Construcción de Cuba

(Sócio Individual. Categoría Ouro. La Habana/Cuba)

Quiero expresarte el pesar de varios sectores de la comunidad argentina relacionada con la construccion por el lamentable accidente acaecido en la ciudad de Recife.

Esta es otra llamada de atencion a la sociedad en general sobre el estado de las construcciones y su mantenimineto, el cual siempre es necesario .

Lamentablemente hemos tenido que lamentar perdidas espirituales y materiales.

Desde aqui nos unimos al resto de las personas y entidades que, al igual que vos, difunden los conocimientos adquiridos y procuran evitar este tipo de catastrofes. Un gran abrazo.

Ing. Humberto M. Balzamo

Asesor Técnico - División Hormigones Degussa - MBT Argentina S.A.

(Sócio Individual. Categoría Azul. Buenos Aires/Argentina)

Estimados Paulo, Carlos, Humberto e Vitervo

O IBRACON tem feito sua parte (veja MANIFESTO PÚBLICO) e agradece os apoios e incentivos valiosos e sinceros como os de vocês. Quanto mais intercambio de conhecimento houver mais rápido se poderá evoluir e reduzir riscos.

Enric Vazquez



Enric Vazquez no seu escritorio em Barcelona

Um dos maiores especialistas mundiais em sustentabilidade na construção civil e também Dr. em Ciências, Catedrático de Materiais de Construção da Escola Técnica Superior de "Camino de la Universidad Politécnica de Cataluña"; Diretor do Laboratório de "Carreteras de Cataluña"; Membro de Comitês de Trabalho RILEM nos temas de "cenizas volantes en el hormigón ,aditivos y utilización de residuos en la construcción"; Diretor de 10 teses de doutorado sobre resíduos e construção sustentável; Autor de 58 publicações em revistas internacionais e co-autor de 3 "State of Art" de RILEM; Miembro de ISCOWA; Membro de diversos comitês nacionais e internacionais sobre materiais de construção civil.

IBRACON: Qual é o panorama da construção sustentável na Europa nos dias atuais?

Enric Vazquez: En la Unión Europea aún no existe una política común definitiva respecto a residuos y sostenibilidad, sin embargo la conciencia de la urgente necesidad de unificar criterios y profundizar en la práctica de la construcción sostenible ha movido en los últimos meses a todo el sector como un auténtico terremoto. En Octubre deste año, en Maastricht, la industria europea de la construcción ha creado la European Construction Technology Platform ECTP, que es una iniciativa para crear un nuevo paraguas para la investigación y un marco para asociaciones necesarias de centros de investigación, compañías y gobiernos. Algo nuevo pues nunca se había conseguido el consenso de todas las grandes compañías.

IBRACON: O que a ECTP pretende fazer e como deverá atuar?

Enric Vazquez: Se preconiza atuar sobre la base de 1/3 de fondos públicos y 2/3 de fondos privados .

La UE lo apadrina y en la practica puede significar el encauzamiento de la investigación mayor y añadir dos ceros a los proyectos europeos hoy cifrados en general en unidades de millón de euros .

Los grandes objetivos son:

- Visión para 2030
- Redacción de una agenda de investigación estratégica.
- Creación de Plataformas nacionales coordinadas desde la Plataforma Europea.

IBRACON: Como está organizada a ECTP?

Enric Vazquez: La ECTP se organiza en grupos de trabajo independientes de la nacionalidad. Se han definido 4 áreas verticales (ciudades y edificios, construcción subterránea, redes y herencia cultural) y 2 horizontales (sostenibilidad y materiales).

IBRACON: Além da tradicional e sempre presente área de MATERIAIS, como deverá atuar a ECTP na questão da sustentabilidade da construção civil?

Enric Vazquez: La sostenibilidad debe impregnar todas las demás áreas y tiene las siguientes prioridades más destacadas:

- Adecuación de las actividades al Protocolo de Kyoto
- Reducción del gasto energético del proceso constructivo
- Nuevos métodos para eliminar vertederos y áreas polucionadas
- Reducción de la producción de residuos en el proceso constructivo y máximo reciclaje.
- Debe reestudiarse el impacto del medio interior construido sobre la salud reestudiarse.

IBRACON: Pode-se considerar que efetivamente todos os países da comunidade europeia estão sob o mesmo patamar de esclarecimentos e ações em prol da construção sustentável ?

Enric Vazquez: La ampliación de la UE ha creado la necesidad de un desarrollo de redes e infraestructuras que deberán ser ya proyectadas con los nuevos criterios de sostenibilidad.

Holanda sigue siendo la delantera y la novedad que nos presenta es el abandono de la llamada Escala Lansik que jerarquizaba las acciones respecto a los residuos en : Prevención, Reutilización de Elementos, Reutilización de Materiales, Incineración con recuperación de energía, Incineración y Vertido. Las nuevas herramientas sobre Ciclo de Vida y Eco-Costes se aplican para decidir en cada caso la mejor solución así como la nueva Eco-Escala es un traje a la medida para cada situación, y deberá ser utilizada para evaluar con rigor las medidas pro-sostenibilidad.

En verdad en la Comunidad Europea no hay uniformidad, pero el progreso respecto a la integración del reciclaje en las actividades cotidianas es notable incluso en los nuevos miembros de la UE.

IBRACON: É possível afirmar que hoje em dia a reciclagem de resíduos de construção já é uma realidade na UE ?

Enric Vazquez: Si se puede afirmar. A parte de Holanda, líder absoluto , Bélgica sería el ejemplo alto con un 87% de reutilización de RCD y un reparto en 70% en carreteras y 17% en hormigón. España usa el 10 % ,pero en el Plan Nacional en el 2006 deberemos estar en el 25% lo que nos pondrá en la media europea actual(28 %).El progreso es notable incluso entre los nuevos países de la UE.

Todo ello ha encontrado dificultades sorprendentes, sin

ningún fundamento científico serio y más relacionadas con ciertos lobbies afectados y el inmovilismo de ciertas administraciones.

Todo se ha ido superando, ahora las cosas van deprisa e irán aún más .Solo es preciso fijarse en el interés de las grandes compañías que he citado antes. Antes predicábamos, ahora nos vienen a buscar.

IBRACON: Como as estruturas de concreto estão inseridas nesse processo ?

Enric Vazquez: La incorporación a la norma española de diseño y construcción en concreto, la EHE del Hormigón de un nuevo capítulo de Hormigón Estructural Reciclado dará un impulso decisivo en ese tema.

En Barcelona se han construido con el 20% de áridos de hormigón reciclados los elementos de hormigón del puente de Marina Seca en el Forum 2004. El hormigón fue proyectado en los laboratorios de la UPC por la Dra. Marilda Barra y ensayada su resistencia, permeabilidad y durabilidad. Actualmente tenemos 38,5 millones de t de RCD por año de las cuales 7,7 son hormigón que tiene un buen mercado. Hay que impulsar los Mixtos y la Cerámica.

IBRACON: Como são realizadas as reciclagens de resíduos de construção nos concretos de Espanha?

Enric Vazquez: Las técnicas son varias. Los métodos secos son más económicos.

Para el caso de separación de cerámico y hormigón puede usarse el método magnético, pues el contenido en óxido de hierro es bien distinto.

También se aplica el llamado Jig-Separator al que se puede unir el lavado. Da muy buenos resultados separando también yeso .La densidad es la base del sistema. Sin embargo lo que está muy fuerte en Cataluña son las plantas móviles que seleccionan de entrada los residuos de naturaleza distinta. En una palabra eligen el hormigón y además lo conocen.

IBRACON: Considerando que você já esteve no Brasil mais de 10 vezes, sendo várias delas convidado pelo Comitê Técnico de Reciclagem do IBRACON, como você vê a questão da sustentabilidade no Brasil ?

Enric Vazquez: Desde mi primera visita me sorprendió la actividad investigadora y su nivel. A través de mi participación en los Seminarios de IBRACON como el CT206 en 1997 y mis numerosas visitas a diversas ciudades brasileñas pude darme cuenta del interés y del optimismo con que se veían las prácticas recicladoras y los pasos dados en buena dirección.

La actividad de IBRACON en este sentido creo que ha sido pionera en toda Sudamérica. Los investigadores brasileños que presentaron sus trabajos en el reciente Congreso de Barcelona demostraron estar a nivel europeo y me complace decir que su presencia en nuestro Comité RILEM es obligada y que la impulsaré con todo entusiasmo.◆

Plano de Ampliação do Canal do Panamá: oportunidade para empresas brasileiras

Ricardo Sennes e Gheisa Victorino

Em dezembro de 2004, completou-se 5 anos da gestão panamenha do Canal do Panamá. Sob domínio dos EUA desde sua construção, no início do século passado, o canal não tinha como foco a rentabilidade e a eficiência. Nesse período esteve sob responsabilidade do Ministério de Defesa dos EUA. Foi com a devolução do Canal e de todas suas instalações e margens aos Panamá que este passou a responder novamente à lógica econômica.

Neste curto período, a nova gestão mostrou sua seriedade: aumentou em 27% o tráfego de navios, 17% a carga total transportada, reduziu a média de acidentes de 28 ao ano para 10 e investiu quase US\$ 1,5 bilhões em modernização. Passam pelo Canal, anualmente, cerca de 5% do comércio mundial de bens (excluindo-se o transporte de petróleo a cifra sobe para 8%).

Contudo, o Canal está operando na sua capacidade total. Tanto as eclusas como os canais de navegação que cortam o continente não comportam novos aumentos de tráfego. Por essa razão, está em gestação um ousadíssimo plano de ampliação e modernização do canal.

Esse plano definirá como, quando e de que forma serão construídos os novos conjuntos de eclusas (paralelas às atuais, mas mais amplas), assim como os novos canais. Estima-se que seja um projeto de US\$ 4 a 6 bilhões de dólares, a ser implementado ao longo de 10 anos. As eclusas atuais têm 304,8 metros de comprimento e 33,53 metros de largura. O desenho que se estuda pode chegar a até 427 metros de comprimento e 61 metros de largura.

Tido como patrimônio inalienável da Nação panamenha, o Canal conta agora com Autoridade própria, responsável pela administração, funcionamento, conservação, manutenção e questões relativas à modernização do mesmo. Logo, suas responsabilidades perpassam a aprovação de planos de construção, do uso das águas, da utilização e expansão de portos e de qualquer obra ou construção à beira do canal, bem como abarcam quaisquer concessões para prestação de serviços, aprovação de

regime de contratações e compras. Como exposto no Artigo 52 da Lei Orgânica do país, "A Autoridade pode contratar a aquisição de trabalhos, suprimento de bens e serviços, e compras em geral, com ou sem intermediários, diretamente, localmente ou externamente, garantindo a melhor qualidade, preços favoráveis, eficiência e competitividade".

Desse ponto já se pode traçar um paralelo direto com a indústria de Construção Civil brasileira, que apresenta amplo expertise em projetos de barragens, lagos e eclusas, campo de alta tecnicidade no qual nossas empresas têm altíssimo grau de competitividade.

Nos planos de modernização do Canal, estão incluídas modificações que já consumiram investimento de 1 bilhão de Balboas (moeda oficial que tem paridade com dólar), tais quais:

- Ampliação e aprofundamento do Corte Culebra, área mais estreita do Canal, que consiste no alargamento de 500 a 630 pés nos segmentos retos e 730 pés nas curvas. Essa condição permitirá o tráfego simultâneo de duas embarcações de ampla largura, sem comprometimento da segurança.
- Aquisição de 26 locomotoras e 7 rebocadores
- Alargamento do calço do canal do lado do Atlântico
- Sistema de controle de trânsito de última tecnologia
- Automação dos controles de válvulas e comportas das eclusas
- Aprofundamento do Lago Gatún
- Substituição total do sistema de trilhos das eclusas

O governo eleito, do presidente social-democrata Martín Torrijos, mantém um amplo e convergente diálogo com o governo brasileiro, fruto de um entendimento político de amplas bases e que somente fortalece as chances de desenvolvimento de negócios de empresas brasileiras no país. Afinal, o Canal do Panamá é uma saída para o Pacífico, já em operação e muito próximo de vários pólos logísticos no Norte e Nordeste do Brasil.

Pelo Canal passam diariamente uma média de 42 barcos Panamax, que tem no máximo 965 pés de comprimento, 39,5 pés

de profundidade e 106 pés de largura. O que se visa alcançar com a ampliação é o tráfego das chamadas embarcações Post-Panamax, que chegam a até 1265 pés de comprimento, 50 pés de profundidade e 180 pés de largura. Ainda há de se levar em conta o constante desenvolvimento tecnológico da indústria naval, que não deixa margem para estagnação nos planos de expansão do Canal.

Para os estudos técnicos, a Autoridade do Canal contratou duas organizações diferentes: o Corpo de Engenheiros do Exército norte-americano e um consórcio belgo-francês para que cada um, de forma independente, desenvolva um projeto conceitual das novas eclusas, com base em termos de referência fornecidos por técnicos do canal. O intuito do estudo é abordar a viabilidade da construção e fornecer custos estimados com base em parâmetros quantificáveis de metros cúbicos de escavação, concreto, tamanhos de comportas etc. Os estudos até agora

realizados apresentam a viabilidade de eclusas de um, dois, ou três níveis (ou degraus).

Os resultados dos estudos já foram entregues e estão em processo de avaliação por parte da Autoridade do Canal. Em caso de aprovação técnica interna de qualquer ampliação do canal, o projeto deve ser submetido a referendo popular, segundo a Constituição panamenha. Após a aprovação se iniciará a fase das contratações.

Essa é uma oportunidade rara para o governo e as empresas brasileiras. O governo do Panamá já indicou seu interesse por parcerias com o Brasil, apostando em uma convergência de interesses estratégicos e de desenvolvimento dos dois países. É o momento de se aprofundar as análises e prospecções para que essa convergência de interesses se torne parcerias concretas.◆

PROSPECTIVA

CONSULTORIA BRASILEIRA DE ASSUNTOS INTERNACIONAIS

Consultoria especializada em diplomacia empresarial e estratégias de inserção internacional.

Estudos de integração de cadeias produtivas e Integração Regional

Oportunidades de negócio: EUA, Argentina, México, Chile e Panamá

Negociações e Comércio Internacional de Serviços

Alameda Santos 905 – cj. 32 - Tel: (5511) 3171-1611
www.prospectivaconsultoria.com.br

COMITÊ TÉCNICO DO “MEIO AMBIENTE” 8 anos de vitórias e contribuições à sustentabilidade da construção civil

Aurinilce A. Port Nascimento MSc. ABCP ABNT/ CB 18; Cássia Silveira de Assis . Prof. Dr. CEUN-IMT; Claudio Sbrighi Neto Prof Dr.FAAP. Vice presidente IBRACON; Everaldo Marciano Jr. . Dr. Sherbooke . Canadá; Kleber da Silva . Dr. PMI.USP; Liz Zanchetta D’Agostino . PMI.USP; Lindolfo Soares . Prof. Dr. PMI.USP; Márcio Estefano de Oliveira . Prof. Dr UNESP UNITAU. SindusConSP; Mirian Cruxên de Oliveira . Dr. DIGEO-IPT; Rosemary Zamataro . ITSEMAP; Salomon Mony Levy Prof. Dr. UNINOVE / Presidente do Comitê Técnico “Meio Ambiente” do Ibracon

Introdução

O Brasil é um dos países pioneiros na elaboração de normas para utilização de agregados reciclados em pavimentos e concreto simples. Após 8 anos de estudos, o Comitê Técnico do Ibracon juntou-se ao Grupo de Estudo sobre Agregados Reciclados do SindusCon-SP e nos últimos dois anos elaboraram e aprovaram as primeiras normas brasileiras publicadas pelo CB-18 da ABNT, disciplinando e orientando o uso sustentável da construção civil e demonstrando a atualidade e comprometimento da tecnologia nacional com o meio ambiente.

•NBR 15112/04

- ✓ Resíduos de construção civil e resíduos volumosos
- ✓ Áreas de transbordo e triagem - diretrizes para projeto, implantação e operação.

•NBR 15113/04

- ✓ Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes
- ✓ Aterros
- ✓ Diretrizes para projeto, implantação e operação.

•NBR 15114/04

- ✓ Resíduos sólidos da construção civil
- ✓ Áreas de reciclagem
- ✓ Aterros
- ✓ Diretrizes para projeto, implantação e operação.

•NBR 15115/04

- ✓ Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil
- ✓ Execução de camadas de pavimentação
- ✓ Procedimentos

•NBR 15116/04

- ✓ Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil
- ✓ Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural
- ✓ Requisitos

Muito se tem falado sobre desenvolvimento sustentável nos dias atuais. O desenvolvimento sustentável não é estritamente



Comitê Técnico - Meio Ambiente

técnico, ao contrário, trata-se de uma visão holística integrando conceitos ambientais, econômicos, tecnológicos e sociais, com o objetivo de alcançar uma produção industrial em harmonia com o meio ambiente e, concomitantemente, agregando o maior valor social e econômico possíveis.

Muitos dos insumos que entram na produção dos materiais de construção são obtidos pela extração de jazidas para atender a demanda de mercado. Esta atividade causa de alguma forma impactos ambientais, nem sempre desejáveis. Como exemplo podem ser citados: a extração e a produção de agregados, a produção de cimento, a produção de aço, a produção de produtos cerâmicos, e outros produtos relacionados com a construção civil.

Por outro lado é conhecido que a maior utilização destes insumos, representa um índice mais avançado de desenvolvimento de uma nação. Como conciliar de forma inteligente esses dois interesses? A construção civil pode, segundo um ponto de vista exclusivamente ambientalista, ser considerada negativa, porém, na realidade ela é uma das indústrias que melhor está aparelhada para estudar, projetar e executar obras de recuperação e preservação do meio ambiente, incorporando muitos resíduos poluidores de outras indústrias.

A construção civil tem um peso econômico e social decisivos no desenvolvimento de uma nação. Ela é responsável por aproximadamente 15% do PIB de um país, geradora de empregos e essencial para a construção de infra-estruturas indispensáveis ao progresso, desde habitações, saneamento básico, estradas até pontes, barragens, aeroportos e portos, passando por áreas de lazer como estádios esportivos, teatros, shoppings e muitas outras atividades.



Coleta de resíduos nas obras

Essa gama extraordinária de atuação da construção civil que utiliza em maioria absoluta das vezes o concreto para lograr suas realizações, atua pró e contra o meio ambiente.

Como fazer para que essa balança cada vez mais pese pró meio ambiente?

Ultimamente os progressos alcançados no setor cimenteiro nacional foram extraordinários, colocando-o entre os melhores em âmbito mundial tanto tecnologicamente como em termos de gestão ambiental e, simultaneamente, na área de exploração de agregados, as crescentes exigências ambientais, a maior fiscalização e o progresso tecnológico de extração têm mitigado os eventuais impactos adversos. Isso não significa que não haja melhorias a serem alcançadas. Há e muitas, em decorrência da natureza finita dos recursos naturais, da necessidade de se racionalizar recursos econômicos, escassos em países em desenvolvimento, da necessidade de buscar permanentemente a melhoria contínua de gestão e de processos, sem, contudo comprometer o desenvolvimento social.

Assim sendo, deve-se buscar incrementar a vida útil das estruturas a serem construídas e reduzir o consumo de materiais, atuando preventivamente, e reciclar ao máximo produtos como o concreto, as cerâmicas, o aço, os vidros, os plásticos e outros tantos.

Com esses conceitos o grupo de especialistas inicialmente citados reuniu-se para preparar esta matéria jornalística, assim se pronunciando através de compilação realizada pelo Presidente do CT "Meio Ambiente":

Ibracon: Qual seria a alternativa política e ecologicamente correta para trilhar o caminho do desenvolvimento sustentável?

Salomon: A opção pelo desenvolvimento sustentável, leva

obrigatoriamente à reutilização, redução e reciclagem dos resíduos gerados pela sociedade e uma das grandes possibilidades para utilização de resíduos de construção e demolição seria a produção de concretos e argamassas.

Ibracon: Como obter a tecnologia para tal?

Salomon: Tendo como uma de suas preocupações a solução desta questão, o IBRACON numa atitude pioneira em 1996 resolveu estabelecer um Comitê Técnico específico para assuntos relativos à preservação do meio ambiente, cujos objetivos à época foram:

- Estabelecer as potencialidades e limitações do aproveitamento de RESÍDUOS INDUSTRIAIS, dos RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, bem como uso de RESÍDUOS DE MINERAÇÃO para aplicação na Indústria da construção civil.
- Difundir essa técnica como alternativa ambiental, junto aos segmentos industriais e de pesquisa, buscando agregar valor à sua aplicação.
- Reaproveitamento de resíduos da construção civil contemplando também estudos no sentido de reduzir o consumo de matéria-prima nova.
- Elaboração de trabalhos voltados à normalização.
- Fomentar a troca de experiências e informações técnicas em termos nacionais e internacionais, que favoreçam o desenvolvimento sustentável.

Ibracon: Como estão sendo alcançados esses objetivos?

Salomon: Para alcançar esses objetivos, ao longo dos oito anos de sua existência, a principal realização do Comitê foi a promoção de seis seminários internacionais, dos quais participaram renomados especialistas estrangeiros e brasileiros como o Prof. Dr. Enric Vazquez da Universidade da Catalunha, Espanha, Prof. Dr. Ir Charles F. Hendrix da Universidade de Delft, Holanda, Dr. Everaldo Marciano Jr. de Sherbooke, Canadá, Prof. Dr. Roberto Cerrine Villas Bôas do CETEM, Rio de Janeiro e outras personalidades e muitos pesquisadores. Nesses seminários foram apresentados 152 trabalhos sobre as mais diversas possibilidades de empregos de resíduos para argamassas e concretos na construção civil.

Ibracon: Além desse enorme valioso acervo tecno-científico que outras atividades o Comitê vem promovendo?

Salomon: Também podem ser citadas como realizações do Comitê os encontros tecnológicos, a participação em workshops e a participação no GT – Grupo de Trabalho do SindusCon-SP que preparou os projetos de normas para agregados reciclados para

IBRACON

COMITÊ TÉCNICO "MEIO AMBIENTE"

RETROSPECTIVA DAS PRINCIPAIS REALIZAÇÕES

- 1997 I Seminário** "Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para Proteção Ambiental"
9 palestras com o objetivo de focar o estágio do desenvolvimento sobre a reciclagem na construção civil.
- 1999 II Seminário** "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil"
9 palestras com o objetivo de fomentar o surgimento de projetos tecnológicos de reciclagem na construção civil e enriquecer a experiência nacional através do intercâmbio de idéias sobre as práticas que vinham sendo adotadas no País no transcorrer dos últimos anos.
- 2000 III Seminário** "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil . Práticas Recomendadas"
8 palestras e 22 trabalhos com o objetivo de fomentar o desenvolvimento sustentável e apresentar ao público projetos que já estavam sendo desenvolvidos de forma técnica e comercialmente viável.
- 2001 IV Seminário** "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil . Materiais Reciclados e suas Aplicações"
3 palestras, 34 trabalhos e 1 vídeo-conferência com o objetivo fomentar a discussão, a troca de experiências e conseqüente evolução na utilização de matérias reciclados na Construção Civil
- 2002 V Seminário** "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil . Materiais Reciclados e suas Aplicações"
4 palestras e 31 trabalhos cujo objetivo foi contribuir para a troca de experiências e informações técnicas que favorecessem o Desenvolvimento Sustentável, com consideráveis benefícios à sociedade e ao setor da Construção Civil de nosso país.
- 2003 VI Seminário** "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil".
1 curso e 31 trabalhos cujo objetivo foi apresentar um balanço das atividades realizadas até a presente data pelos três pilares da sociedade, poder público, iniciativa privada e a Universidade.

Membros do Comitê IBRACON

Aldo Siervo de Amorim . MGA - IPEN
 Antonia Jadranka Suto . ABCP
 Arlene Regnier de Lima Ferreira . IBRACON
 Cássia S. de Assis . Escola de Engenharia MAUÁ
 Emilio Y. Onishi . LANDMARK
 Levy Rezende . UNINOVE
 Lindolfo Soares . EPUSP/PMI
 Márcio J. Estefano de Oliveira . UNESP. UNITAU
 Maria Aparecida F. Pires . IPEN.CNEN-SP
 Mirian Cruxên B. Oliveira . DIGEO.IPT
 Rosemary S. I. Zamataro . ITSEMAP & IBCrisotila
 Salomon Mony Levy . UNINOVE. EPUSP.PCC (presidente)

utilização em pavimentos, argamassas e concretos. O Comitê entende que a utilização de concretos e argamassas obtidos com agregados reciclados, apresenta-se como alternativa efetiva para o novo século, demonstrando que a utilização de resíduos para produção de concretos e argamassas já é um fato tecnicamente viável e confiável.

Ibracon: O Comitê tem se relacionado com outros organismos nacionais e internacionais?

Salomon: Todas essas realizações foram executadas em colaboração estreita com outros órgãos tais como a FAPESP, empresas da iniciativa privada e entidades como a ABCP, a ABRA, a ABES, o IPT e o instituto ITSEMAP DO BRASIL - SERVIÇOS TECNOLÓGICOS MAPFRE, além da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e do apoio institucional de Universidades ou de seus departamentos, como PCC/USP, PMI/USP, DEC/FEG/UNESP, DEC/UNITAU, Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário Nove de Julho UNINOVE, bem como do árduo trabalho de uma equipe incansável, voluntária e idealista que compõe o Comitê Técnico.

Ibracon: É viável tecnicamente a produção de concreto e argamassas com resíduos de construção, RCD? Qual a durabilidade que se pode esperar dos agregados reciclados?

Salomon: No território nacional a utilização de RCD para produção de argamassas de assentamento e revestimento ocorre com certa frequência, em grandes centros como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba. Mas, infelizmente, ainda não é um fato usual para produção de concretos. Porém, isso não significa que a produção de concreto, com substituição de agregados naturais por reciclados, não possa ser viabilizada. Conforme preconizado pela norma holandesa CUR 1986⁽¹⁾ e comprovado por LEVY (2001)⁽²⁾ em estudo desenvolvido no PCC.USP e no IPT, substituições de agregados naturais por reciclados em nada alteram as propriedades mecânicas e a durabili-

1 Commissie voor Uitvoering van Research CUR Betonpuingranulaaten Metselwerkpuins Granulaat alls Toeslagsmaterial van Beton. Commissie voor Uitvoering van Research ingesteld door de Betonvereniging, Rapport 125, 1986

2 LEVY, Salomon. M.; Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. São Paulo, 2001. p.194 tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PCC.USP

dade em relação aos concretos de referência (só com agregados naturais) quando a substituição ocorre em teores da ordem de 20%, em massa. Alias tal prática já foi e é muito empregada em países da Europa como Holanda, Alemanha e Inglaterra. Também foi demonstrado que é possível obter excelentes concretos com proporções de substituição superiores a 20%, porém, nestes casos, deve-se considerar que os agregados reciclados apresentam taxas de absorção mais elevadas que a dos agregados naturais e esse fato deve ser considerado quando se procura definir o fator água/cimento dos concretos.

Ibracon: Além da comprovação das propriedades mecânicas dos concretos e argamassas, há estudos de durabilidade desses concretos obtidos com agregados reciclados?

Salomon: Com relação à durabilidade, embora a bibliografia apresente menor número de trabalhos, do que os desenvolvidos para as propriedades mecânicas, todas as disponíveis são coerentes e promissoras. OLIVEIRA (2002)⁽³⁾ concluiu que concretos submetidos à ação de chuva ácida, quando preparados com agregados reciclados apresentavam maior facilidade de lixiviação do que os concretos de referência, principalmente à medida que os agregados reciclados originam-se de resíduos de concretos mais antigos. LEVY (2001), demonstrou que a substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos obtidos a partir de resíduos cerâmicos reduz a velocidade de carbonatação, alcançando seu melhor desempenho quando a substituição ocorre num teor por volta de 50%. Outros estudos estão em andamento para melhor esclarecer o comportamento desses concretos a longo prazo.

Ibracon: Qual parcela dos agregados naturais poderia ser substituída por resíduos de construção e demolição (RCD) se o mercado nacional se dispusesse consumi-los irrestritamente, colaborando assim com a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável?

Salomon: Para responder a esta pergunta satisfatoriamente, seria necessário analisar os dados sobre o consumo e a produção de agregados naturais e compará-los ao da geração de entulhos. De acordo com uma pesquisa realizada pela CERF/ Civil Engineering Research Foundation, entidade ligada ao American Society of Civil Engineers (ASCE) dos Estados Unidos, a construção civil é considerada o maior consumidor de recursos naturais e é responsável por 15% a 50% do consumo dos agregados naturais extraídos. Ainda de acordo com a mesma pesquisa, no Brasil o consumo de agregados naturais, somente na produção de concreto e argamassas atinge 220 milhões de toneladas/ ano.



Segundo Pinto (1987)⁽⁴⁾, a geração mensal de entulho no país pode chegar a 800 mil t/mês. Apesar destes dados corresponderem ao final da década de 80, supõe-se que hoje em dia deva ser da ordem de 30% a 50% acima desses números, uma vez que os métodos construtivos se aprimoraram e que centros urbanos como São Paulo já desaceleraram seu ritmo de crescimento.

Assim será possível estimar que se terá no país a geração de cerca de 1.350.000 t/mês de entulho. Admitindo-se que 50% deste total possa ser empregado para produção de agregado reciclado utilizado na produção de argamassas e concretos seriam, produzidos 650.000 t/mês de entulho disponível contra uma necessidade da ordem de 20.000.000 t/mês, ou seja algo da ordem de 3,3% da necessidade do país de acordo com os dados apresentados.

Ibracon: Dentre os resíduos de mineração, os finos ou os chamados “pó de pedra” ainda podem ser considerados um problema ambiental ?

Salomon: Hoje em dia, os finos de pedra, faixa dos agregados miúdos, são utilizados nos concretos convencionais, concreto para pavimento rígido e na composição da base e sub-base de pavimentos convencionais. Desde os trabalhos pioneiros na década de 70, (SBRIGHI 1975)⁽⁵⁾ há conhecimento da influência da distribuição granulométrica e da quantidade de finos nas propriedades do concreto e das argamassas. O uso de equipamentos de britagem tipo VSI, de utilização recente na mineração de agregados, tem aberto perspectivas técnicas maiores para os materiais assim originados, por aperfeiçoar sua forma e textura superficial, com implicações diretas na reologia do concreto e das argamassas.

A substituição de areias naturais por finos de pedra de basalto em traços de concreto compactado a rolo visando a utilização como sub-base de pavimentos mostrou resultados de resistência à compressão simples e a tração na flexão compatíveis com os padrões estabelecidos nas normas técnicas do DNER.

Opcionalmente, substitui-se à compressão também cerca de 10% da massa de cimento por finos de pedra, obtendo-se para estas misturas modificadas resistência à compressão simples

3 OLIVEIRA, M. J. Estéfano de; Materiais descartados pelas obras de construção civil: estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. São Paulo, 2002. p.191 tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas Universidade Estadual Paulista. Campus Rio Claro.

4 PINTO, T.Pinto; Utilização de Resíduos de Construção Possibilidade de Uso em Argamassas. in: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM HABITAÇÃO: DA PESQUISA À PRÁTICA, I, 1987. São Paulo SP Brasil. Anais, São Paulo Abril 1987 pp. 189 193.

5 SBRIGHI, Cláudio; A influência dos finos e da sua natureza mineralógica em algumas propriedades do betão LNEC dez 1975 Dissertação (Mestrado)

entre 3,4 e 4,5 MPa, o que comprova a viabilidade técnica da utilização destes materiais nas condições ensaiadas. Nos grandes centros consumidores, especificamente em São Paulo e Belo Horizonte, cada vez mais as fontes naturais de agregados miúdos - areia - têm se esgotado, o que implica no transporte destes bens por distâncias de até 200 km. Tendo em vista que o frete (transporte) é um dos principais elementos de composição do custo do agregado, muitas pedreiras (nestes centros) têm reduzido granulometricamente a brita 1 para uma fração $-4,8 +0,075$ mm e ainda assim têm condições comerciais competitivas - apesar do alto custo de britagem. Deste modo, não se pode ainda afirmar que os finos de pedra são largamente utilizados, pois apenas em alguns centros é que de fato tal substituição ocorre. Esta substituição tem se dado tanto em pavimentos (cuja forma do grão favorece o embricamento das partículas e conseqüentemente o aumento da resistência à tração) como em concretos, onde muitas vezes a curva granulométrica e a trabalhabilidade são corrigidas através da adição de areias finas de origem eólica.

Ibracon: Mineralogicamente falando, os agregados reciclados apresentam diferenças que podem atrapalhar ou reduzir sua utilização na produção de argamassas e concretos?

Salomon: Como os agregados reciclados de construção e demolição são predominantemente de origem mineral, isso não constitui problema. O problema maior está relacionado com a granulometria, devido ao excesso de finos produzidos na usina de reciclagem, que exige uma correção granulométrica. Outro problema é absorção d'água, que deve ser contornado com adequação da técnica de mistura do concreto e da seleção da matéria-prima utilizada na produção do agregado alternativo. Deve-se ressaltar, entretanto, que no caso específico de agregado cerâmico, especialmente os vidrados, sua constituição intrínseca (predominantemente argilominerais) torna sua utilização mais complexa. Porque são agregados muito lamelares, com superfície lisa, dificultando a aderência com a pasta de cimento e porosos.

Ibracon: Muito bem e do ponto de vista econômico o que poderia ser realizado para tornar a atividade de reciclagem atrativa para a iniciativa privada?

Salomon: A redução de tributos sobre agregados reciclados seria uma alavanca para o uso desse material, de modo a tornar seu custo final mais atraente. Da mesma forma, uma alternativa adicional que induziria ao uso do agregado reciclado, diz respeito ao incremento nos custos de disposição de rejeitos da construção. Essa alternativa, vislumbrada e contemplada em vários países, fomenta a conservação de matéria-prima não renováveis e o reaproveitamento do agregado reciclado. Os maiores usuários de agregados reciclados, são, via de regra, países geograficamente limitados, onde tanto a escassez de agregados como os custos de disposição são elevados.

Esse fato, por si só, define regras mais pragmáticas e indutivas à reciclagem, o que não ocorre em países com maiores extensões geográficas como Brasil e Canadá, por exemplo, onde a questão e a percepção do espaço e de disponibilidade de recursos naturais ilimitados é grande. Igualmente devem ser penalizados os aterros clandestinos, de modo a desestimular essa prática. Enquanto os custos de disposição forem baixos e os tributos altos, as perspectivas de aumento no uso de agregado reciclado são limitadas e o desenvolvimento lento. Sabe-se que os volumes de demolição e construção são grandes e os locais estão cada vez mais escassos, além do custo elevado para disponibilizá-los.

E, uma vez existindo a possibilidade de utilizar concretos e agregados obtidos com agregados reciclados, há grande demanda para uma habitação de baixo custo, como foi discutido no Projeto da "CASA 1.0", desenvolvido pela ABCP. O Brasil tem condições e soluções para

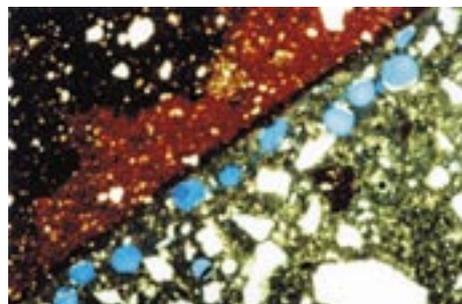
a urbanização e habitação de baixo custo, para a população de baixa renda. Há viabilidade tecnológica e materiais alternativos para a habitação popular. É necessário aproximar os construtores e as classes afins para que

tomem conhecimento do que existe. O desenvolvimento de um trabalho maior de divulgação envolvendo empresas, entidades e órgãos para buscar uma efetiva integração e criar um "compromisso" de realização é uma ação inadiável.

Ibracon: A abundância de agregados naturais, nas cercanias das grandes metrópoles brasileiras pode ser considerada um entrave econômico, para reciclagem de resíduos de construção em nosso país?

Salomon: A princípio deverá ser um agente estimulador, em um futuro razoavelmente próximo. Com o crescimento urbano, muitas pedreiras viram-se, literalmente, cercadas por aglomerações humanas. Desse modo, além da questão ambiental, o componente social passou a ter um peso significativo no processo extrativo. O impacto da poluição sonora, fissuras em moradias causadas por detonações com explosivos, o transporte feito em meio a áreas mais densamente povoadas, com maior risco de acidentes, são agentes relativamente novos incorporados no cenário urbano e muito mais suscetível a questionamentos por parte da comunidade e da mídia.

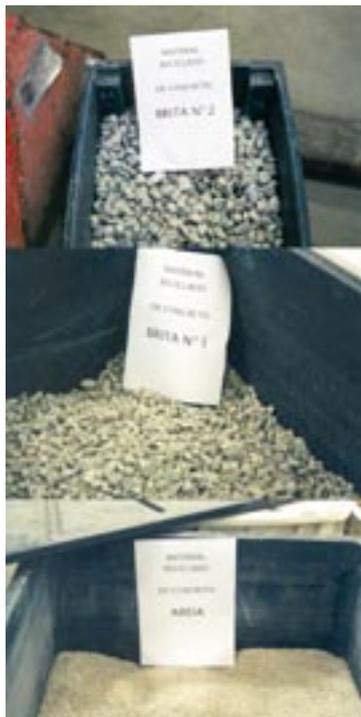
Considerando os cuidados a serem adotadas na prevenção ambiental, com maior fiscalizações, os custos de exploração tendem a crescer, indiretamente beneficiando o potencial uso do agregado reciclado. De qualquer modo, existe ainda um espaço im-



Micrografia

essencial no entanto que se agregue valor ao seu uso, valorizando sua utilização mediante incremento na durabilidade das obras. O importante não é a mitigação pura e simples do agregado natural, mas seu bom uso e uma garantia de que o mesmo será incorporado ao produto final ao máximo de seu potencial. O agregado reciclado deve ser visto como uma oportunidade ambiental e econômica complementar ao uso do agregado natural, mas a melhor alternativa em termos de sustentabilidade ainda continua sendo a prevenção ou o uso racional de recursos naturais, ainda mais em um país como o Brasil, onde as carências habitacionais e de demais infra-estruturas ainda é grande, demandando o uso crescente de concreto e argamassas.

Ibracon: No caso de grandes municípios como São Paulo, a escassez de agregados miúdos naturais, nas cercanias da metrópole pode ser considerado um incentivo para viabilização de agregados reciclados do ponto de vista econômico ?



Agregados de concreto

Salomon: No caso específico de areias naturais, restrições ambientais estão dificultando muito sua exploração nas cercanias das grandes metrópoles, especialmente na cidade de São Paulo, que traz boa parte da areia que consome da região do Vale do Paraíba. Ou seja, até mesmo do ponto de vista econômico o agregado reciclado está cada vez mais viável.

Ibracon: No Brasil qual seria o Estágio atual da Normalização? Pode-se dizer que a normalização

quando publicada em forma de Norma técnica forneceria subsídios necessários ao desenvolvimento do mercado consumidor, ou será que o incremento deste mercado é uma questão meramente econômica.

Salomon: O Brasil já possui normas para o emprego de agregado reciclado em concreto sem função estrutural e para pavimentos. Os textos base para agregados reciclados a serem utilizados em concreto e pavimentação foram respectivamente coordenados, pelos Profs. Dr. Márcio J. Estéfano de Oliveira e Tarcisio de Paula Pinto, com a participação de especialistas de vários setores da sociedade e encaminhados aos CE (Comissão de Estudo) do CB-18 da ABNT e atualmente já se encontram disponíveis aos interessados em utilizar o agregado reciclado na construção civil e obras de infra-estrutura.

Ibracon: Do ponto de vista prático, existem plantas de reciclagem devidamente instaladas e operando comercialmente no Estado de São Paulo? Quais os volumes diários produzidos ?

Salomon: No Brasil, a utilização de agregados reciclados em escala industrial, ainda não constitui prática largamente difundida entre nossos municípios, ou seja, a implantação de usinas de reciclagem com produção diária e padrões de qualidade definidos ainda não se transformou em rotina adotada pelas prefeituras de nossas cidades, nem pela iniciativa privada. Porém, alguns municípios estão procurando se organizar no sentido de adotar uma política de gerenciamento de seus resíduos sólidos, a fim de transformá-los, de forma empresarial em agregados reciclados. Como exemplo desta tendência poderiam ser citadas algumas usinas operando comercialmente no estado de São Paulo, Minas Gerais e Brasília (PINTO, 2001) ⁽⁶⁾ ;

- Usina gerida pela iniciativa privada, situada no município de Socorro SP
- Usina gerida pelo poder público, instalada no município de Vinhedo SP
- Usina gerida pelo poder público, instalada no município de Ribeirão Preto SP
- Usina gerida pelo poder público, instalada no município de Brasília DF
- Usina gerida pelo poder público, instalada no município de Belo Horizonte (Estoril) MG
- Usina gerida pelo poder público, instalada no município de Belo Horizonte (Pampulha) MG.

Foi inaugurada em meados de março de 2004 uma unidade de reciclagem dentro da Área de Triagem e Transbordo do Jaçanã situada no Município de São Paulo-SP, também gerida pela iniciativa privada (ASSIS, 2004) . ⁽⁷⁾ ♦

6 TARCISIO, P. Pinto; Comunicação Pessoal - Informações transmitidas via Fax Outubro 2001.

7 ASSIS, Cásia Silveira de; Oliveira, Márcio J. Estéfano de; Cottas Luiz Roberto. Management Aspects on CivilConstructions Waste in São Paulo City - Brazil. In: RILEM - Proceedigns PRO 40. International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings an Structures. Nov. 2004, Barcelona, Spain. Edited by E. Vázquez, Ch. F. Hendriks and G.M.T. Janssen, University of Catalunya, 2004, v. 1, pg. 275-280

ALGORITMOS EVOLUTIVOS EN LA INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS

Dr. Ing. Guillermo Franco, The Earth Institute at Columbia University . New York, NY, USA

¿Qué son los algoritmos evolutivos?

Durante las décadas de los cincuenta y de los sesenta, conceptos hasta entonces pertenecientes exclusivamente al campo de la biología, comenzaban a introducirse en los campos de la robótica y la cibernética, cuyo objetivo fundamental era dotar a las computadoras, al menos en grado parcial, de la versatilidad y adaptabilidad de los organismos naturales. Sin duda, la formalización del concepto de selección natural introducido por Charles Darwin y Alfred Wallace a mediados del siglo XIX jugó un papel crucial en las conexiones que se iban a materializar entre las ciencias tecnológicas y las ciencias biológicas.

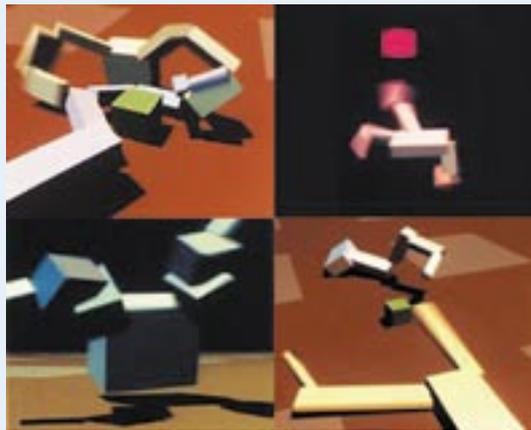
La teoría de la evolución postula que todos los seres vivos son fruto de un proceso de continua adaptación a su entorno, en el que individuos que llevan a cabo sus funciones vitales con mejor aptitud gozan de mayores probabilidades de subsistencia. Darwin también observó que existía un mecanismo por el cual una población transmitía las características de los progenitores a sus descendientes, que resultaban ser diferentes de ambos padres y no una réplica de uno de ellos. Así, en cada generación de individuos, aparecían nuevas alteraciones que podían convertir a los descendientes en mejores o peores individuos que sus progenitores en su capacidad de adaptarse a su entorno. El medio ambiente se encarga de decidir si las variantes incorporadas a la especie permanecen o no. Si los descendientes llegan a reproducirse con éxito, dichos cambios tienen la posibilidad de transmitirse de nuevo a su prole y el nuevo rasgo puede quedar perpetuado. Análogamente, rasgos que carecen de uso, tienden a desaparecer a lo largo de las generaciones y se convierten en atavismos.

¿Cómo se transmiten o se pierden dichos rasgos en cada generación? Los numerosos experimentos en botánica conducidos por Gregor Mendel, también a mediados del siglo XIX, ofrecieron

una respuesta plausible. La implementación de estos conceptos evolutivos en procesos automáticos dirigidos por computadoras nació de la mano de pioneros como John H. Holland en la Universidad de Michigan, Ingo Rechenberg y Hans-Paul Schwefel en la Universidad Técnica de Berlín, y Lawrence J. Fogel en el Instituto Tecnológico de California (CalTech). Las primeras aplicaciones y formulaciones de estas técnicas evolutivas datan de los años setenta. A su aparición y a la inmediata euforia generada, siguió un periodo de indiferencia durante la década de los ochenta y posteriormente un resurgimiento en los años noventa. Los

últimos años han visto aparecer un gran número de técnicas relacionadas como algoritmos genéticos, estrategias evolutivas, programación evolutiva, y un sinfín de variantes.

En 1994, Karl Sims publicó "Evolving Virtual Creatures" en la conferencia SIGGRAPH, en la que despertó el interés de expertos y del público en general. Sims reprodujo en su computadora un entorno natural en el que se simulaban diversos medios, como el acuático y el terrestre, con consideración de parámetros físicos como gravedad, rozamiento y viscosidad. Asimismo, dotó a la computadora de un conjunto de bloques con los que construir criaturas virtuales. Dichos bloques podían ser interconectados



Imágenes de las criaturas virtuales generadas en el trabajo de Karl Sims "Evolving Virtual Creatures", SIGGRAPH94. En las cuatro imágenes, y en sentido de las agujas del reloj comenzando por la imagen superior izquierda, se pueden ver algunos ejemplos de criaturas capturando un objeto, siguiendo un objetivo móvil en un medio acuático, apartando objetos, y saltando.

a modo de extremidades por la computadora y cada uno llevaba asociado un conjunto de sensores y de actuadores que permitían a los seres virtuales, o "blockies" como se acabaron llamando popularmente, ejercitar diversos movimientos y obtener datos de su entorno, como colisiones, intensidad de luz, resistencia al movimiento y presiones. Finalmente, Sims dotó a la máquina de un criterio de valoración de acuerdo al cual los individuos generados podían ser evaluados y comparados. En ambientes acuáticos, se recompensaba a criaturas que pudieran nadar con más rapidez en

una dirección o a seres que pudieran seguir con más eficiencia un objeto móvil; en ambientes terrestres los individuos competían por correr más rápido, por controlar objetos o por saltar más alto.

La evolución simulada resultó en seres virtuales con una sorprendente similitud a seres vivos reales. Era prácticamente imposible analizar la complejidad de los mecanismos que habían evolucionado en la máquina automáticamente ya que las funciones sensoriales y motoras se relacionaban con complejas fórmulas, fruto de los experimentos de ensayo y error conducidos en la máquina mediante un algoritmo genético. Una de las conclusiones más interesantes era que la complejidad obtenida en los seres era secundaria, pues el objetivo era que dichos seres virtuales funcionaran bien en su entorno y no comprender cómo funcionaban exactamente. De este modo, el control del diseño era cedido con éxito a un proceso computerizado.

¿Cómo funcionan los algoritmos evolutivos?

Dado que estas técnicas emulan el proceso natural de la evolución, todos los ingredientes contenidos en la evolución natural tienen su homólogo en la evolución simulada. A pesar de que existen un gran número de diferentes algoritmos evolutivos, todos ellos comparten los siguientes rasgos fundamentales: Una población de individuos, cada uno de los cuales representa la solución potencial al problema en cuestión, un mecanismo de reproducción en el que se pueden producir cambios en el genotipo de los diferentes individuos, un criterio de evaluación, mediante el cual, diferentes soluciones pueden compararse de un modo objetivo, o subjetivo si existe interacción humana en el proceso, y un mecanismo de selección por el cual ciertas soluciones son destinadas a ser las generadoras de la siguiente población de individuos y a iniciar un nuevo ciclo evolutivo. Dos de las versiones más extendidas de algoritmos evolutivos son los algoritmos genéticos y las estrategias evolutivas. Ambos aparecieron en la década de los setenta, en instituciones norteamericanas y alemanas, respectivamente.

Los algoritmos genéticos funcionan muy similarmente a cómo funcionan los procesos genéticos naturales. Los parámetros que caracterizan la solución del problema son codificados en cadenas de bits de ceros y unos. Si dichos parámetros son números reales, sus valores se transforman a código binario para obtener las necesarias cadenas de bits. Los códigos correspondientes a los diferentes parámetros se concatenan para formar una única cadena de valores binarios que caracterizan por completo la solución y dicha cadena constituye el genotipo de la solución. La expresión de dichos genes en la solución constituye su fenotipo que, usualmente, describe las características físicas de la solución.

La población original de soluciones consta, por lo tanto, de un número de genotipos, cada uno de los cuales representa una solución. Para obtener esta población inicial se suele partir de soluciones tomadas al azar en el rango plausible de los parámetros. El proceso de reproducción consta usualmente de

dos mecanismos fundamentales: la recombinación y la mutación. El primero consiste en la combinación de los genotipos de dos o más individuos para crear un descendiente, cuya cadena de ceros y unos será fruto de la selección aleatoria de valores binarios de uno o de otro progenitor. Este proceso tiene por objetivo transmitir la información hereditaria de una generación a la siguiente. Naturalmente, la disposición diferente de ceros y unos respecto a los padres, puede resultar, como en la naturaleza, en características físicas muy diferentes de las de dichos progenitores. El mecanismo de mutación consiste en alterar al azar uno o varios valores binarios para incrementar el potencial de variación en la generación de una población. La recombinación en algoritmos genéticos es suficientemente potente para incentivar la alteración en los descendientes de una población.

Por ello, el mecanismo de mutación no es ampliamente utilizado en estos algoritmos, sin embargo, este proceso es crucial en la implementación de estrategias evolutivas, como comentaremos posteriormente. El mecanismo de reproducción es repetido tantas veces como sea necesario hasta crear una población de individuos descendientes de la población original mayor en número que ésta, ya que de ella se deberán extraer un número de individuos igual al de la población original para repetir el ciclo evolutivo. Para seleccionar a los individuos, se necesita un

criterio de evaluación de las diferentes soluciones que mida cuán aceptablemente se comportan los individuos obtenidos respecto a los objetivos deseados. Si el cri-

terio de selección es determinista, se pueden elegir directamente los mejores individuos, aquellos cuyo correspondiente valor de la función objetivo sea más favorable. Si, por el contrario, el criterio es probabilista, una cierta probabilidad de supervivencia se asigna a cada uno de los individuos en función de su valor de coste y para cada uno de ellos se realiza un experimento de supervivencia a modo de lanzar un dado para determinar si sobrevive dicho ciclo evolutivo o no. Las mejores soluciones tendrán mayores posibilidades de subsistir pero, en teoría, podrían sucumbir también en el proceso de selección. El mecanismo probabilista es, posiblemente, el más fiel al proceso de evolución natural. Una vez se ha seleccionado una población de descendientes con suficiente número de miembros, el proceso se repite indefinidamente o hasta que se alcanzan ciertos criterios de calidad de las soluciones o de convergencia al óptimo.

Si el problema tiene varias soluciones, el algoritmo genético es potencialmente capaz de encontrarlas todas. En problemas complicados en los que existen muchos parámetros y condiciones, es frecuente la existencia de un solo punto óptimo y la aparición de diversos óptimos locales en la función de coste. Estos problemas tienen difícil solución con algoritmos de optimización clásicos, ya que todos los algoritmos basados en la diferenciación de la función objetivo como son los algoritmos de Newton, tienden a quedar atrapados en óptimos locales sin posibilidad de escapar dichas regiones a no ser que el operador seleccione diferentes regiones iniciales. Naturalmente, si desconocemos la región donde se halla el óptimo global, la selección de una

" La evolución simulada resultó en seres virtuales con una sorprendente similitud a seres vivos reales. "

solución inicial apropiada es muy difícil y aún así, dicha selección no garantiza la convergencia al óptimo deseado si el grado de desconocimiento de la función de coste es alto. A veces, incluso, dicha función de coste no se posee en términos analíticos, sino tan sólo experimentales, es decir, que no es posible diferenciar la función analíticamente y que tan sólo se pueden obtener valores de dicha función en puntos discretos del espacio de parámetros. En esos casos más complejos, la utilización de algoritmos evolutivos es aconsejable y, a veces, necesaria. El uso de estas técnicas, de todos modos, tampoco garantiza la obtención de la solución óptima, aunque tiene más posibilidades de obtenerla que los algoritmos de optimización clásicos debido a su capacidad de explorar el espacio de parámetros con mayor efectividad. El algoritmo genético también puede quedar atrapado en soluciones que corresponden a óptimos locales de la función de coste, ya que la variación impuesta por los mecanismos de recombinación y mutación puede no ser suficiente para escapar dichas regiones.

La alternativa a los algoritmos genéticos más popular, son las estrategias evolutivas, que muestran un comportamiento similar. La diferencia fundamental estriba en el uso de valores reales concatenados en un vector como genotipo, sin necesidad de transformar dichos valores en su correspondiente código binario. Esto, naturalmente, acarrea la dificultad de implementar un proceso de recombinación a nivel de bits (de los ceros o unos de la cadena del genotipo). Por ello, el proceso de recombinación se lleva a cabo en las estrategias evolutivas a nivel de parámetros y no a nivel de bits. Diferentes parámetros de diferentes soluciones son recombinados pero no los bits internos de cada parámetro.

Esto ocasiona que la variabilidad impuesta por este proceso sea inferior a la de los algoritmos genéticos y, por ello, las estrategias evolutivas explotan en mucho mayor grado el mecanismo de mutación, que en este caso consiste en variar cada uno de los parámetros de las soluciones engendradas en un porcentaje aleatorio que responde usualmente a una distribución Gaussiana. Dichos porcentajes evolucionan junto a los parámetros para adaptar el radio de búsqueda de cada parámetro a la topología de la función de coste. Por esta razón, las estrategias evolutivas se consideran algoritmos que muestran una gran adaptabilidad.

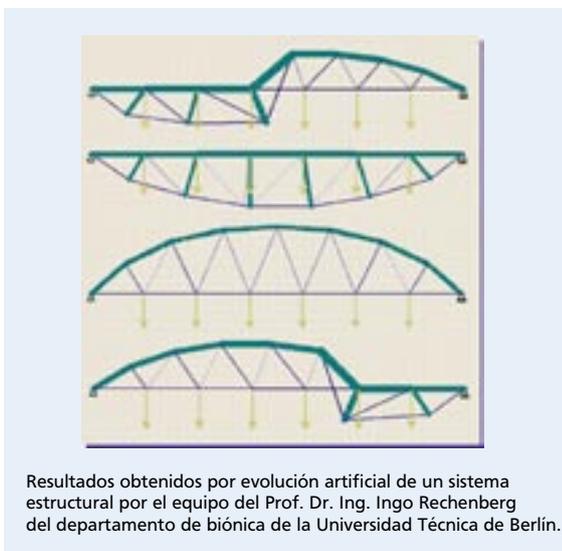
Hoy en día, ambos métodos y la infinidad de sus variantes que han surgido en los últimos años, utilizan indistintamente los mecanismos de codificación binaria y real, y ambos mecanismos reproductivos de recombinación y mutación junto con un sinfín de operadores híbridos.

Aplicaciones en la ingeniería estructural

Durante la popularización de los algoritmos evolutivos, numerosos campos de la ingeniería reconocieron su potencial de aplicación en problemas complejos. La ingeniería de estructuras no fue una excepción y en los últimos años numerosas aplicaciones en el campo de la ingeniería estructural han visto la luz, como por ejemplo en el cálculo y diseño estructural, en la detección de daños, en sistemas de control activo, y en la concepción de estructuras inteligentes.

El problema de diseño estructural es un problema de optimización complejo sujeto a numerosas limitaciones. Es fundamental que el diseño adoptado sea capaz de resistir las solicitaciones a las que esta sometida la estructura, al mismo tiempo que se asegura que la solución adoptada es económicamente interesante y que los materiales se utilizan eficientemente. Ingo Rechenberg y sus colaboradores en la Universidad Técnica de

Berlín (TUB) han desarrollado varios programas de optimización de estructuras mediante la utilización de técnicas evolutivas, en particular con la última generación de estrategias evolutivas anidadas o en su nomenclatura inglesa, Nested Evolution Strategies. Es interesante observar cómo dichos algoritmos son capaces de optimizar una viga biapoyada partiendo de una solución en cercha con cordones paralelos de tracción y compresión y, finalmente, obtener un arco como solución óptima para la maximización de la resistencia a cargas verticales con la utilización mínima de material. Dependiendo de los procesos aleatorios que tienen lugar en el



Resultados obtenidos por evolución artificial de un sistema estructural por el equipo del Prof. Dr. Ing. Ingo Rechenberg del departamento de biónica de la Universidad Técnica de Berlín.

proceso de optimización, pueden obtenerse diversas soluciones como el arco superior, el inferior u otras soluciones asimétricas peores que los arcos pero que denotan la existencia de óptimos locales en la función objetivo. En problemas complejos, en los que una solución intuitiva no es evidente, un algoritmo evolutivo puede obtener soluciones óptimas inesperadas.

El problema fundamental de la obtención de desplazamientos de la estructura puede también solucionarse con una estrategia heurística. El profesor Cengiz Y. Toklu de la Universidad del Mediterráneo Oriental en Chipre dirige un equipo cuyo objetivo es el desarrollo de estas técnicas como alternativa a la resolución del problema estructural por métodos más establecidos como el método de los elementos finitos. La formulación del problema de elementos finitos, cabe recordar, parte del concepto de minimización de la energía total de la estructura. Encontrar la solución de los desplazamientos de la estructura correspondientes a dicho mínimo energético garantiza que la estructura se halla en un estado de equilibrio estable. Para obtener el sistema de ecuaciones

a resolver en el problema de los elementos finitos, es necesario expresar la energía estructural en función de los desplazamientos nodales, diferenciar respecto de éstos e igualar a cero la expresión para obtener los desplazamientos correspondientes al óptimo energético. Este problema puede resolverse de este modo siempre y cuando la matriz del sistema resultante sea una matriz definida positiva. La presencia de mecanismos en la estructura provoca la aparición de singularidades en el sistema con lo que el problema resulta irresoluble. Utilizando la formulación del problema de minimización directamente y utilizando un algoritmo heurístico (un algoritmo evolutivo o de búsqueda aleatoria), es posible encontrar una solución plausible a problemas estructurales que incluyan mecanismos, inestabilidades y otras condiciones anómalas que hacen su resolución imposible mediante técnicas clásicas.

Detección Automática de Daños

Las técnicas evolutivas también se han comenzado a aplicar en la identificación de sistemas estructurales y en la detección automática de daños. Numerosos recursos se invierten en el mantenimiento de grandes infraestructuras y, usualmente, las inspecciones consisten en la visita de un equipo de expertos que revisan visualmente la estructura y que llevan a cabo campañas de muestreo en partes de la misma. Dichas inspecciones se suelen realizar en ciclos periódicos y suelen ser muy costosas. Diversos grupos de investigación están desarrollando técnicas automáticas de inspección global que faciliten estas tareas y que puedan complementarse con otras técnicas de detección de daños locales, conocidas como pruebas no destructivas, o en su equivalente en inglés, Non-Destructive Testing (NDT).

La detección global de daños comienza con el desarrollo de un modelo aproximado de la estructura que debe ser capaz de reproducir el comportamiento dinámico de la estructura con suficiente precisión. El sistema bajo escrutinio, es decir el edificio, el puente o la estructura en cuestión se instrumenta con sensores que permitan registrar los desplazamientos, velocidades o aceleraciones de algunos puntos de la estructura. Mediante análisis numérico, dichas mediciones de la estructura pueden simularse con el modelo computacional. Las señales simuladas serán iguales que las medidas solo en el caso hipotético de que el modelo sea

capaz de describir con infinita precisión no solo la estructura sino también los defectos en la medición como ruido, defectos en los sensores, etc. Naturalmente, esto es prácticamente imposible con la tecnología actual. Suponiendo, de todos modos, que las señales puedan obtenerse sin defectos de medición y que el error de cálculo en la simulación sea despreciable, el único factor que ocasionará discrepancias entre las señales medidas y las simuladas será la imperfección del modelo numérico utilizado. Dichos modelos se elaboran frecuentemente con paquetes de software comerciales que reducen toda la complejidad de la estructura a un conjunto de tres matrices que la caracterizan en su totalidad, es decir su matriz de masa, su matriz de amortiguamiento y su matriz de rigidez.

El tamaño de dichas matrices dependerá del grado de discretización de la estructura, creciendo la dimensión de las matrices con el número de grados de libertad considerado. Las computadoras actuales permiten la resolución de problemas numéricos de grandes dimensiones, así que se puede llegar a un

grado de discretización muy alto de la estructura y obtener unos resultados muy precisos. Si el modelo estructural así concebido puede parametrizarse, es decir que las matrices de masa, amortiguamiento y rigidez pueden expresarse como función de unas determinadas variables, para cada conjunto de valores de dichos parámetros se puede obtener un modelo estructural diferente. Utilizando las mediciones de aceleración de diversos puntos de una estructura, se concibe un proceso de optimización en el que se persigue hallar un modelo estructural que reproduzca dichas mediciones con tanta exactitud como sea posible. Queda formulado, por lo tanto, un problema de minimización del error

existente entre las señales simuladas en el modelo de la computadora y las señales medidas en la estructura. Los parámetros a codificar en el algoritmo evolutivo son las características físicas de que consiste el modelo, es decir los elementos de las matrices de masa, amortiguamiento y rigidez y la función de coste puede consistir, por ejemplo, en el valor absoluto de la diferencia entre las señales medidas y las simuladas. El equipo del profesor Chan Ghee Koh en la Universidad de Singapur y el equipo del Profesor Raimondo Betti en la Universidad de Columbia en Nueva York han llevado a cabo diversos estudios en la resolución de este problema mediante algoritmos genéticos y mediante estrategias evolutivas,



Estructura propuesta por la ASCE (American Society of Civil Engineers) para el desarrollo y pruebas de sistemas de detección de daños.

respectivamente. Los resultados obtenidos permiten obtener un modelo preciso de la estructura si las mediciones son suficientes y el nivel de polución de ruido en las señales es moderado. Llevando a cabo mediciones a lo largo del tiempo, el modelo estructural puede ir adaptándose a la evolución real de la estructura, es decir, a su deterioro, y la computadora puede detectar eficientemente cuando los niveles de servicio de la estructura decaen considerablemente. Un sistema de monitorización de la salud estructural (Structural Health Monitoring), como se suele denominar, permite realizar un seguimiento del estado de la estructura y puede indicar al operador o a un equipo de expertos, en qué zona de la estructura se están observando alteraciones o daños. A este análisis, le puede seguir una campaña de sondeos locales en el área indicada por el sistema de monitorización global, reduciendo así los costes de realizar una campaña de sondeos generalizada en ciclos de tiempo quizá poco eficientes.

El potencial de estas técnicas es inmenso pero el número de obstáculos a salvar previa a su efectiva puesta en práctica es todavía elevado. Por ejemplo, es difícil obtener datos precisos en mediciones de la estructura, debido a la polución de ruido, vibraciones de alta frecuencia de elementos estructurales locales, dificultad de instalación, etc. En el campo analítico, además, todavía existen

problemas para obtener modelos precisos, incluso en el caso de obtener buenas mediciones, debido a la complejidad de los sistemas estructurales y a la cantidad de parámetros que los caracterizan. En cualquier caso, numerosos grupos de investigación alrededor del mundo trabajan en estos momentos en perfeccionar las técnicas de detección de daños y la inversión en el desarrollo de estos temas es significativa. Como indicador de dicha actividad, se pueden destacar grandes proyectos de instrumentación de infraestructuras como el puente de Vincent Thomas en San Pedro, California. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) también propuso la elaboración de un problema en el que diversos grupos han trabajado con el fin de comparar la eficiencia de sus métodos bajo un marco común. Dicho problema consiste en la identificación de daños en una pequeña estructura de edificación de acero, de la cual se pueden retirar un cierto número de elementos con facilidad (desatornillándolos) para simular diversos escenarios de daños.



El puente de Vincent Thomas en San Pedro, California, una de las grandes obras de infraestructura instrumentadas para su monitorización.

Conclusiones

Las técnicas evolutivas han abierto nuevas posibilidades en la resolución de problemas de ingeniería y en la concepción de sistemas estructurales. Dichas técnicas se hallan en un momento de expansión y es probable que en las siguientes décadas se observen grandes avances en este campo.

¿Qué aplicaciones podemos esperar en el futuro en la ingeniería de estructuras? Sin duda alguna, uno de los proyectos más ambiciosos en estos momentos, es la creación de estructuras inteligentes y adaptables a su entorno. Dichas estructuras se conciben como sistemas que pueden medir variables externas y pueden determinar su propio comportamiento mediante un sistema de sensores como acelerómetros, sistemas de posicionamiento GPS, fibra óptica, etc. Dichos datos son transmitidos a una computadora que posee un modelo preciso de la estructura y ésta determina el estado de esfuerzos del sistema, comparando las señales recibidas

con el modelo simulado. Estas operaciones facilitan el mantenimiento de la estructura alertando al operador si se detecta algún estado de funcionamiento anómalo y detecta cuáles son las zonas de la estructura que están sufriendo deterioro. También es capaz de establecer cuáles son las reacciones más apropiadas en cada estado de sollicitación, reacciones que son transmitidas a los elementos estructurales activos que, bajo estímulos eléctricos o electromagnéticos, pueden alterar su geometría y su estado de esfuerzos. Materiales avanzados han sido diseñados con este fin, como los materiales electro o magneto-reológicos que bajo excitación eléctrica o magnética pueden cambiar por completo sus características resistentes.

La incorporación a la estructura de un elemento computacional como centro de decisiones y análisis y de un sistema de sensores, convierten a la estructura en un sistema dinámico complejo capaz de adaptarse a un entorno variable, una característica de gran utilidad en entornos en los que es difícil pronosticar las sollicitaciones de la estructura. Los algoritmos evolutivos, o sus futuras variantes, sin duda, jugarán un papel crítico en la creación de dichos sistemas estructurales, una vez se superen los numerosos obstáculos tecnológicos que todavía existen para alcanzar esta visión.

Agradecimientos

El autor desea transmitir su agradecimiento a Ingo Rechenberg, Karl Sims, Vince Streano, y a Carlos Ventura por la amable cesión de algunas imágenes de su trabajo, a Raimondo Betti por su consejo experto en identificación de sistemas estructurales y a Leonardo Garzón por su colaboración en la edición de este artículo. ♦



Notícias da Sede

O IBRACON está se organizando para disponibilizar a partir de março seu **Sistema de Cursos de Atualização**. No início serão Cursos de 8 horas, oferecidos em dois dias. Posteriormente estará oferecendo também Módulos de 18 e 36 horas.

Alguns dos temas mais solicitados pelos Sócios são:

- Desempenho e Durabilidade do Concreto pela nova NBR 6118
- O Concreto na Arquitetura
- Dosagem de Concreto e Concreto de Alto Desempenho
- Inspeção de Edificações e Avaliação Estrutural
- Recuperação e Manutenção de Estruturas de Concreto Armado
- Desenho de Pilares, Lajes e Vigas pela nova NBR 6118
- Sustentabilidade na Produção de Cimento e Concreto
- Desenho e Produção de Pisos de Concreto
- Controle Tecnológico e Qualidade do Concreto

Os **Comitês Técnicos** agora contam com uma potente ferramenta para o trabalho colaborativo a distância. Através do site do IBRACON poderão ser agendadas reuniões virtuais entre vários componentes e discutidos os temas em debates específicos de cada Comitê. Outros Sócios poderão acessar o trabalho dos Comitês e acompanhá-los de perto.

Foi aberto o **Concretu Forum** para discussão sobre temas relevantes que poderá vir fortalecer o trabalho dos Comitês Técnicos e dos Cursos, ampliando o debate a um público ainda maior. O **Concretu Forum** conta também com uma ferramenta para votação eletrônica. O primeiro tema colocado em discussão e votação foi o MANIFESTO PÚBLICO Lições do Areia Branca (nesta Edição)

IBRACON programou o lançamento do livro **"Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações"** durante o 47 Congresso Brasileiro do Concreto em Olinda, PE, de 2 a 7 de Setembro de 2005. Será o livro texto genuinamente brasileiro sobre o assunto

Mensagem de Recife/Olinda, PERNAMBUCO, sede do CBC2005

Formar para o mercado e para a vida



Exceto para os cursos universitários que visam dotar o aluno de uma cultura humanística, todos os demais sentem a forte demanda por um aprendizado que aproxime mais a academia do mercado de trabalho. Esse é o desafio para as universidades do século XXI.

A Universidade Federal de Pernambuco tem feito frente ao desafio. A professora Risale Neves, do departamento de Arquitetura e Urbanismo, viabilizou um convênio entre a universidade e a Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco (ADEMI-PE), que tem possibilitado aos seus alunos o aprendizado na prática.

Ver de perto a construção, o seu arcabouço estrutural e a compatibilização de projetos, passando pela radiografia das diversas instalações prediais até a mais simples preocupação com

prumos e alinhamentos. Este é o dia-a-dia dos estagiários do projeto Aprender na Obra.

A experiência tem permitido ao aluno confrontar a teoria com a prática, identificar tendências de mercado, conhecer novas tecnologias de construção, treinar posturas e relacionamentos profissionais, desde a escala empresarial até o operário de menor qualificação.

O convênio permite às construtoras associadas à ADEMI-PE a contratação de alunos de arquitetura, para atuarem no canteiro de obras durante seis meses, onde recebem uma bolsa no valor de um salário-mínimo, vale transporte e cobertura de um seguro obrigatório.

No final do estágio, o aluno expõe em forma de seminário sua experiência, manifestando a visão sobre o método de trabalho da empresa, o que reverte o aprendizado prático em reflexão teórica e crítica.

Parabéns aos colegas Pernambucanos pela vitoriosa iniciativa. Saiba mais em:

Informações:
CAU/CAC/UFPE-21268771



Compartilhe sua visão de futuro. Participe do Holcim Awards, o primeiro concurso global para projetos de construção sustentável*. Os prêmios totalizam US\$ 2 milhões.

Inscrições no site: www.holcimawards.org



Holcim foundation
for sustainable construction

A Holcim Foundation é apoiada pela Holcim Brasil:
www.holcim.com.br

Alvorada Barroso Cimini Paraiso

RESOTEC
Soluções em Cimento

Holcim Agregados

Concretex
Soluções em Concreto

*Em parceria com o Instituto Federal de Tecnologia (ETH), Zurique, Suíça; o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Boston, EUA; a Universidade de Tongji (TDK), Xangai, China; a Universidade de São Paulo (USP), Brasil; e a Universidade de Witwatersrand (Wits), Joanesburgo, África do Sul. Estas universidades são responsáveis por definir o critério de avaliação e liderar júris independentes em cinco regiões no mundo.

O Holcim Awards é um concurso da Holcim Foundation para a Construção Sustentável. A Foundation, com sede na Suíça e atuação independente, é uma iniciativa da Holcim Ltd, uma das líderes mundiais no fornecimento de cimento, concreto, agregados e serviços relacionados à construção. A Holcim Ltd, através de suas empresas e afiliadas, está presente em mais de 70 países.

www.holcimfoundation.org

AGREGADOS RECICLADOS NA PRODUÇÃO DE ARTEFATOS DE CONCRETO

Alexandre Marques Buttler . Doutorando EESC.USP; Márcio Roberto Silva Correa . Prof. Associado EESC.USP; Márcio Antônio Ramalho . Prof. Associado EESC.USP

A geração de resíduos de construção e demolição (RCD), segundo estatísticas de onze municípios brasileiros, representa cerca de 60% do volume total de resíduos sólidos produzidos. Em São Carlos, cidade de porte médio do interior paulista, essa relação chega a 75%, com produção média de resíduos de construção em torno de 400 t/dia. Estimativas da Limpurb (Departamento de Limpeza Urbana), da Prefeitura de São Paulo, indicam que 65% do total de RCD são constituídos de produtos inertes como argamassas, concreto e telhas, possíveis de serem reciclados.

O Brasil, felizmente, encontra-se em posição de vanguarda quando comparado a outros países da América Latina; a Resolução 307 do Conama, publicada em 2003, e as normas técnicas específicas tratando dos resíduos de construção e demolição, que brevemente entrarão em vigor, são os primeiros indícios de mudanças com relação a essa questão. Entretanto, outras medidas ainda precisam ser implementadas.

Em vários países, tais como Holanda, Inglaterra, Dinamarca, Japão e Hong Kong existem regulamentações e decretos que tratam da disposição e gerenciamento dos resíduos de construção, com a aplicação de elevadas taxas sobre os resíduos que são depositados no meio ambiente;

A forma encontrada pelo governo holandês para coibir o desperdício e promover a reciclagem dos resíduos, atingindo níveis superiores a 80%, foi aumentar em cerca de cinco vezes as taxas para despejo desses materiais no meio ambiente; acrescenta-se a isso, a grande pressão da sociedade contra a utilização de áreas para a disposição de resíduos e a exploração de recursos naturais.

Nos Estados Unidos, a imposição de legislações mais severas, com substancial elevação das taxas para a disposição dos resíduos, e o crescimento do número de centrais de reciclagem promoveram uma redução considerável no número de locais que antes eram destinados para a disposição de resíduos.

Em Hong Kong, o governo adotou a política de apoiar programas que promovam a utilização de agregados reciclados devido à escassez de locais adequados para a disposição dos resíduos de construção; no Japão, além da escassez de locais adequados, está ocorrendo uma progressiva exaustão das reservas de agregados naturais. Fato similar ocorre na Holanda, Bélgica e Dinamarca. Esses países precisam importar areia da Sibéria e

entulho da Inglaterra devido à escassez crônica de recursos minerais.

Na Austrália, são geradas cerca de 17Mt/ano de resíduos, sendo que 60% são representadas pelos resíduos de concreto. O sucesso no emprego de materiais reciclados, de acordo com Marciano Jr (2000), depende fundamentalmente da existência de tecnologias e normas que garantam qualidade no fornecimento desses materiais. Mehta (2002) cita que são geradas anualmente em todo o mundo, cerca de 900Mt de resíduos de construção

e demolição, sendo que grande parcela desse volume não é reaproveitada, devido à existência de regulamentações normativas restritivas que impedem a utilização de materiais reciclados.

No Japão, são gerados cerca de 36M t/ano de resíduos de concreto; esse volume de resíduos gerados é destinado majoritariamente para produção de agregados em sub-base de estradas e uma pequena parcela é destinada para os aterros.



Sistema Aberto de Reciclagem : Vista do Alimentador Vibratório e Britador

Na União Européia, segundo Marciano Jr (2000), são geradas cerca de 215Mt/ano de resíduos, sendo que desse total 60% são reciclados.

No Brasil, algumas estimativas indicam um volume total de entulho gerado da ordem de 0,55t/hab.ano, totalizando 95Mt/ano de resíduos; segundo John (2004), o volume de entulho gerado na cidade de São Paulo chega a 0,50t/hab.ano, sendo que a reciclagem representa apenas 10% do volume total gerado.

Esses índices podem ser considerados ínfimos quando comparados com alguns países europeus, tais como, Alemanha, Holanda e Bélgica, onde o volume reciclado, em relação ao total produzido, alcança valores superiores a 80%.

Possivelmente, a falta de conscientização da população, o pequeno investimento público e privado, a inexistência de normas e legislações adequadas e a falta de vivência/experiência podem ser alguns dos fatores que conduzem a essa pequena percentagem efetivamente reciclada.

Nas grandes cidades brasileiras, a disposição incorreta dos resíduos de construção acarreta problemas à própria população e ao meio ambiente através da contaminação de águas superficiais, surgimento de zoonoses e poluição visual; além disso, contrariando a NBR 10004, os resíduos de concreto, por exemplo, não são inertes, conforme estudo realizado por Oliveira & Assis (2001).

No Brasil, segundo Angulo et al. (2004), atualmente, existem em torno de 12 instalações de reciclagem públicas e algumas privadas com escala de produção pequena (menor que 100t/dia de resíduos processados); extrapolando os valores citados anteriormente, chega-se à conclusão que o país necessitaria de pelo menos 3500 usinas de reciclagem para processar o volume gerado diariamente. Na cidade de Belo Horizonte, município considerado modelo em relação ao gerenciamento de resíduos, as quatro usinas de reciclagem processam cerca de 660 t/dia de resíduos, representando apenas 15% do total gerado; em Piracicaba, o processamento de resíduos alcança 25% do total produzido. Em São Carlos, apesar da instalação de reciclagem ainda não estar operando, a prefeitura admite que

tentará buscar parceiros na iniciativa privada para a montagem de novas usinas de reciclagem, uma vez que a usina, quando estiver em operação, processará no máximo 40% do total de resíduos gerados na cidade.

Dentre os vários resíduos da construção civil, os resíduos de concreto apresentam um dos maiores potenciais de reciclagem devido à possibilidade de conhecimento das suas propriedades físicas e mecânicas e seu menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparado com outros resíduos de construção. Os principais agentes geradores de resíduos de concreto são as fábricas de pré-moldados e blocos, usinas de concreto pré-misturado, demolições de construções, atividades relacionadas à construção civil e pavimentos rodoviários.

Os resíduos provenientes de atividades da construção civil e demolições são constituídos por diferentes fases (cerâmica, argamassa, concreto, vidro, etc), fato este que dificulta a separação eficiente da fase concreto das diferentes frações devido à heterogeneidade do material. Dentre os meios de separação, a técnica de catação por análise visual, segundo Angulo et al. (2004), é um método extremamente trabalhoso e apresenta problemas quanto à reprodução, visto que o critério de definição é influenciado pelo operador e por sua eficiência. Na Holanda, apenas 1% do mercado das empresas de demolição empregam a demolição seletiva que separa a fração representada pelo concreto das demais fases. Uma das conseqüências deste fato é que, mesmo em países europeus com elevadas taxas de reciclagem, os agregados reciclados continuam sendo absorvidos em grande parte pelas atividades de pavimentação; essa prática, de acordo com Angulo et al. (2004), denomina-se downcycling, isto é, produtos reciclados aplicados em condições de menor qualidade e menor valor agregado. Com relação às outras fontes geradoras de resíduos de concreto, especificamente as fábricas de pré-moldados e usinas de concreto, o procedimento de separação citado anteriormente pode ser eliminado, visto a homogeneidade do material; nesse sentido, bastaria, quando necessária, proceder a britagem do material e o seu peneiramento em diferentes frações granulométricas visando sua utilização como agregado

reciclado. No Brasil, as estimativas da geração de resíduos de concreto, em fábricas de pré-moldados e blocos são escassas; dados obtidos em uma fábrica de pré-moldados de grande porte do interior do Estado de São Paulo indicam volumes gerados de até 7m³/dia de resíduos de concreto.

Por outro lado, em fábricas menores, esse desperdício situa-se em torno de 0,2m³/dia, representando cerca de 2% da produção total. Dados fornecidos pela Abesc - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (2001), para a região metropolitana de São Paulo, apontam para um volume de cerca de 18 a 35m³/dia de concreto residual gerados nas usinas de concreto. Geralmente, em fábricas de pré-moldados, os resíduos de concreto são provenientes de elementos rejeitados pelo controle de qualidade, final de linhas de produção e sobras de concreto fresco ao final do processo.



Sistema aberto de reciclagem - Vista da correia transportadora e do peneirador.

As normas e especificações internacionais são menos restritivas quanto ao emprego de agregados reciclados de concreto. A definição geral de agregado reciclado (RA), pela norma BS 8500, recentemente publicada, compreende partículas inorgânicas britadas e que foram processadas de materiais previamente utilizados na construção civil, tais como, concreto e alvenaria.

Dentro desta definição, os agregados reciclados de concreto (RCA) compreendem materiais no qual a quantidade de alvenaria é limitada, em peso, a 5%. As restrições para utilização deste último agregado (RCA) são menores quando comparado ao anterior (RA), devido à sua maior homogeneidade e características de desempenho.

Os agregados reciclados (RA) podem ser empregados em concretos da classe de resistência C15/C20 sob condições moderadas de exposição, enquanto que os agregados reciclados de concreto (RCA) podem ser utilizados, em concretos da classe de resistência C40/C50, sob condições diversas de exposição. Esta norma não permite a utilização de agregados reciclados (RA) na produção de concretos expostos à água do mar e severos ciclos de gelo-degelo, sendo esses concretos restritos ao emprego em ambientes cujo solo não seja agressivo. As recomendações da Rilem (1994) são semelhantes às especificações da norma BS 8500, permitindo a utilização de agregados reciclados (RA) em concretos da classe de resistência C50/60 e os agregados reciclados (RA) limitados à produção de concretos da classe de resistência C15/20. A análise dessas recomendações permite aferir o grande campo para aplicação dos agregados reciclados de concreto em diversas classes de resistência.

Angulo & John (2004) citam a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias para aplicação dos agregados reciclados na fabricação de artefatos de concreto que, por um lado, vão exigir o cumprimento de requisitos de qualidade mais

elevados, mas por outro lado, valorizarão o produto e despertarão o interesse das empresas privadas. Seguindo essa filosofia, a Construtora Setin, assessorada pela empresa Obra Limpa, estão reciclando no próprio canteiro de obras, cerca de 16000m³ de concreto, proveniente de um antigo piso industrial, para a produção de blocos, lajes e outras peças pré-moldadas. Esses materiais estão sendo utilizados na obra de um condomínio de alto padrão com 346 casas, em Guarulhos, Região Metropolitana de São Paulo.



Resíduos de blocos de concreto produzidos em uma fábrica de pré-moldados

A Construtora Racional, seguindo seu Sistema de Gestão Ambiental – SGA, implantado em junho de 2000, está reciclando o entulho gerado pela demolição de um edifício, cerca de 5000m³, para a fabricação de blocos de concreto; os agregados reciclados serão suficientes para produção de 600.000 blocos de concreto destinados à construção de cerca de 600 casas populares na cidade do Rio de Janeiro. Conforme alguns laudos da Construtora Racional, os blocos de concreto sem função estrutural estiveram dentro das especificações com relação à resistência a compressão e aspecto visual; os resultados de análise química demonstraram que os agregados reciclados são adequados para utilização na construção de alvenarias, pisos e revestimentos.

As iniciativas do setor privado na utilização de agregados reciclados para a produção de artefatos de concreto inserem-se em um setor relativamente novo e pouco estudado até o presente momento, pois a grande maioria dos trabalhos científicos fundamenta-se na caracterização das propriedades físicas dos agregados reciclados e na produção de concretos com consistência plástica, diferentemente do concreto “seco” utilizado nos blocos de concreto.

Deve-se observar que se está diante de novas aplicações para os materiais reciclados que apresentam suas peculiaridades, as quais deverão ser consideradas pela comunidade científica. Fonseca (2002), no Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, desenvolveu blocos de concreto com função estrutural, utilizando as frações graúda e miúda dos resíduos de construção e demolição provenientes da usina de reciclagem de Ribeirão Preto – SP.

As unidades produzidas estiveram dentro das especificações normativas para blocos estruturais com relação às propriedades de resistência à compressão e absorção de água. Nas sugestões finais do trabalho, o referido autor propõe que sejam avaliados aspectos relacionados à durabilidade dos elementos de alvenaria com agregados reciclados, principalmente aqueles relacionados com a retração por secagem, que são comprovadamente maiores para os elementos que empregam reciclados.

Um outro aspecto importante para os blocos de concreto com agregados reciclados, que não foi mensurada nesse trabalho, refere-se à quantificação da absorção inicial do bloco, sendo essa propriedade relacionada com a capacidade da unidade em absorver uma certa

quantidade de água imediatamente após o contato com a argamassa. A combinação de uma argamassa com baixo poder de retenção de água com um bloco de elevada capacidade de absorção de água podem gerar um comprometimento na aderência bloco-argamassa, diminuição na capacidade de absorver deformações da argamassa e aumento do potencial de retração por secagem do bloco.

Outros trabalhos foram desenvolvidos envolvendo a utilização de agregados reciclados de construção e demolição para produção de unidades de alvenaria não-estruturais. Entretanto, um dos grandes entraves para utilização dos agregados oriundos de resíduos de construção e demolição refere-se à grande variabilidade existente; Angulo e John (2004) observaram uma grande variabilidade na composição dos agregados reciclados de construção e demolição na análise de apenas uma central de reciclagem. O coeficiente de variação com relação às propriedades físicas dos agregados situou-se entre 5% e 87%. A variabilidade impediu o uso desses agregados em concretos estruturais, sendo que apenas 50% das amostras atenderam às exigências relativas às propriedades de absorção de água e materiais pulverulentos.

Atualmente, no Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, novas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando à reciclagem de resíduos de concreto para a produção de unidades de alvenaria estrutural, dando prosseguimento a trabalhos anteriormente realizados. O emprego de agregados reciclados de concreto justifica-se pelo fato da maior homogeneidade do resíduo e, conseqüente, menor variabilidade quando comparado com os agregados oriundos de resíduos de construção e demolição.

Estes trabalhos, que estão sendo desenvolvidos em parceria com uma fábrica de pré-moldados do interior de São Paulo, contam com apoio financeiro da Fapesp mediante auxílio à pesquisa. A escolha desta linha de pesquisa pode ser justificada pelo fato de que a grande maioria dos trabalhos trata apenas da utilização de reciclados de construção e demolição para a produção de blocos de concreto sem função estrutural com propriedades totalmente diferentes daqueles que seriam produzidos utilizando reciclados de concreto com função estrutural; além disso, nos trabalhos consultados não foram contemplados todos os ensaios necessários para a caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos blocos, prismas e paredes, bem como o desempenho na aplicação destino dessas unidades e, por último, a adequação do tema às novas políticas de reciclagem do país propostas pela resolução 307 do Conama.

Dentre os objetivos destas pesquisas, o primordial deles será a produção de blocos estruturais com agregados reciclados, inclusive os de maior resistência necessários para a aplicação em edifícios de múltiplos andares, que usualmente exigem maior consumo de cimento. Pretende-se monitorar o desempenho dessas unidades ao longo do tempo com avaliação criteriosa da propriedade de retração por secagem sob condições ambientalmente desfavoráveis.

A retração por secagem para concretos com agregados graúdos reciclados, de acordo com a Rilem (1994) e Buttler (2003), pode ser até 50% superior à retração encontrada para um concreto com agregados naturais de características similares.



Resíduos de vigotas de concreto produzidos em uma fábrica de pré-moldados

De acordo com Barbosa (1994), a retração em alvenarias de blocos de concreto é responsável por muitas das patologias observadas nas edificações, sendo uma das principais causas da fissuração, cuja ocorrência está ligada diretamente à durabilidade do concreto.

As paredes de alvenaria também serão avaliadas ao longo do tempo, principalmente sob condições ambientalmente desfavoráveis, utilizando a Câmara Climatizada do Departamento de Estruturas. O comportamento desses elementos será monitorado com o objetivo de se determinar o coeficiente de retração da alvenaria com agregados reciclados e, dessa maneira, propor recomendações de projeto, tais como, a disposição de juntas de movimentação mais próximas que o usual para evitar o aparecimento de fissuras ocasionadas pela retração.

Com relação às unidades de alvenaria, serão avaliadas as propriedades físicas e mecânicas das unidades, com especial destaque para o índice de absorção inicial (IRA) que determinará o traço de argamassa e a propriedade de absorção de água que deverá atender às prescrições normativas.

Nos ensaios com prismas, pretende-se utilizar os de três blocos para a determinação do módulo de elasticidade longitudinal; com os ensaios das paredes serão obtidos dados relativos ao módulo de elasticidade longitudinal e o coeficiente de Poisson.

As correlações encontradas para as resistências dos blocos, prismas e paredes de alvenaria, fornecerão informações relevantes sobre o comportamento estrutural da alvenaria não-armada de blocos de concreto com agregados reciclados.

A análise numérica, com a utilização de modelos teóricos em elementos finitos, será empregada no auxílio à interpretação dos fenômenos estudados, servindo como fonte de correlações entre os resultados teóricos e experimentais. ◆

Valorização de Resíduos Industriais na Produção de Materiais de Construção

Janaíde Cavalcante Rocha, Prof. Dr. UFSC & Malik Cheriaf, Prof. Dr. UFSC

Introdução

A consciência atual de que os recursos naturais não são ilimitados, bem como os sérios problemas ambientais que o mundo está passando, aponta a necessidade de um crescente investimento em pesquisas que permita a construção do hábitat com menor impacto global.

Pesquisar tecnologias de edificação menos impactantes que as usuais, promovendo o uso de materiais atóxicos e que minimizem os recursos naturais não renováveis tornam-se cada vez mais necessárias. Entretanto a estruturação da pesquisa deve favorecer aspectos que permitam avaliar os fenômenos envolvendo o comportamento dos resíduos como fonte de matéria-prima e a qualidade e comportamento dos materiais produzidos.

A produção industrial por mais limpa que seja sua operação e implementadas as metas e ações para uma gestão ambiental traz consigo produto não fins, ou seja, a geração de resíduos que pode apresentar um potencial para desenvolvimento de materiais num cenário futuro de valorização. Na realidade uma investigação tecnológica, sistematizada, tendo como compromisso o gerador do resíduo é essencial para que se possa avaliar a possibilidade de uso e valorização dos resíduos na cadeia produtiva de materiais de construção. Sendo a aplicação de quantidade de recursos humanos, materiais e financeiros pelo gerador de resíduos conseqüência do grau de prioridade concedido pelo gerador nas ações minizadoras de impacto ambiental e na redução do passivo ambiental.

O equilíbrio e a auto-sustentabilidade para a gestão dos resíduos industriais tem que ser buscados dentro do universo dos próprios geradores, dos centros de tratamento e disposição final e das alternativas para valorização de resíduos, pressupondo, nesta última, investimentos em pesquisa como elemento para aproveitamento dos resíduos.

Em função da sua elevada demanda por matérias-primas o macro-complexo construção civil possui um papel importante de reutilização e reuso de resíduos, prevenindo-se um aumento nos próximos cinco anos da parcela de resíduos utilizados na produção de materiais e componentes para a Construção Civil [Plano Estratégico para Ciência e Tecnologia e Inovação na Área do Ambiente Construído de 2002 (ANTAC/MCT/FINEP)].

Em relação aos resíduos industriais, encontra-se aqui relatado resultados de investimento de pesquisa visando contribuir para a cadeia produtiva dos materiais de construção.

Desenvolvimento de protótipo para habitação de interesse social

A construção do protótipo teve por objetivo o uso de materiais visando atender à necessidade básica da habitação, integrando conceitos de desempenho, qualidade e conforto da habitação. A edificação foi resultado de pesquisas de estudo de diversos trabalhos, envolvendo principalmente a valorização das cinzas pesadas e da ação conjunta de pesquisadores na área do ambiente construído.

A sustentabilidade do protótipo na dimensão social estabeleceu a construção de um embrião de aproximadamente 42 m², contendo sala-cozinha, lavanderia e varanda no pavimento térreo; dormitório e banheiro completo no segundo piso. A flexibilidade no projeto prevê para uma segunda etapa da obra, a construção de um ambiente no pavimento térreo podendo atender funções diversas como dormitório, sala e mesmo um espaço produtivo.

Um terceiro dormitório poderá surgir no pavimento superior, sobre o primeiro ambiente ampliado. O projeto arquitetônico foi desenvolvido pelo grupo Ghab/ UFSC. A figura 01 abaixo apresenta uma maquete 3D do protótipo construído no



Maquete 3D protótipo NPC/UFSC.

campus da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

A sustentabilidade na dimensão tecnológica incluiu o desenvolvimento científico e tecnológico local, através de parcerias entre a empresa TractebelEnergia, a FINEP e UFSC/NPC (Núcleo de Pesquisa em Construção da Universidade Federal de Santa Catarina) que possibilitou a avaliação e desenvolvimento de materiais com o aproveitamento das cinzas pesadas geradas em processo termelétrico. As cinzas pesadas foram usadas nas seguintes aplicações do protótipo:

- concreto usado nas fundações;
- blocos empregados na alvenaria (elementos paredes);
- concreto da laje do 1º pavimento e laje de cobertura;
- escada pré-fabricada;
- argamassa de revestimento;
- sistema de esgoto wetland.

Procurou-se inicialmente estabelecer parcerias com o setor de pré-fabricação local, permitindo avaliar e adequar a produção dos materiais e assegurar a transferência tecnológica para o setor produtivo. A estratégia voltada para o setor de pré-fabricação foi motivada pelos seguintes aspectos: a industrialização da construção e a racionalização nas estruturas, elementos essenciais quando os novos desafios estão voltados para a habitação de interesse social.



Matéria-prima empregada na produção do protótipo- cinzas pesadas.

fios estão voltados para a habitação de interesse social.

As condições favoráveis para a aplicação das cinzas pesadas da termelétrica na fabricação de elementos pré-fabricados foram: pesquisa básica voltada para entendimento das principais propriedades deste resíduo para o desenvolvimento de materiais em composições com cimento Portland; simulação do comporta-

mento em uso através de montagem de bancada experimental; avaliação dos fatores condicionantes na produção de elementos pré-moldados. A pesquisa direcionada para valorização das cinzas pesadas permitiu a produção dos seguintes elementos pré-moldados: escada de acesso ligando os dois pavimentos, blocos estruturais para execução da alvenaria paver para calçamento.

As argamassas de revestimento colantes foram produzidas in-loco, entretanto foram testadas em processo de industrialização, sendo produzida argamassa anidra com as cinzas pesadas. Para os concretos foi avaliada aspectos da bombeabilidade, sendo o concreto da fundação produzido em uma central de concreto, onde as cinzas pesadas foram empregadas em substituição à areia natural. Os elementos pré-fabricados produzidos com uso das cinzas pesadas são apresentados na sequências das fotos apresentadas nas figuras 03 e 04 abaixo.



Figura 03: Pré-fabricação de materiais com uso das cinzas pesadas (blocos estruturais e escada).



Figura 04: Etapas de produção do protótipo com o aproveitamento das cinzas pesadas.

Características das cinzas pesadas como matérias primas

As cinzas geradas pelas centrais termoelétricas caracterizam-se pelo potencial pozolânico. Esta característica deve-se à sua composição sílico-aluminosa com fase vítrea e a presença de esferólitos que são responsáveis pela ação pozolânica das cinzas, embora tardiamente.

A morfologia das cinzas pesadas exibe os grãos de forma arredondada e de aspecto esponjoso onde a fase vítrea, de natureza sílico-aluminosa, é o constituinte principal, com sua formação relacionada ao conteúdo de argilo-minerais, as condições de operação e de calcinação de carvão. Devido a essas condições tem-se um material resultante com uma importante absorção e retenção de água por capilaridade, conforme pode ser observado na figura 5, onde são apresentadas a micrografia e a quantidade de absorção de água fixada pelas cinzas quando estas são empregadas em substituição em volume pelas areias.

O conteúdo de umidade de equilíbrio das cinzas pesadas é cerca de 2 vezes maior do que o da areia, refletindo a natureza porosa das cinzas, que por consequência afeta as quantidades de água a serem adicionadas na dosagem dos materiais quando empregadas em substituição a areia natural.

Os desafios envolvidos com aproveitamento das cinzas pesadas de termelétrica para o desenvolvimento dos materiais foram sistematizados: a formulação dos concretos deve considerar a retração plástica devido à estrutura higroscópica do esqueleto das cinzas; formulação dos materiais tendo por parâmetro a fixação de água capilar e sua velocidade de fixação para produção de elementos pré-fabricados;

Se de um lado, a higroscopicidade das cinzas é um fator a ser controlado quando da formulação dos materiais, a sua morfologia assegura vantagens no conforto térmico do protótipo. As medições de temperatura foram efetuadas pelo Labeee/NPC, onde pode-se evidenciar que a eficiência dos materiais constituídos com as cinzas pesadas, como elementos importantes na atenuação da temperatura do protótipo.

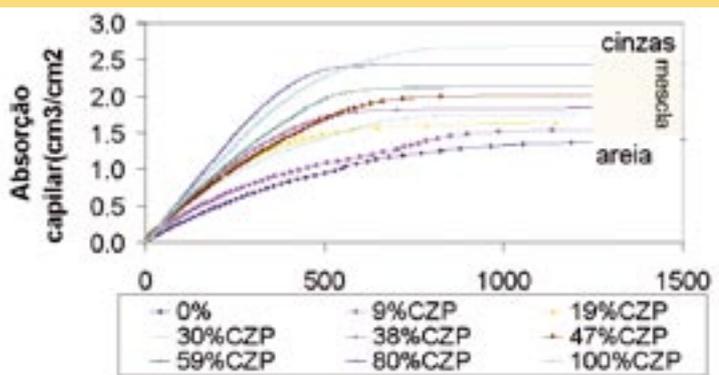
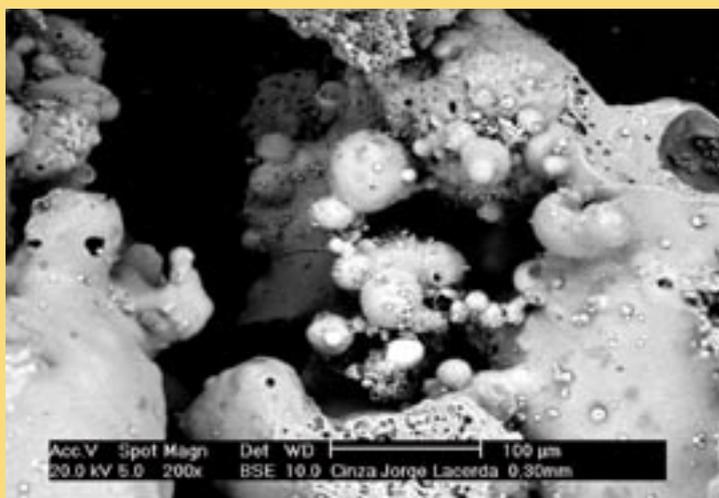


Figura 05b: Características das cinzas pesadas: avaliação do efeito higroscópico do emprego das cinzas em substituição à areia.

Propriedades térmicas	Cinza pesada	
	Blocos	Argamassa
Massa específica (kg/cm ³)	2100	1200
Condutividade Térmica (W/mK)	1,90	0,28

Buscando-se a sustentabilidade na dimensão econômica, a construção do protótipo envolveu a produção de materiais e de instalações, que contemplassem os seguintes aspectos:

- Uso de materiais com baixo impacto ambiental na sua cadeia produtiva (minimização dos impactos relacionados à extração da areia);
- Uso de recursos localmente disponíveis (emprego de madeira pinus nas esquadrias e estrutura do telhado, cobertura fabricada com telhas cerâmicas)
- Instalações elétricas otimizadas para baixo consumo de energia;
- Instalações com reaproveitamento de água de chuva;
- Instalações elétricas com aquecimento água do chuveiro;

- Instalações hidro-sanitárias otimizadas para consumo mínimo de água e com reutilização de água de chuva armazenada;
- Instalações de esgoto com tratamento (módulo de Wetland: banhado com juncáceas, gramíneas);

O protótipo atualmente é usado como modelo de divulgação de uso de tecnologias não convencionais e como para teste e verificação de metodologias de avaliação de desempenho.

Conclusão

A valorização de resíduos em elementos pré-fabricados apresenta um importante papel na redução dos custos e na sustentabilidade tecnológica, ambiental e social do país, pois acarreta maior oferta de equipamentos, valorização da mão de obra, exigência na qualidade do produto e de materiais com menor custo para produção de habitação de interesse social.

A valorização de resíduos no macro-complexo construção civil deve ser potencializada com estímulos à pesquisa e a participação dos geradores dos resíduos.

É possível desenvolver habitações populares com

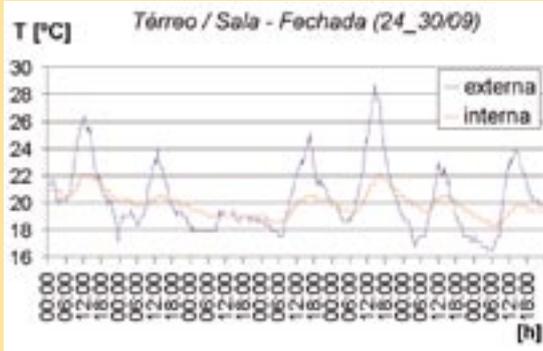


Figura 06: Monitoramento da temperatura no interior da edificação (protótipo).

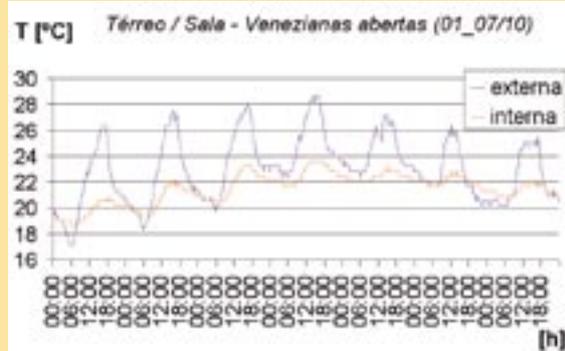


Figura 06: Monitoramento da temperatura no interior da edificação (protótipo).

É possível desenvolver habitações populares com qualidade com a valorização de resíduos de forma controlada e atóxica e que apresentem melhor desempenho térmico, sem que para tal, seja necessário investir muito mais recursos do que os que já são gastos com as atuais construções de uso similar. ♦

A Impermeabilização é Garantida.

Tecnologia exclusiva para aplicação qualificada.

A Viapol há 15 anos oferece ao construtor brasileiro os melhores produtos e sistemas de impermeabilização.

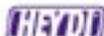
Acesse o site www.viapol.com.br e conheça tudo o que a Viapol pode fazer para Você e seu projeto de impermeabilização.



**Fique com a melhor impermeabilização,
Fique com a tecnologia Viapol.**



MANTAS



ASFALTOS

COBERTURAS



Nossa marca é proteger sua obra

BA (71) 379-2374

viapol@viapol.com.br

SP (11) 2107-3400

Novo Permeâmetro para Concretos e Argamassas

José Pedro Kirilos . Consultor, ex-Pesquisador do IPT

As dificuldades na determinação do coeficiente K de permeabilidade à pressão de água do concreto ou de argamassa são conhecidas e levam a limitar o número de ensaios. Com relação à absorção capilar, apesar de mais rápida e simples, o valor de ensaio por si só, nem sempre assegura uma apropriada avaliação do comportamento do concreto em obra.

No tocante à durabilidade, como alternativa de projeto, é adotada a recomendação da NBR - 6118/2003 que limita a relação água/cimento, respeitadas as condicionantes relativas à agressividade do meio em que ficará o material e às propriedades mecânicas especificadas no projeto, supondo assegurar com este procedimento, a impermeabilidade e a durabilidade do concreto a ser empregado sem a desejável constatação através de ensaios.

Índice Kirilos de Infiltração (KI) de Água sob Pressão

Idealizou-se a determinação de um índice de infiltração da água sob pressão hidrostática que evidenciasse a maior ou menor facilidade de percolação dessa água através do concreto.

A determinação do índice Kirilos de Infiltração (KI) é realizada quando o escoamento da água ocorre "naturalmente" pela aplicação de uma pressão. A interpretação do regime de escoamento "natural" é que propicia o momento de definição do índice KI. Este quantifica a dificuldade de infiltração da água sob pressão, através de uma determinada área, pelo interior do concreto, a qualquer momento em que se tenha a quantidade de água infiltrada e o período de tempo correspondente em que ocorreu a infiltração.

Para determinação do índice KI, define-se o valor de carga hidrostática a aplicar com base, de preferência, nas solicitações a que estará submetido o concreto, quando em serviço. Esta carga seria definida durante a execução do projeto e especificações da obra. Se essa carga hidrostática de projeto não for suficiente para promover a infiltração ela poderá ser aumentada na ocasião dos ensaios experimentais.

A aplicação da carga hidrostática adequada vai gerar um movimento de infiltração da água no concreto. A maior ou menor dificuldade à percolação dessa água no concreto promove alterações na carga hidrostática que, por sua vez, leva a variações na velocidade da infiltração da água. Havendo alterações na

velocidade, resultam movimentos com aceleração e desaceleração.

A vazão pode ser entendida como uma velocidade de escoamento da água pela unidade de área. Portanto, correlacionando os valores dos índices KI com o tempo, obtém-se uma visão da maior ou menor dificuldade de percolação da água no interior do concreto. A curva resultante evidencia com nitidez as variações da velocidade sendo mais bem visualizadas a cada leitura, possibilitando interpretar o mecanismo físico da infiltração da água sob carga hidrostática. A curva do índice KI médio, em função do tempo de ensaio, revela o perfil da dificuldade da infiltração, ou seja, representa a variação da vazão de infiltração de água, por uma área do concreto em ensaio, em função da carga aplicada no decorrer de um período de tempo.

Correspondência entre o Índice KI de Infiltração com a Relação água/cimento

A permeabilidade pode ser considerada uma das propriedades que melhor identifica a maior ou menor facilidade da passagem de água, sob gradiente de pressão pelo material, através dos capilares permeáveis que se interligam com o meio externo. Podem existir outros canais não conectados, ou com obstruções que impedem a passagem da água através deles. Portanto, não exercem influência no valor da permeabilidade.

Os conjuntos de vazios constituídos pelos canais comunicantes ou não com o meio externo são basicamente resultantes de parcela do volume da água da mistura do concreto ou argamassa.

A água sob carga hidrostática preenche parte da totalidade dos vazios existentes, pelos fenômenos de absorção capilar e de percolação, que ocorrem simultaneamente, e permitem evidenciar o volume dos vazios pela "equivalência" do volume de água infiltrado. Figurativamente, a água é como se fosse uma sonda, rastreando ou **permeando** os vazios no interior do concreto.

A quantidade de água que excede a necessária à hidratação do aglomerante e à formação do gel hidratado, promove a formação de vazios na massa do concreto ou da argamassa. Para mesma quantidade de cimento, ao aumentar a quantidade de água de amassamento, ocorrerão relação água/cimento e teor de vazios mais elevados na massa do concreto. De maneira

inversa, ocorrerá redução ao se diminuir a quantidade de água para a mesma quantidade de cimento. Como o valor do índice KI de infiltração está relacionado aos vazios preenchidos pela água infiltrada, então esse se correlaciona com a relação água/cimento. Daí resulta que as propriedades do concreto ou argamassa vinculadas a relação a/c estão também associadas ao índice de

após a moldagem, os corpos-de-prova foram desmoldados e armazenados em câmara úmida, nas condições de 23 ± 2 °C de temperatura e umidade relativa superior a 96%. Na idade de 14 dias, os corpos-de-prova destinados ao ensaio de infiltração de água sob pressão foram retirados da câmara e colocados ao ar livre no ambiente do laboratório.

Os corpos-de-prova para o ensaio de compressão axial permaneceram na câmara úmida até a data de ensaio. No período compreendido entre a idade de 14 dias até a data de ensaio com 28 dias de idade, os corpos-de-prova de 15 cm x 30 cm foram preparados para o ensaio de infiltração de água sob pressão.

Utilizando extratora dotada de coroa diamantada de diâmetro 3,2 cm, refrigerada a água, extraiu-se de cada cilindro de 15 cm de diâmetro um segmento cilíndrico de modo a resultar um cilindro de concreto vazado com seção em coroa circular de diâmetro externo de 15 cm, diâmetro interno de 3,2 cm e altura de 30 cm. Em seguida, com o emprego de serra circular diamantada, refrigerada a água, foram serrados e eliminados dos topos de cada corpo-de-prova, um disco com aproximadamente 3 cm de espessura, resultando corpo-de-prova com 23,5 cm de altura. Posteriormente, sobre um dos topos de cada corpo-de-prova com a superfície sem umidade aparente e livre de partículas soltas, aplicou-se camada de resina à base de epóxi, vedando previamente a extremidade correspondente da cavidade cilíndrica de maneira a não permitir acesso para o interior da cavidade. Com procedimento semelhante, quanto à limpeza e ausência de umidade aparente, na superfície do outro topo do corpo-de-prova, foi realizada simultaneamente à aplicação de resina, a colagem de modo envolvente na extremidade da cavidade cilíndrica correspondente, um dispositivo metálico para conexão de mangueira destinada a conduzir água sob pressão, como descrito a seguir.

Aplicação do Permeâmetro Kirilos

Basicamente, o permeâmetro idealizado, esquematicamente apresentado na Figura 1, é constituído de: um cilindro em aço contendo ar comprimido com pressão superior à de ensaio; uma válvula reguladora de pressão e dois manômetros, sendo um para indicar a pressão do ar no cilindro e o outro indicativo da pressão efetiva de ensaio; um dispositivo metálico centro de distribuição do ar proveniente do cilindro aos seis reservatórios de água, cada um correspondente a um ou mais corpos-de-prova; seis reservatórios cilíndricos transparentes, cada um dotado de escala graduada em cm³, destinados a conter água sob pressão; mangueiras e conexões metálicas interligando todo o sistema e os corpos-de-prova; carga hidrostática máxima admissível: de 0,80 MPa (80 m.c.a).

Cabe mencionar que utilizando alguns acessórios, os quais são de baixo custo, é possível efetuar também o ensaio preconizado na (NBR 10787/94), conhecido por "VBB", caso haja interesse.

Iniciado o ensaio, periodicamente anotava-se o horário e realizava-se a leitura do volume de água em cada reservatório interligado a um corpo-de-prova. Com os valores individuais do tempo e dos correspondentes volumes de água, determinaram-se

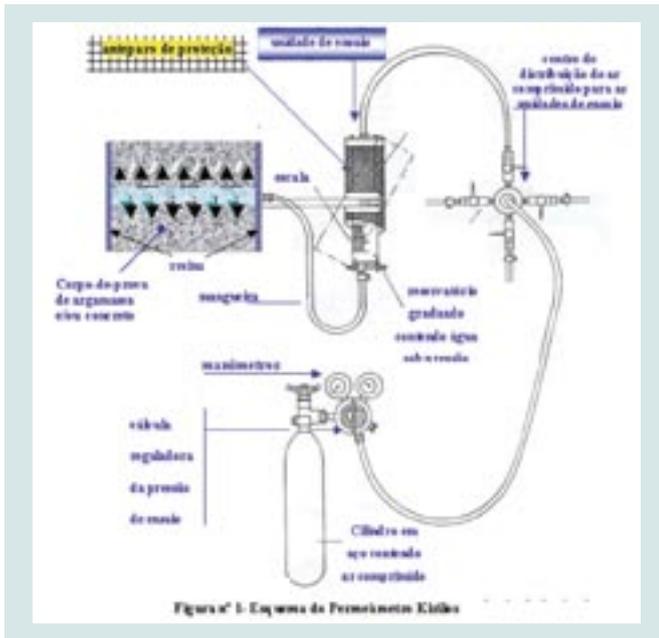


Figura 1 - Esquema do Permeômetro Kirilos

infiltração segundo uma equação matemática em que o valor da correlação evidenciará o maior ou menor nível de afinidade.

Exemplificando: as regiões contendo vazios são as que apresentam menor dificuldade à penetração da água e estas são as preferenciais ao preenchimento, e sendo "porosas", são menos resistentes e, portanto as com maior probabilidade de se romperem nos ensaios de resistência mecânica. Portanto, estas propriedades estão associadas a uma mesma condição (volume de vazios) por mecanismos diferentes: permeabilidade e ruptura.

Estudo Experimental

Com cimento Portland CP IIE 32; água potável; areia procedente do Rio Tietê, município de Salesópolis com MF=2,15; e pedra britada n. 1, com MF=6,87 de natureza calcária, foram confeccionados concreto e corpos de prova para comprovação da eficiência do índice Kirilos KI.

Prepararam-se três misturas de concreto, em massa, de consistência variando no intervalo de 85 ± 5 mm de abatimento no tronco de cone, de acordo com a NBR-NM 67/ 98.

Com as misturas frescas, determinaram-se as massas específicas (ASTM C - 138), os teores de ar incorporado (ASTM C - 231) e moldaram-se 18 corpos-de-prova, 6 de cada traço, de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura (NBR - 5738/94), destinados ao ensaio de compressão axial. Para o ensaio de infiltração foram destinados 18 corpos-de-prova, 6 de cada traço, de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, moldados em quatro camadas aproximadamente iguais, e adensadas manualmente com trinta golpes cada uma com soquete padronizado. Um dia

ser constante, podendo considerar-se nestas circunstâncias que o valor do índice KI é o da ruptura total da impermeabilidade do material. Nesta situação, KI registra ou representa o limite entre os regimes de escoamento variável e o de escoamento constante e permanente (não há mais variação da velocidade) nas condições definidas de ensaio, pressão, período de tempo e idade do concreto (semelhante às condições impostas na determinação do coeficiente K de permeabilidade), ou seja, o índice KI deixa de ser de infiltração, e passa a ser o coeficiente K de permeabilidade, reproduzindo experimentalmente a própria definição de permeabilidade.

• **A velocidade de infiltração tende a um valor nulo** no decorrer do tempo, ou seja, constata-se no aparelho que o nível de água no depósito permanece praticamente inalterado, independente do tempo, significando que cessou o processo de infiltração de água (líquido em repouso), Figura 2. Assim, o índice de infiltração tende a um valor assintótico, tanto menor quanto maior a impermeabilidade, evidenciando total dificuldade à penetração de água. Neste caso o índice KI assume valores relativamente baixos. Estes valores registram que os concretos são de baixa permeabilidade nas condições de carga de 0,50 MPa após os respectivos períodos de tempo em que foram obtidos. Neste momento, a **perda de carga** está muito próxima da totalidade, tendendo ao valor máximo de 0,50 MPa e o valor de KI obtido representa o limite entre a infiltração e a não infiltração. Para valores acima de KI há infiltração e para valores abaixo não ocorre praticamente mais infiltração.

Qualquer uma das ocorrências poderá ser mudada ao se alterar, por exemplo, o valor inicial (0,50 MPa) da carga aplicada. Portanto, um mesmo concreto poderá ser permeável à carga de 0,50 MPa e “impermeável” com a de 0,20 MPa, aplicadas nas mesmas condições.

A curva ligando os pontos de leituras mostra a resultante da soma dos vetores representativos dos movimentos de infiltração da água em sua trajetória. Na Figura 4 constam as curvas que evidenciam a correlação entre a resistência à compressão axial e o índice KI com a relação água/cimento, na idade de 28 dias.

A explicação para o nível de correlação obtido entre as

propriedades de resistência à compressão axial e índice KI de água sob pressão é dada pela dependência que têm ambas as propriedades com a porosidade, que diminui com o crescimento da idade do concreto devido à hidratação, e com a relação água/cimento,

que determina a relação inicial de volumes sólidos e líquidos na pasta fresca.

Na superfície rompida por compressão ao longo do eixo longitudinal dos corpos-de-prova submetidos aos ensaios de infiltração de água sob pressão, observou-se sinuosidade na linha limite de avanço da umidade. A cavidade cilíndrica tem formato geométrico constante e contínuo de topo a topo do corpo-de-prova. As regiões úmidas, com a linha limite mais avançada, são os locais onde a água apresenta maior

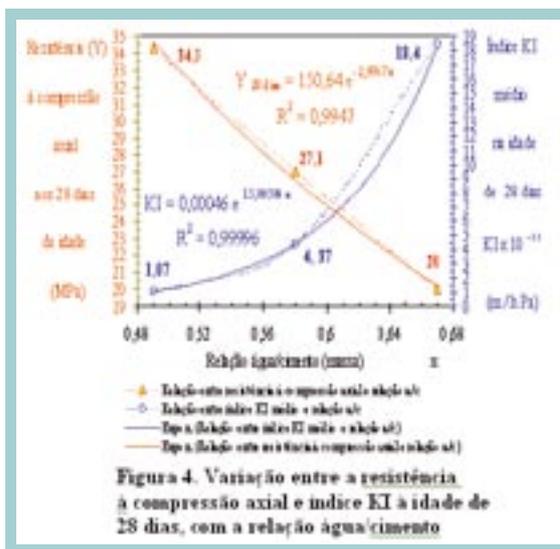
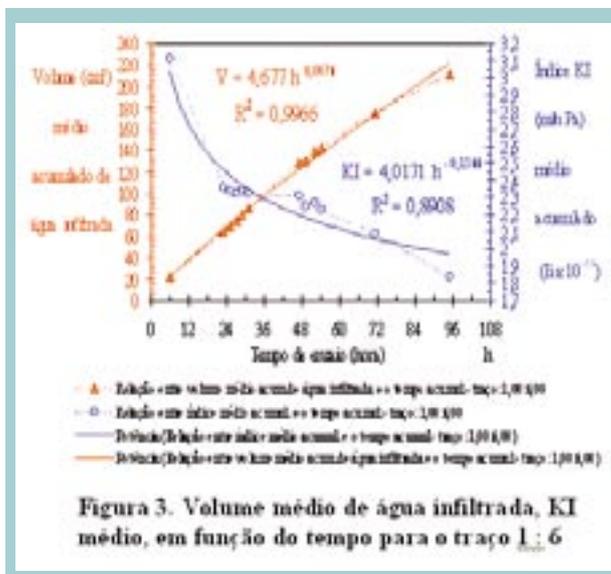
velocidade e são as mais permeáveis, portanto, com maior quantidade de vazios.

Quanto mais sinuosa for a linha limite de avanço da umidade, mais heterogênea é a massa de concreto. As regiões com manchas de umidade mais avançadas, demarcam as regiões com maior teor de vazios ou as mais permeáveis e, provavelmente, as menos resistentes (relação água/cimento localizada mais elevada, compactação inadequada, mistura alterada por segregação, etc.).

Teoricamente se a massa de concreto fosse perfeitamente homogênea a geratriz da superfície da cavidade cilíndrica e a da superfície cilíndrica do volume umedecido do concreto seriam equidistantes. Depreende-se assim que a presença de umidade em algumas regiões do concreto é um indicativo de teor de vazios elevado e provavelmente menos resistente, comparativamente ao concreto de outras regiões, sob as mesmas condições de solitação hidrostática, e que não apresentam ocorrência de umidade. É conveniente lembrar esta possibilidade durante inspeção em obra, principalmente na definição de locais para extração de testemunhos para

avaliação da qualidade do concreto.

A realização do ensaio à pressão determinada em função da especificada no projeto deve ser feita com concreto compa-



tível com essa pressão para minimizar a possibilidade da ruptura de canais internos. Elevadas pressões em concretos não dosados para suporta-las podem levar à abertura ou ruptura de canais, passando estes da condição de impermeáveis à de permeáveis. Ressalta-se que a absorção é um fenômeno que ocorre simultaneamente no ensaio de infiltração de água sob pressão e, portanto é também incorporada ao valor de KI.

Creditando os desvios para menos na resistência em razão da alteração para mais da relação água/cimento, mais significativos serão os correspondentes desvios na permeabilidade do concreto. Assim, compromete-se a permeabilidade e conseqüentemente o potencial de durabilidade do concreto de maneira acentuada, e, no entanto, a variação na resistência não é relativamente excessiva. A resistência poderá até atender ao valor mínimo especificado, mas, a maior permeabilidade comprometerá a durabilidade do concreto. Daí a importância de se estabelecer um controle da permeabilidade, principalmente em obras hidráulicas e/ou naquelas que ficarão expostas a meios agressivos ao concreto.

No âmbito do estudo, tendo os valores especificados da resistência à compressão axial, do índice KI, e de consumo mínimo de cimento, é possível determinar diretamente, utilizando o Ábaco de Parâmetros e Propriedades do Concreto, Figura 5, a relação água/cimento e conseqüentemente o traço, que atenda as três condições: resistência mínima, consumo mínimo e índice KI igual ou inferior ao valor especificado.

Compatibilidade entre Índice KI e Relação a/c

O índice de infiltração KI e a relação a/c, no contexto deste estudo, se representam ou se substituem, em face da correlação resultante ser praticamente um. A correlação entre três pontos é favorável à obtenção desta com valor elevado. A ocorrência da correlação de valor igual a um não deve ser generalizada. Com os resultados obtidos neste estudo, constata-se que qualquer um deles, relação a/c ou índice se correlaciona fortemente, com vários parâmetros ou propriedades do concreto, sem praticamente diferenciar o nível da correlação. Credita-se este fato, por serem clones dos teores de vazios presentes no concreto e pela correlação de apenas três resultados.

Os vazios representados pela a/c têm origem na quantidade da água de amassamento da mistura e pelo ar incorporado na massa do concreto. Estes vazios são evidenciados pelo volume de água infiltrado cujo valor é considerado na expressão de cálculo do índice (KI= V / T.P.S). Na Tabela 2, constam os valores das correlações obtidas entre a mesma propriedade ou parâmetro, ora com a relação a/c, ora com o correspondente índice KI de infiltração.

Tabela 2. Comparação entre os Valores de Correlação Obtidos com Utilização da Relação a/c ou do Índice de Infiltração KI

Tipo de vazios representado por	Valores das correlações entre propriedades ou parâmetros ao utilizar a/c ou KI			
	Permeabilidade (KI)	Resistência	Consumo de cimento	Traço
Relação a/c	0,99946	0,9987	0,9995	1
Índice KI	0,99946	0,9999	0,9993	1

Tabela 2. Comparação entre os Valores de Correlação Obtidos com Utilização da Relação a/c ou do Índice de Infiltração KI

Depreende-se da comparação que qualquer parâmetro ou propriedade do concreto ou argamassa vinculada à relação a/c, está também vinculada ao índice de infiltração. Assim ao ser determinado o índice estará sendo determinada a relação a/c. Portanto, o índice além de registrar a permeabilidade do concreto, representa ou substitui a relação a/c. Qualquer parâmetro ou propriedade vinculada à relação a/c poderá ser analisado ou avaliado utilizando o valor do índice quantificado por ensaio, em substituição ao valor da relação a/c. Exemplificando: quando se desconhece a relação a/c de um concreto, ou ainda, para constatar a efetiva relação a/c utilizada no concreto em que pairam dúvidas despertadas pelos resultados dos ensaios a resistência à compressão axial.

Conclusões

Os resultados obtidos com o permeâmetro idealizado e a metodologia desenvolvida são promissores pelas razões descritas a seguir:

- Controle

A relação água/cimento que atenda às condições exigidas em projeto e especificações do concreto a ser aplicado

deverá ser compatível com o índice KI determinado como parte integrante do conjunto dos ensaios, rotineiramente efetuados durante a dosagem para definição dos traços de concreto a

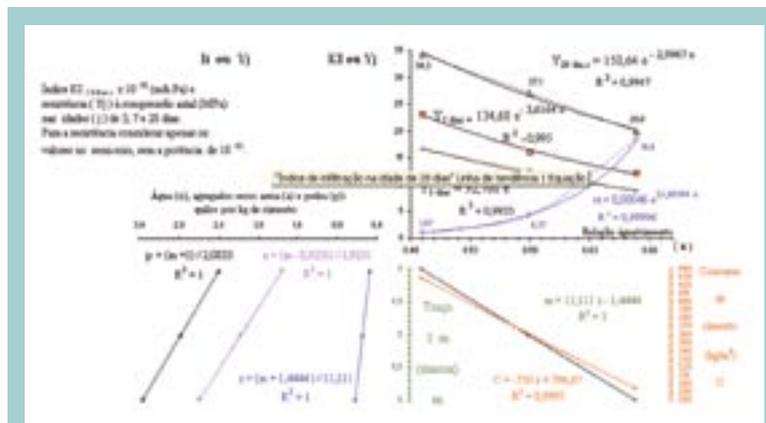


Figura 5. Ábaco de parâmetros e propriedades do concreto

serem utilizados na obra. Os índices KI definidos e relacionados aos concretos a serem empregados serão parâmetros de controle da impermeabilidade no transcorrer da construção. Respeitadas as demais condições exigidas em projeto, o valor da relação água/cimento poderá ser alterado em face dos resultados nos ensaios de controle do índice KI.

Prevê-se desta maneira, que a cada concreto haverá associado um índice KI que caracterizará o seu desempenho em serviço no âmbito da impermeabilidade. Assim, passa-se a caracterizar esta propriedade do concreto pela medida do índice, obtida através de ensaio de corpos-de-prova moldados ou extraídos, sendo passível de controle. Com este procedimento se estaria desvinculando a relação água/cimento como fator indicativo indireto da impermeabilidade do concreto. Ao invés de se adotar um valor de tabela da relação água/cimento presumidamente compatível para assegurar a impermeabilidade, mais significativo é determinar com ensaio do próprio concreto a ser utilizado, um índice KI de infiltração, passando este a ser parâmetro de controle desta propriedade durante a construção.

Cabe observar que a realização do ensaio praticamente independe da geometria do local a ser ensaiado, basta que tenha massa suficiente à dispersão da água.

- Rapidez

Acredita-se que um dos resultados, o mais importante e fundamental do presente trabalho, é constatar a viabilidade da realização de ensaios com o permeâmetro, metodologia, e teoria desenvolvida. A contribuição para a execução de ensaios e qualificação dos materiais seja em laboratório ou em obra, confere um resultado gratificante, pois as aplicações poderão ser muitas. É um aparelho portátil, versátil, de construção simples e de fácil operação, não patenteado. O conjunto de traços estudados, variando a relação água/cimento num intervalo de 0,49 a 0,67, possibilitou uma avaliação satisfatória do comportamento da infiltração e desempenho do permeâmetro Kirilos. O movimento da água, se adequadamente interpretado, pode inclusive indicar a presença de vazios de segregação do concreto (ensaio na própria estrutura). Esta possibilidade de avaliação pode ser estimada pela diferença entre o volume lido no depósito de água, no início da aceleração do movimento de infiltração, e o volume quando da estabilização. Esta medida, ao menos, significará descontinuidade ou heterogeneidade na massa do concreto.

- Aplicabilidade

Tendo em vista os resultados obtidos neste estudo, são prováveis as possibilidades citadas a seguir, dentre outras, acrescidas das descritas na Revista IBRACON, número 28, São Paulo, janeiro/março de 2002 (ensaio com “pressão negativa” para avaliação de revestimentos de concreto, da estanqueidade e da aderência à “pressão negativa” de juntas presentes em c.p. extraídos, etc).

Em alguns tipos de obra, particularmente obras hidráulicas, incorporar às características que identificam as propriedades do concreto proporcionado segundo um traço, o valor de um índice KI de infiltração com os valores definidos de carga, período de tempo de ensaio, área de infiltração e a idade do concreto; aceitar o valor do índice KI como parâmetro de impermeabilidade, paralelamente, ou mesmo em substituição, à relação água/cimento máxima obtida em tabelas de recomendações; estudo comparativo entre concretos ou argamassas com e sem adição de aditivos impermeabilizantes de massa ou de qualquer outro tipo de aditivo, como caracterização da influência do produto na impermeabilidade; ou entre concretos ou argamassas com ou sem incorporação de adições minerais; estudo comparativo em argamassa visando constatar a influência da granulometria de agregados miúdos; estudo comparativo da influência de agregados graúdos; estudos da influência de diversos processos construtivos de concreto; estudos de durabilidade do concreto ou argamassa, incorporando na água de ensaio produtos diluídos que supostamente possam, ao longo do tempo, comprometer ou não a qualidade do concreto com ou sem armadura.

- Uso em obras acabadas

A utilização em obra é um dos objetivos que levaram à idealização do aparelho e metodologia Kirilos. Neste contexto pode-se prever as seguintes possibilidades: ensaios em corpos-de-prova extraídos e do próprio elemento estrutural em que pairam dúvidas quanto à qualidade evidenciada através do índice KI e/ou das propriedades mecânicas; ensaios simultâneos do concreto com qualidade duvidosa na estrutura e em corpos-de-prova correspondentes moldados durante a concretagem; realizar ensaios de infiltração em cavidades resultantes da extração de c.p. da estrutura correlacionando os resultados dos índices com as resistências correspondentes dos c.p. ♦

Para saber mais

KIRILOS, J.P. “Desenvolvimento de um método para determinação de índice de infiltração de água sob pressão em argamassa ou concreto de cimento Portland em laboratório e em obra (in loco)”. Revista IBRACON, número 28, São Paulo, janeiro/março de 2002.
PRISZKULNIK, S. & KIRILOS, J.P. “Considerações sobre a resistência à compressão de concretos com cimentos Portland com tipos CP-250, CP-320 e CP-400, e a sua durabilidade”. IIº Encontro Nacional da Construção – ENCO – Rio de Janeiro. 8-13, Dez, 1974.

O concreto é um material ecológico?

Dr. Carlos Eduardo de Siqueira Tango . Pesquisador do IPT

O concreto tem como constituinte principal o cimento portland. Antigamente, acusava-se, talvez até com justiça, a Indústria do Cimento pela poluição causada por elevados teores de pó lançados ao ar no entorno das fábricas. Esse problema encontra-se hoje resolvido ou, no mínimo, bem equacionado.

Mas, ao nos lembrarmos de que o cimento é feito de calcário, decomposto a altas temperaturas em enormes fornos, com elevado consumo de combustíveis fósseis, podemos ainda duvidar de que o concreto de cimento portland seja um material ecologicamente correto, uma vez que acarreta notável emissão de CO_2 para a atmosfera, e o fato de que o aumento da concentração desse gás é um dos principais responsáveis pelo aumento do efeito estufa.



Emissão de CO_2 na fabricação de cimento

Tentando analisar o tema, passemos em revista alguns conceitos tidos como voz corrente:

- **O concreto seria o material mais consumido pelo Homem depois da água;**

Parece ser verdade...Estima-se que a produção anual de concreto no mundo atinja 10 bilhões de toneladas.

Quem souber de outro material mais consumido pelo homem, que não seja a água, que o apresente!... Mas já dá para se ver que, quantitativamente, a coisa é importante. Para fazer tudo isso, o mundo fabrica algo como 1,6 bilhões de toneladas de cimento ao ano .

- **O concreto seria um material ecológico, pois, ao usá-lo para construir vigas, pilares, postes, dormentes, lajes, pisos, etc., que poderiam ser de madeira, teríamos deixado de cortar árvores;**

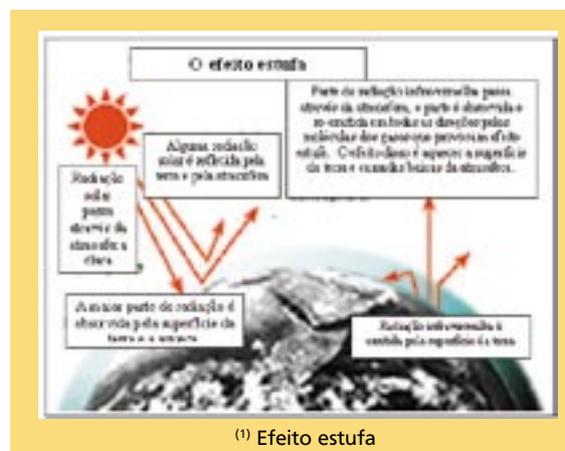
Isso é muito discutível ! Quando se usa concreto para substituir madeira retirada de árvores provenientes da destruição simples de florestas nativas, não há dúvida de que o concreto seria ecologicamente mais adequado.

Porém, se as árvores forem resultantes de cultivo para a produção de madeira estrutural, parece mais ecológico usar madeira (de reflorestamento) ao invés de concreto numa estrutura. A madeira, ao se desenvolver (árvore crescendo), captura gás carbônico da atmosfera (CO_2 , um dos colaboradores para ocorrência do efeito estufa). Se a madeira não for queimada ou decomposta, manterá o correspondente carbono aprisionado em sua estrutura, enquanto durar como material de construção.

Agrava-se a situação ainda mais para o lado do concreto, se lembrarmos que o cimento consome calcário (que é fundamentalmente CaCO_3), o qual se decompõe, nos fornos, em CaO , que fica no cimento, e CO_2 , que vai para a atmosfera. Como se queima combustível fóssil para produzir cimento, gera-se mais CO_2

ainda, totalizando um peso de CO_2 emitido da mesma ordem de grandeza do peso de cimento produzido (1,023 toneladas de CO_2 por tonelada de cimento produzido). Calcula-se, assim, que somente a indústria do cimento seja responsável por cerca de um décimo do CO_2 "não verde" gerado pelo Homem, ou 1,63 bilhões de toneladas de CO_2 lançados anualmente na atmosfera.

A minimização desse efeito passa pela otimização



¹ <http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/content/Climate.html>

² MEYER, C. "Concrete and sustainable development" Columbia University, Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics. http://www.civil.columbia.edu/course_web/CEE1201/02lect15materials.pdf .

³ CEMBUREAU, World Cement Report, 2001-2002. In: BATTACHARIA et al., "GHG, other gases and emitant pollutant emission trends and projections for the cement industry in India". Proceedings of the 11th Int. Cong. On the Chem. Of Cement, 11-16 May, 2003, Durban, South África.

atômico, usinas atômicas seriam até mais ecológicas que usinas termoeletricas, que queimam combustíveis fósseis, e que usinas hidroelétricas, que provocam inundação de áreas de florestas, com o apodrecimento de árvores e alteração do equilíbrio ecológico de vastas regiões, além de diminuir os recursos de aproveitamento da água para outros fins, inclusive potabilidade. Energia atômica com segurança garantida competiria, em termos ambientais, com energia solar, energia de marés, energia geotérmica, energia eólica, com vantagem econômica.

O concreto pode contribuir para resolver o problema do lixo atômico e da segurança das usinas: concretos que tenham suficiente qualidade podem encapsular lixo atômico e isolar reatores por vários séculos.

- O concreto seria o melhor amigo do Homem depois do cachorro¹⁰.

Pode ser verdade... Admitindo "ser amigo do Homem" como "ser ecológico", isso depende de fatores tais como:

- Das precauções, quanto a emissões danosas, para queima/ aproveitamento de resíduos em fornos de cimento;
- Da minimização do consumo de energia, principalmente de combustível fóssil, na fabricação de cimento;
- Da adoção constante de providências para minimizar o consumo do clínquer portland no cimento, ou de cimento no concreto,

inclusive com o uso cada vez maior de adições;

- Da adoção de matérias-primas com minimização do teor de calcário para diminuir a emissão de CO₂ na produção de cimento;

- Da garantia de qualidade no encapsulamento dos mais diversos resíduos ou aproveitamento destes como agregados para concretos;

Não esquecendo de algo importante:

- Da garantia da qualidade da operação e da disposição de lixo atômico em usinas nucleares, com o uso de isolamento por adequados concretos, capazes de atravessar vários séculos sem deterioração.

Conclui-se que, dependendo de como fizermos o concreto, este poderia assumir o 1º. Posto... De melhor amigo do homem, antes, até mesmo, do cachorro...

Assim, poderíamos continuar sendo concreteiros com a consciência ecológica tranqüila, e até mesmo nos orgulharmos de ser colaboradores na salvação do Planeta, desde que pudéssemos contar com algumas atitudes e precauções que não sabemos bem como virão a ser tratadas pela Sociedade... da qual fazemos parte. ♦

¹⁰ Frase jocosa, comum entre adeptos do concreto como o melhor material de construção.

Metacaulim HP

PROPORCIONANDO DURABILIDADE E SUSTENTABILIDADE

ADIÇÃO MINERAL DE ALTO DESEMPENHO PARA CONCRETOS, ARGAMASSAS, GRALITES E PRODUTOS À BASE DE CIMENTO

LIHE CAPIM BRANCO (MG)



VENDAS E SUPORTE TÉCNICO

Tel: (11) 4584 5327

Fax: (11) 4584 1475

E-mail: fabrica@metacaulim.com.br

Metacaulim do Brasil Indústria e Comércio Ltda

www.metacaulim.com.br

CNPJ: 04.777.750.000125

Av. Humberto Cereser, 5530 - Bairro Caxambu

Jundiaí - SP - CEP 13218-711

Holcim lança prêmio mundial de construção sustentável

O Grupo Holcim acaba de lançar o prêmio Holcim Awards para a Construção Sustentável. Aberto para engenheiros, arquitetos, projetistas, urbanistas, instituições e investidores públicos ou privados, a premiação totaliza US\$ 2 milhões. Este é o maior prêmio voltado para a construção sustentável no mundo.

Nesta primeira edição, o tema central é "Necessidades Básicas", o que se refere, segundo a ONU, à infra-estrutura essencial para população, incluindo habitação, saneamento, educação, saúde e acesso a bens de consumo. O concurso será realizado a cada três anos e em respeito às características geográficas, climáticas, econômicas e sociais de cada país, o prêmio está dividido em cinco regiões: Europa, América do Norte & Canadá, América Latina, África & Oriente Médio, além de Ásia & Oceania. O vencedor de cada região se classifica para o Holcim Awards Mundial que acontecerá em 2006. O júri será composto por especialistas do mundo envolvidos no tema.

Para a América Latina, o Brasil será a sede da premiação que está programada para Outubro de 2005, no Rio de Janeiro.

Criada em 2003, na Suíça, Holcim Foundation visa a promoção não-comercial e desenvolvimento da construção sustentável em âmbito nacional, regional e global. Embora apoiada pelo Grupo Holcim, a fundação tem atuação independente.

A Holcim Foundation encoraja iniciativas que apoiem abordagens inovadoras, promovendo a troca de melhores experiências e inspirando a iniciativa pública e privada, arquitetos, engenheiros, urbanistas, construtores e a sociedade civil a adotar novos conceitos de construção sustentável em todos os seus projetos.

Para mais informações os interessados podem acessar o site www.holcimawards.org. Para mais informações sobre a Holcim, acesse: www.holcim.com.br ◆



IBRACON

CBC2005

Olinda, Pernambuco, Brasil.
Set. 2-7, 2005 Centro de Convenções

Temas Confrontados
Vida Útil e Lições do Areia Branca

Maiores informações:
www.ibracon.org.br

Presenças

Adão da Fonseca
Alvaro Siza
Bruno Contarini
Mário Franco
Raul Husni
Ruy Ohtake
Pedro Castro

Conferências Plenárias

Acidentes e Segurança de Barragens
Edifícios de Alvenaria Estrutural
Arquitetura Contemporânea
Sustentabilidade

Concursos

Aparato de Proteção ao Ovo para estudantes de Engenharia
Concreto para estudantes de arquitetura e engenharia
Ousadia para estudantes de arquitetura e engenharia



CONCRETO, DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE VIDA

IV INTERNATIONAL ACI/CANMET CONFERENCE ON QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES
AND RECENT ADVANCES IN CONCRETE MATERIALS AND TESTING

em homenagem ao Dr. Mohan Malhotra, Set. 6-7, 2005

I FEBRACON - Feira Brasileira de Construções em Concreto

GESTÃO DO CONSUMO DE MATERIAIS NOS CANTEIROS DE OBRAS

APLICAÇÃO AO CONCRETO PRODUZIDO EM CENTRAL

Ubiraci Espinelli Lemes de Souza . Prof. Associado PCC/USP; José Carlos Palari. Prof. Assistente Deciv-UFSCar

O ESTUDO DO CONSUMO DE MATERIAIS NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Os materiais de construção vêm recebendo, ao longo de boa parte da história da construção civil brasileira, uma constante atenção em termos da correção quanto a sua especificação, na medida em que representam o principal insumo agregado ao produto final. No entanto, a avaliação das quantidades em que são consumidos tem sido motivo mais recente de preocupação. Esta nova abordagem pode ser justificada tanto em função da intensificação da competição entre as empresas do setor (na medida em que não desperdiçar materiais pode significar uma economia significativa de custos, já que os materiais normalmente respondem por mais de 50% do custo direto da execução de edifícios), como também em função da necessidade de se aprimorar a sustentabilidade dos processos construtivos da Construção Civil (haja vista que esta indústria consome muito mais material que as outras; por exemplo, o consumo anual de materiais pela Construção é muitas dezenas de vezes superior ao da indústria automobilística).

Dentro deste contexto, no que se refere às atividades de produção, aumentar a eficiência no uso dos materiais tornou-se uma meta sempre citada pelos gestores. Em termos da pesquisa tecnológica visando apoiar tal objetivo, podem-se citar três grandes momentos de discussão da redução do desperdício de materiais coordenados pelos pesquisadores do PCC/USP (e com a intensa participação de pesquisadores da UFSCar e de outras Universidades): uma primeira, onde se buscou fazer um diagnóstico das perdas de materiais nos canteiros (tanto em termos de se apropriar o valor

de tais perdas quanto de se detectar suas prováveis causas); uma segunda, onde se procurou desenvolver um método rápido de determinação das perdas vigentes; e uma terceira, atualmente em desenvolvimento, onde se procura efetivamente intervir nos processos de produção para reduzir eventuais desperdícios detectados.

Neste artigo se apresenta, inicialmente, uma conceituação básica sobre consumo unitário de materiais e sua relação com as perdas de materiais; tal conceituação é seguida de uma imediata aplicação ao caso do material concreto usinado utilizado na produção de estruturas. Em seguida se apresentam, sucintamente, as idéias relativas a cada um dos 3 grandes estudos supracitados, aplicadamente ao caso do concreto usinado, indicando-se os valores de perdas diagnosticados em cada um deles. Ao final se discutem os caminhos que estão sendo buscados para melhorar a gestão da produção no que se refere à redução das perdas de concreto.

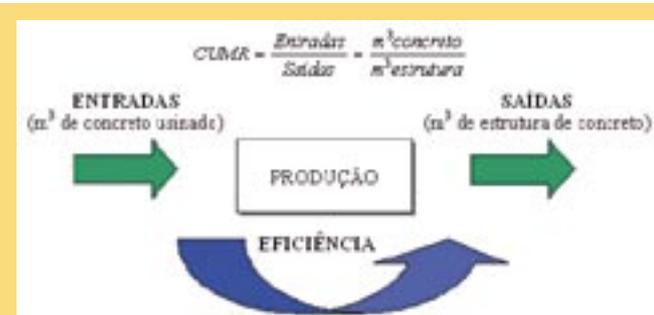


Figura 1: Consumo unitário de material: eficiência em se transformar o insumo material em produto

A RELAÇÃO ENTRE O DESPERDÍCIO E O CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS

O consumo de um determinado material na produção de um certo subsistema diz respeito à quantidade total real de material demandada para a sua execução. No entanto, a quantidade absoluta de material utilizada em um subsistema não constitui um parâmetro adequado para a averiguação do desempenho quanto ao seu uso neste subsistema e, principalmente, quando se deseja comparar a eficiência entre duas obras.

Assim, para se comparar a eficiência na produção entre duas obras há que se comparar o consumo unitário real do material que consiste na determinação da quantidade de material realmente utilizada para se executar uma unidade de produto. A Figura 1 ilustra tal conceito, mostrando que o consumo unitário representa a mensuração da eficiência da transformação do insumo material em produto.

Por sua vez, o consumo unitário real de materiais pode ser expresso como a composição de um consumo unitário teórico de material acrescido de uma ineficiência (denominada “perda” do material), conforme equação a seguir.

$$CUMR = \frac{QMR}{QS} \Rightarrow \frac{QMT}{QS} + Perdas \Rightarrow CUMTeórico + Perdas$$

Equação 1

Onde:

<i>CUMR</i>	= Consumo unitário real de material
<i>QMR</i>	= Quantidade de material real empregada na execução do serviço (m ³ de concreto, por exemplo)
<i>QS</i>	= Quantidade de serviço executada (m ² de estruturas, por exemplo)
<i>CUMTeórico</i>	= Consumo unitário teórico de material (que se aplica, por exemplo, ao volume de concreto previsto utilizando-se o projeto estrutural como referência)
<i>Perdas</i>	= Perda de material (por exemplo, sobras de concreto ao final da concretagem)

Finalmente, as perdas podem ser de três diferentes naturezas: incorporada; entulho; e furto/extravio e pode-se distinguir, do ponto de vista da viabilidade técnico-econômica, duas parcelas de perdas: uma dita inevitável; e outra considerada evitável, a qual é denominada desperdício.

Assim, a meta de um gestor deveria ser a de reduzir o desperdício de materiais, que seria representado pela perda evitável eventualmente aparecendo em quaisquer das naturezas citadas. Na medida em que a definição do limite entre as perdas evitáveis e inevitáveis não é algo de fácil consecução, neste artigo vai-se discutir o assunto em termos dos valores das perdas (independentemente de serem consideráveis desperdícios ou não).

DIAGNÓSTICO AMPLO, MÉTODO RÁPIDO DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO QUANTO ÀS PERDAS DE MATERIAIS

Pesquisas sobre perdas de materiais coordenadas pelo PCC/USP.

O PCC-USP, juntamente com outras Instituições de pesquisa nacionais (em especial, com a constante parceria da UFSCar) tem elaborado uma série de trabalhos visando fomentar a redução dos consumos desnecessários de materiais na Construção. Citam-se, a seguir, 3 deles, aqui denominados: Diagnóstico amplo FINEP-SENAI-ITQC; Método rápido de diagnóstico; e Intervenção FINEP-Sinduscon-SP.

Diagnóstico amplo FINEP-SENAI-ITQC

Este diagnóstico foi fruto de uma pesquisa nacional iniciada no final de 1996 intitulada “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras” e financiada pelo Programa Habitar (Tecnologia da Habitação) coordenado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), vinculada ao

Ministério da Ciência e Tecnologia, com apoio de sindicatos e associações estaduais de empresas de construção e incorporação, tais como SINDUSCON, SECOVI ou ADEMI, do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), com destaque para os seus Departamentos Regionais da Região Nordeste.

$$Perdas (\%) = \frac{QMT - QMT}{QMT} \times 100$$

Equação 2

Com a participação do Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC) e mais 16 universidades distribuídas pelo país, esta pesquisa focou fortemente o diagnóstico das perdas de diversos materiais nos canteiros de obras, dentre os quais o concreto usinado.

Dentre os vários resultados obtidos no âmbito desta pesquisa, cujo detalhamento pode ser obtido em AGOPYAN et al. (1998), destaca-se o estabelecimento de um conjunto de indicadores (globais e parciais), que possibilitou o entendimento das principais parcelas de perdas de materiais nos canteiros de obras, assim como uma metodologia padronizada de coleta, processamento e análise dos dados.

Método rápido de diagnóstico

Embora a pesquisa FINEP/SENAI/ITQC tivesse um caráter puramente de diagnóstico da situação vigente no país quanto às perdas de materiais, constituiu-se em um marco para a realização de outras pesquisas, principalmente pela sua estruturação e metodologia desenvolvida que permitiu entender amplamente a ocorrência das perdas ao longo das etapas que o material percorre no canteiro de obras, cujo detalhamento pode ser visto em PALIARI (1999).

Neste cenário, surgiu um desafio complementar que consistiu na idéia de se elaborar um método que permitisse respostas rápidas e precisas sobre o desempenho quanto ao uso dos materiais nos canteiros de obras. A resposta a este desafio foi proposta por ANDRADE (1999), ao elaborar um método voltado às empresas construtoras que proporcionasse um caminho de diagnóstico rápido com a obtenção de resultados já no início da execução do serviço no próprio processo em avaliação.

A viabilidade deste método foi constatada na sua aplicação em um conjunto de obras localizadas na região de Santo André-SP, compreendendo diversos materiais, dentre os quais o concreto usinado.

Intervenção FINEP-Sinduscon-SP

Como desafio atual está sendo iniciado um grande programa de intervenção em canteiros de obras denominado GESCONMAT que, dentre outros objetivos, pretende aprimorar e operacionalizar a postura de gestão contínua do consumo de materiais nos canteiros, permitindo que a mesma seja utilizada permanentemente pelas empresas construtoras.

Esta pesquisa está sendo realizada em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade Federal de Goiás (UFG), e é apoiada pelo Programa Habitare da FINEP e



Figura 2: Macro-etapas do programa GESCONMAT

pelo SINDUSCON-SP. Em termos de metas, espera-se que a ampla implementação do programa venha a reduzir de alguns pontos percentuais a perda e a geração de resíduos na Construção.

Com a duração de 1 ano, a pesquisa está dividida em 3 macro-etapas, de acordo com a Figura 2. Na primeira macro-etapa (Base Conceitual) tem-se a apresentação dos principais conceitos inerentes ao tema, como definições e classificação das perdas de materiais, indicadores de perdas e consumo unitário, procedimentos de avaliação, dentre outros aspectos.

A segunda Macro-etapa (AVALIAÇÃO) é subdividida em 3 etapas, nas quais as empresas construtoras participantes do GESCONMAT implementam, de forma gradativa, ciclos de avaliação e intervenção nos canteiros de obras, promovendo a gestão contínua dos materiais nos canteiros de obras visando a redução das perdas.

Finalmente, a terceira Macro-etapa (CONSOLIDAÇÃO) é destinada à elaboração de procedimentos que perpetuem esta prática de gestão nas atividades cotidianas nas várias obras das empresas participantes do programa.

Além de ter o acompanhamento direto dos pesquisadores do PCC-USP, UFSCar e UFG, faz parte da dinâmica do GESCONMAT a realização de reuniões periódicas com o intuito de debater os resultados alcançados pelas empresas e trocar experiências sobre intervenções realizadas em seus canteiros, muitas vezes com a participação de especialistas.

O Programa GESCONMAT prevê a participação de vários grupos de empresas construtoras na região da Grande São Paulo, Goiânia e na região de São Carlos. O primeiro grupo de empresas na região da Grande São Paulo já foi formado e as atividades já vem sendo desenvolvidas pelas 9 empresas participantes do Programa.

Perdas de concreto usinado detectadas em tais pesquisas

As perdas de concreto usinado durante as concretagens podem ocorrer por incorporação em excesso deste material na estrutura (na medida em que as dimensões das formas estão diferentes do projeto original, por deformações impostas ou por erros de execução), entulho gerado durante o transporte do material, sobras ao final da concretagem não reaproveitadas ou ainda, podem ser representadas pelo volume de concreto que não chegou ao canteiro de obras.

Estas perdas, representadas na sua totalidade pelo indicador global calculado pela diferença percentual entre o que estava previsto mediante cubagem da estrutura e o que foi solicitado, foram levantadas extensamente durante as pesquisas citadas neste trabalho, sendo os valores mínimo, mediano e máximo de um conjunto de 91 canteiros de obras apresentados na Tabela 1, a seguir (SOUZA, 2001).

Mínimo (%)	Mediana (%)	Máximo (%)	Número de obras
1	9	33	91

Tabela 1: Valores mínimo, mediano e máximo de perdas globais: concreto usinado (SOUZA, 2001)

Os valores de perdas globais apresentados nesta Tabela indicam uma grande variabilidade entre as obras estudadas, evidenciando um grande potencial de melhoria. Os valores baixos demonstram que a Construção pode ter desempenhos muito bons, desejáveis num cenário voltado ao desenvolvimento sustentável.

Por outro lado, os valores altos demonstram o risco que eventuais descuidos na gestão podem induzir, principalmente em se tratando do atual cenário competitivo e com a inserção de ações governamentais voltadas à redução do entulho de construção.

A gestão do consumo como instrumento para a redução das perdas de concreto usinado

A gestão contínua do consumo de materiais consiste no caminho para a redução das perdas (e, conseqüentemente, o consumo de materiais), uma vez que, a partir do diagnóstico da situação vigente e da implementação de ciclos rápidos de coleta/processamento/análise das informações, as empresas conseguem estabelecer metas de perdas/consumos e, principalmente, discutir as ações para que a mesma seja alcançada, atuando tanto na geração de entulho quanto na incorporação em excesso de materiais na edificação.

Assim, a gestão contínua dos materiais nos canteiros de obras é baseada nas idéias preconizadas pelo PDCA (do inglês: Plan, Do, Check, Action), na medida em que se pode prever o desempenho esperado e os fatores relevantes e, com isto, programar o serviço para fins de redução das perdas e da geração de entulho (Plan); a implementação das idéias previamente definidas (Do) é seguida do controle das perdas e resíduos (Check) através do método rápido de diagnóstico; os resultados obtidos, confrontados com as expectativas iniciais, apóiam a tomada de decisões (Action), visando a realizar ações corretivas no processo, ou mesmo rever expectativas iniciais relativas à consecução de um certo desempenho.

Empresa	Características do serviço	Dígitos do material (Perda %)	Problema(s) detectado(s)	Ações implementadas	Nível de perda após ação (%)
A	Estrutura ornamental de concreto usinado Fôrmas de madeira Utilizam o modo de fôrma para colocagem de pilares e laje para concretagem das vigas e lajes	10	Falta maior na concretagem de vigas e laje em relação a concretagem de pilares	Monitora de espessa de concretagem da laje Ao empacotamento da espessura das lajes, durante a concretagem, com grânulo a máquina	2,2 a 6,7
B	Estrutura ornamental de concreto usinado Fôrmas de madeira Concreto bombeado	7,3 a 14,7	Falta de espessura da laje Solura de concreto ao final de concretagem	Ajuste no controle de espessura das lajes, com nível laser, após a conclusão das instalações Ao empacotamento da espessura das lajes durante a concretagem, com grânulo a máquina Empacotamento de las áreas de reboco, para evitar o aglomeração no mesmo dia da estrutura, para evitar a separação entre do concreto existente da borda	2,4 a 6,7

Tabela 2: Exemplos de resultados alcançados com gestão contínua do consumo de concreto usinado no Programa

Como exemplo desta postura, citam-se alguns resultados da gestão contínua do consumo do concreto usinado obtidos pelas empresas participantes do Programa GESCONMAT (Tabela 2).

Considerações Finais

As perdas de materiais são inerentes a quaisquer processos de produção, ocorrendo também na Construção Civil.

A importância que seu estudo ganha nesta Indústria advém principalmente da grandeza da Construção.

O concreto, como um dos materiais mais presentes na produção de edifícios de múltiplos pavimentos, pode e deve ser constantemente avaliado em termos do consumo unitário e perdas ocorrendo na produção.

Os valores de perdas detectados não são desprezíveis

custo-benefício claramente favorável.

No entanto, estes pesquisadores acreditam que, para se criarem as condições mais favoráveis para que tais intervenções possam acontecer com facilidade e eficazmente, é necessário o fomento a um contínuo incremento na parceria entre os diversos agentes da Cadeia associada ao concreto usinado.

Assim é que, além dos devidos cuidados a serem exigidos dos projetistas (da arquitetura à estrutura), o construtor e o fornecedor de concreto deveriam estreitar ainda mais suas relações para tornar ainda melhores os resultados do esforço em prol do aumento da sustentabilidade da Construção, o que certamente traria resultados favoráveis para todos estes agentes e, em especial, para o meio ambiente.

Os autores agradecem o apoio que vem sendo dado aos trabalhos nesta área pela FINEP - Programa Habitar e pelo Sinduscon - SP. ♦

(note-se que os números mostrados dizem respeito à fração formal da Construção; na construção por auto-gestão, por exemplo, tem-se fortes indícios de que as perdas são consideravelmente maiores). Combater uma boa parcela das perdas costuma ser uma tarefa com relação

Mudança da Razão Social da MBT Brasil

O Grupo químico Degussa está desenvolvendo uma série de ações destinadas a adaptação de uma imagem corporativa global para todas suas Divisões de Negócios. Dentro deste processo as Companhias afiliadas à Divisão de Química de Construção estão mudando a sua razão social.

Conseqüentemente a MBT Brasil passou a ser denominada:

Degussa Construction Chemicals Brasil Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda

Esta mudança na denominação social não afeta a organização e nem os dados dos contatos, portanto continuaremos atendendo como de costume os nossos clientes, fornecedores e amigos, no endereço e telefones habituais.

Para maiores informações favor contatar-nos.

Fone: 11 6108 5555
Fax.: 11 6108 5500
www.degussa-cc.com.br
falecom@degussa-cc.com.br

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DOS SÓLIDOS NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETOS AUTO-ADENSÁVEIS

Johnson Wilker Rigueira Victor. Departamento de Ingeniería de La Construcción, Universidad Politécnica de Valencia, UPV, Valencia /Espanha. Pedro Serna Ros. Universidad Politécnica de Valencia, UPV, Valencia/Espanha. Mônica Pinto Barbosab. Profa Adjunta da Faculdade de Engenharia UNESP, Ilha Solteira/Brasil

Resumo. O estudo e utilização de concretos auto-adensáveis (C.A.A.) ganha o mercado da construção civil desde que foi proposto por Okamura em 1986. Em alguns países da Europa e no Japão intensivas pesquisas estão sendo desenvolvidas para estudar seu comportamento estrutural e reológico. Este artigo apresenta um estudo sobre a composição granulométrica destes concretos.

A influência da quantidade de cimento, a necessidade da utilização de frações finas de agregados (80 a 600 μ m) e finos (< 80 μ m), e de uma correta proporção entre areia e brita, foram avaliadas ao longo desta pesquisa. Analisa-se o concreto em seu estado fresco, utilizando ensaios já conhecidos como o funil em V (V-funnel), o fluxo no cone de Abrams "(slump-flow)" e a caixa em L. Para cobrir um maior campo de opções foram elaborados os respectivos modelos reduzidos destes ensaios, o que permitiu intensificar as pesquisas em laboratório. Os resultados comparativos entre os modelos reduzidos e os ensaios originais, e alguns critérios para dosagens ótimas dos materiais componentes são apresentados ao longo deste artigo.

Abstract. The study and use of self-compact concretes begin to gain the market of the civil construction since proposition by Okamura in 1986. Intensive researches in Japan and some countries of the Europe are being developed to study the structural and reological behavior of these concretes. This article presents a study about the grain-sized composition of these concretes. The influence of the amount of cement, the necessity of the use of arid fine fractions (80 to 600 μ m) and filler (< 80 μ m), and a perfect ratio between sand and crushed rock had been evaluated in this research.

The fresh state concrete is analyzed using already known as the funnel in V test (V-funnel), the flow in the cone of Abrams test (slump-flow) and the box in L test. The respective reduced models had been elaborated to cover a bigger filed of options of these tests, allowing to intensify the research in laboratory. The comparative results between the reduced models, the original tests, and some criteria for excellent dosages of the component materials are presented in this paper

Palavras-Chave: Concreto Auto-adensável, Granulometria, Finos

Keywords: Self-compact Concrete, grain-sized composition, Fine

Introdução

O concreto auto-adensável (C.A.A.) é um concreto tão fluido que pode ser lançado facilmente, sem necessidade de vibração ou outros meios de compactação, mantendo-se homogêneo e coesivo, sem segregação, separação nem exudação. Seu emprego aponta muitas vantagens como, por exemplo, a segurança de uma concretagem correta, com elementos compactos e acabados sem necessidade de vibração. O CAA é capaz de preencher perfeitamente a fôrma aproveitando sua energia potencial proporcionada por seu peso próprio, eliminando assim, a dependência de operários para a vibração mecânica. Sua grande característica é, sem dúvida, sua capacidade para penetrar nas armaduras mais cerradas e de poder ser aplicado em situações antes impossíveis, reduzindo o custo energético em compactação e a contaminação acústica que ela produz. Além disso, permite obter superfícies de aspecto homogêneo e que refletem exatamente as formas dos revestimentos.

O primeiro C.A.A. foi realizado em 1988 (H. Okamura, M Ouchi 1). A partir daí muitos estudos (Ozawa 2) e experiências em obra refletiram o grande interesse deste material.

Para a fabricação dos C.A. A. usam-se os mesmos materiais para um concreto convencional, mas suas proporções são distintas, especialmente no conteúdo de finos, imprescindíveis para evitar riscos de segregação. Quando as areias não aportam suficientes finos costuma utilizar-se acréscimo como as cinzas volantes ou sílica ativa, ou inertes, como o filler calcário. Em alguns casos podem ser utilizados agentes de viscosidade.

Entretanto, a definição que se entende por finos varia de um autor a outro. (Gomes 3) os limita a 80m, (Okamura 4) a 90m, (Izquierdo 5 e EFNARC [6]) a 125m e (Carracedo 7) a 150m. Essa definição deve ser analisada com cuidado, já que afeta diretamente a relação a/f (água / finos), que é um parametro muito utilizado na dosagem dos C.A.A. Nenhum desses autores indicam diferenças entre as distintas frações desses finos, mas sim recomendam que a relação a/f se encontre dentro do intervalo 0,9 a 1,1.

A utilização de aditivos redutores de água de última geração, produzidos a base de policarboxilato tem facilitado os avanços neste campo. A quantidade de cimento adotada varia segundo a resistência desejada, os finos empregados e o tamanho máximo do árido da mistura.

Recomenda-se que o tamanho máximo do agregado não supere os 20mm (Okamura y Ozawa-4, EFNARC [8]) e que o volume do mesmo esteja limitado em torno a 50% (Okamura [9]), além do emprego de areias lavadas, cuja superfície favorece a trabalhabilidade do concreto.

Neste estudo foi analisada a influência das distintas frações de sólidos nas propriedades que definem um concreto como auto-adensável. As frações estudadas foram o cimento, os finos (< 80m), as frações finas de agregado (80 a 600m) e a proporção entre areia e britas.

As propriedades analisadas foram a fluidez e a viscosidade, cujas medidas foram feitas por um funil em V (V-funnel), pelo fluxo no cone de Abrams "(slump-flow)" e pela caixa em L (L-Box). Devido ao volume importante de material exigido nesses ensaios e, para cobrir um vasto leque de opções, foram desenvolvidas réplicas dos mesmos em tamanhos reduzidos. Estes ensaios serão úteis para concretos com tamanho máximo de agregado de 10 mm, freqüentemente utilizados em industrias de pré-moldados, onde na Espanha, o C.A.A. tem tido boa aceitação.

Nesta etapa buscou-se uma correlação entre as propriedades dos concretos fabricados a diferentes escalas, para realizar estudos prévios e ajustar a dosagem em betoneiras de pouco volume, antes de começar a trabalhar com volumes maiores.

Materiais e programa experimental

Ensaio de caracterização e controle dos C.A.A. – Proposta de ensaios reduzidos.

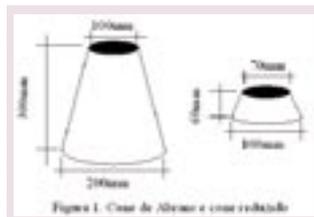


Figura 1. Cone de Abrams e cone reduzido

As principais características dos C.A.A. conforme supracitado, são a sua fluidez, sua capacidade de preencher qualquer parte da fôrma passando através da armadura simplesmente por ação de seu peso próprio, sem a necessidade de qualquer outro

método de compactação externo, sem que ocorra segregação ou bloqueio nas regiões mais armadas. Entretanto, estas características requerem métodos de ensaios distintos dos tradicionais. Os ensaios atualmente utilizados para analisar estes parâmetros são:

• Ensaio de fluxo "(Slump - Flow)" (RILEM 7)

Avalia a capacidade de deformação do concreto fresco devido ao seu peso próprio. O ensaio consiste em encher o Cone de Abrams, sem compactação, levantar o cone e deixar fluir o concreto. Mede-se o tempo que o concreto demora em alcançar um diâmetro de 50 cm (T50) e o diâmetro final alcançado por essa massa de concreto (DM). Recomendam-se tempos de T50 entre 2 e 6 segundos e que alcance diâmetros entre 60 e 80 cm.

No cone reduzido proposto, o procedimento é o mesmo, porém mede-se o tempo que o concreto demora em alcançar um diâmetro de 20 cm (T20), e posteriormente o diâmetro máximo (dm). (Figura 1).

• Funil em V (V-Funnel) (RILEM 7)

Analisa a capacidade do concreto para passar por lugares estreitos, sua fluidez e a resistência à segregação da mistura.

Para realizar o ensaio, enche-se o funil, sem compactação, e após um minuto de repouso abre-se a comporta existente na parte inferior do mesmo. Mede-se o tempo que o concreto demora em esvaziar o funil. A massa de concreto deve fluir a velocidade constante. Variações na velocidade de queda indicam que está ocorrendo bloqueio devido à segregação. Altos tempos de funil em concretos com velocidades de queda constante indicam que a mistura está muito coesiva. (Figura 2).

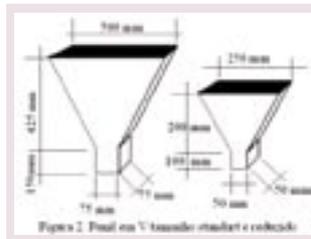


Figura 2. Funil em V tamanho maior e reduzido

• Caixa em L (L-BOX) (RILEM 7)

Este ensaio analisa a capacidade do concreto de transpassar zonas de armadura sem que ocorra segregação do agregado graúdo ou o bloqueio da mistura diante das barras de aço. O ensaio consiste em preencher até a borda a parte vertical da caixa em forma de L, de dimensões indicadas na (Figura 3), esperar que o concreto repouse por um minuto e, em seguida, levantar a comporta de tal modo que o concreto descarregue livremente, passando pelas armaduras e preenchendo a parte horizontal da caixa.

No caso da proposta de ensaio reduzido o procedimento de ensaio é idêntico. Foram analisadas: a capacidade auto-nivelante do concreto na presença de obstáculos, o bloqueio entre as barras e o tempo de fluência.

Os diâmetros das barras utilizadas assim como o espaçamento entre elas deve ser ajustado de acordo com a aplicação que se dará ao concreto. Neste estudo foram utilizadas barras com diâmetros de 12 mm para o ensaio standart e de 10 mm para o ensaio reduzido. Nos dois casos os vãos entre barras eram de 34 mm.

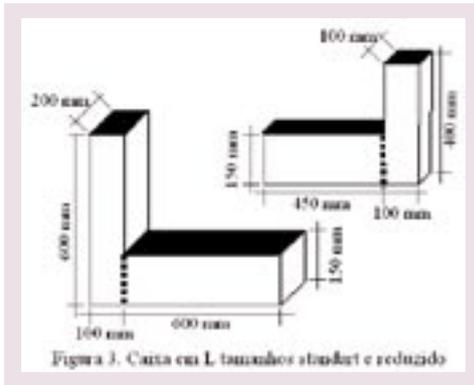


Figura 3. Caixa em L, tamanhos standart e reduzido

Onde:

H2/H1 (capacidade de autonivelção) > 0,8

t20 (tempo de fluência) < 1,5 seg.

t40 (tempo de fluência) < 3,5 seg.

Materiais empregados

Os materiais utilizados neste estudo foram:

- Cimento Tipo CEM I 52,5 R (UNE 80301), cuja composição química encontra-se na (Tabela 1).

Tabela 1
Composição química do cimento

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	SiO ₂	Na ₂ O	FP	SB
65,8	5,31	3,02	61,08	1,14	1,06	1,37	0,19	2,01	0,27

- Filler calcário (F)
- Pó de mármore, (M)
- Areia calcária de granulometria variando de 0 a 4 mm, (Ar).
- Brita calcária triturada (granulometria variando de 4 a 7 mm), (B0).
- Brita calcária triturada (granulometria variando de 7 a 12 mm), (B1).

Na (Figura 4), mostram-se os resultados das granulometrias dos materiais sólidos utilizados (Cimento, F, M, Ar, B0, B1). A granulométrica dos agregados foram obtidas por peneiras (UNE/EN 933-1) e para a obtenção da granulométrica do filler (F), pó de mármore (M) e do cimento utilizou-se um ADL (análise de tamanho de partícula por difração de raios laser).

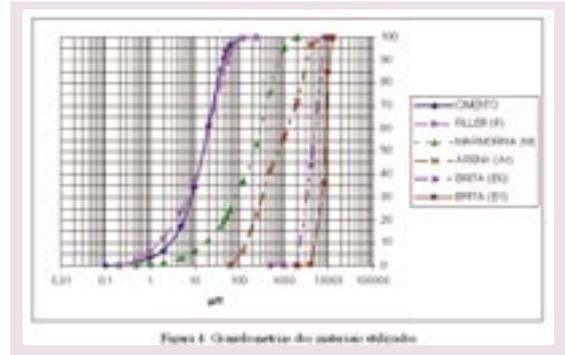


Figura 4. Granulometria dos materiais sólidos

Processo de amassamento

Para analisar as características dos concretos fabricados a diferentes escalas, foram utilizadas duas betoneiras diferentes. A seqüência de introdução dos componentes de cada uma das betoneiras foi adaptada à capacidade da mistura e às características de cada uma delas. (Tabela 2).

Para decidir o tempo de amassamento, depois da introdução do aditivo superplastificante, foram ensaiados três concretos com volumes distintos de cimentos e analisou-se o tempo de queda no funil em V para distintos tempos de amassamento. A (Figura 5) apresenta os resultados correspondentes à betoneira grande.

Comprovou-se a importância de prolongar o tempo de agitação para garantir a dispersão total dos finos e o desenvolvimento da eficiência do aditivo. Cada tipo de betoneira desenvolve uma velocidade diferente. Este fato acarreta efeitos diversos nas misturas que obrigou a fixar tempos de amassamento diferentes. Após estes ensaios decidiu-se manter 15 minutos de amassamento na betoneira grande e 3 minutos na betoneira pequena, do tipo argamassadeira.

Tabela 2
Processo de amassamento em duas betoneiras

Funil de Cimento Volume de concreto	Betoneira grande Capacidade 20 litros	Betoneira pequena Capacidade 7 litros
Ordem de colocação (tempo em minutos)	<ul style="list-style-type: none"> • Água (3min) • Filler, pó de mármore, mármore • Filler, pó de mármore, mármore • Cimento • Água (2min) • Aditivo (1min) 	<ul style="list-style-type: none"> • Filler, pó de mármore, mármore • Água (1min) • Água (2min) • Aditivo (1min) • Cimento (1min)

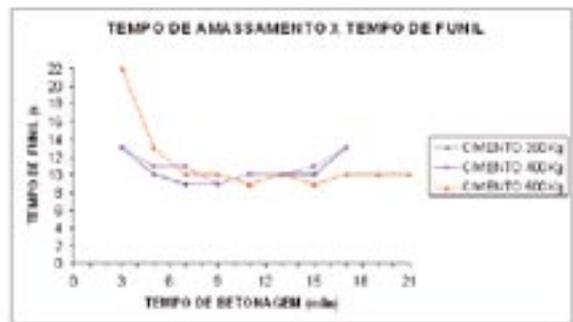


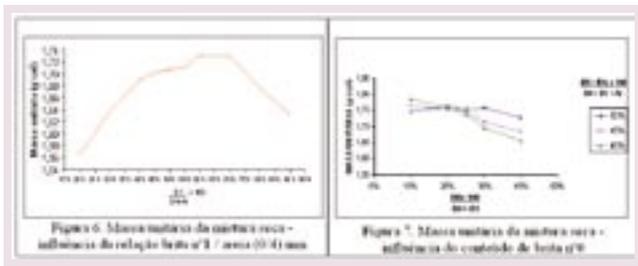
Fig. 05. Efeito do tempo de betoneira

Dosificação – Ensaios Iniciais

Propôs-se inicialmente um estudo das proporções dos distintos agregados baseado na norma ASTM C29/C29M que consiste em misturar os materiais secos em distintas proporções e determinar a densidade da mistura selecionando as mais densas.

Neste caso o preenchimento do recipiente realizou-se sem compactação.

Numa primeira série misturou-se areia e brita B1 (Figura 6). Dela selecionaram-se três relações distintas para analisar a influência da brita B0 na densidade (Figura 7). Finalmente analisou-se a influência dos finos com misturas que continham uma percentagem de brita fixa em 40% e proporções variáveis compostos por filler e pó de mármore em percentagens de 50%, (Figura 8).



Nos resultados dos ensaios com o material seco, verificou-se que:

- Proporções entre 40 e 70% de areia são as que apresentam maiores densidades;
- A utilização da brita B0 não incrementa as densidades. Se o conteúdo da areia é alto leva a uma redução;
- A utilização de finos incrementa a densidade da mistura, mas esta não muda praticamente para altas percentagens de finos.
- Após estes resultados decidiu-se prescindir da brita B0 e realizar uma série de ensaios sobre concretos fabricados em betoneira pequena, determinando o tempo do funil pequeno. Os resultados são apresentados na (Figura 9). Fixou-se a relação brita B1 / brita B1 + areia em 47% para estes ensaios.

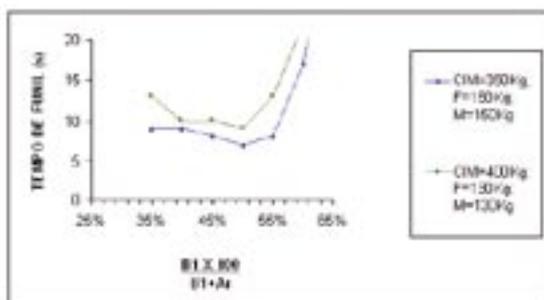


Figura 9. Evolução do tempo em função da proporção de brita.

Resultados e discussões

Composições selecionadas

Propôs-se a obtenção de seis composições consideradas boas, cada uma delas com diferentes percentagens de finos, diferentes fatores a/c e diferentes conteúdos de cimento, dispostas na (Tabela 3).

O procedimento consiste em realizar amassamentos variando o conteúdo em filler e pó de mármore em betoneira grande e repetir a mesma dosagem na argamassadeira. Os ensaios realizados em cada betoneira são os indicados na (Tabela 4). Os resultados obtidos são apresentados na (Figura 10).

Tabela 3
Composições

Designo	Conteúdo de cimento	a/c	Tipo de Fios	
			F10	F15
A	300	0,50	50	50
B	400	0,40	50	50
C	400	0,40	100	—
D	300	0,50	100	—
E	300	0,50	50	100
F	300	0,50	50	50

Tabela 4
Escorridos e escoamentos

Designo	Composições em	
	Betoneira grande	Betoneira pequena
Tempo normal	T50, dm	—
Com pequena	T20, dm	T20, dm
Funil em T grande	TE	—
Funil em T pequena	te	te
Comprimido	4 eja (20 eja/dm³)	—
Tempo de amassamento	1 eja (1 eja/dm³)	—

Onde:

DM: diâmetro médio de espalhamento do concreto para cone de tamanho normal

dm: diâmetro médio de espalhamento do concreto para cone de tamanho reduzido

T50: tempo de espalhamento do concreto para atingir diâmetro de 50 cm

T20: tempo de espalhamento do concreto para atingir diâmetro de 20 cm

te: tempo de escoamento.

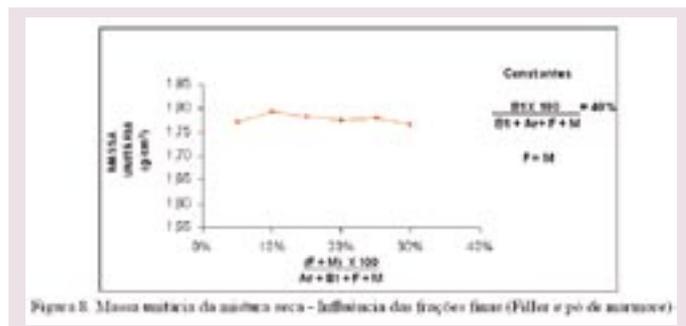


Figura 8. Massa unitária da mistura seca - influência das frações finas (Filler e pó de mármore)

Obtenção de dosagens ótimas

O conjunto de gráficos da (Figura 10) representam os resultado dos ensaios de fluxo de cone e funil em V. Pode-se observar uma igualdade de tendências dentro de cada serie com exceção da serie E. Verifica-se também que os tempos de funil e de cone apresentam uma tendência crescente à medida que se aumenta a quantidade de filler e de pó de mármore utilizado. Este comportamento é devido a grande quantidade de água que os finos demandam. Por outro lado, os diâmetros finais alcançados pelos concretos apresentam uma tendência decrescente, indicando que a dosagem torna-se mais coesiva à medida que se aumenta a quantidade de filler e pó de mármore utilizado.

A granulometria mais “grossa” do pó de mármore em respeito ao filler, justifica a tendência diferente encontrada na serie E.

Durante os ensaios observou-se o aspecto para identificar a tendência à segregação. As (Figuras 11, 12, e 13) apresentam os três aspectos limites dos ensaios realizados. Outro dado visual analisado foi o aspecto de corte de corpos de prova cilíndricos onde se podia apreciar a distribuição final dos áridos no concreto endurecido. (Figuras 14 e 15)].

A fim de ilustração as (Figuras 16 e 17), apresentam dois resultados do ensaio da caixa em L, onde se avalia o comportamento dos concretos com e sem segregação.

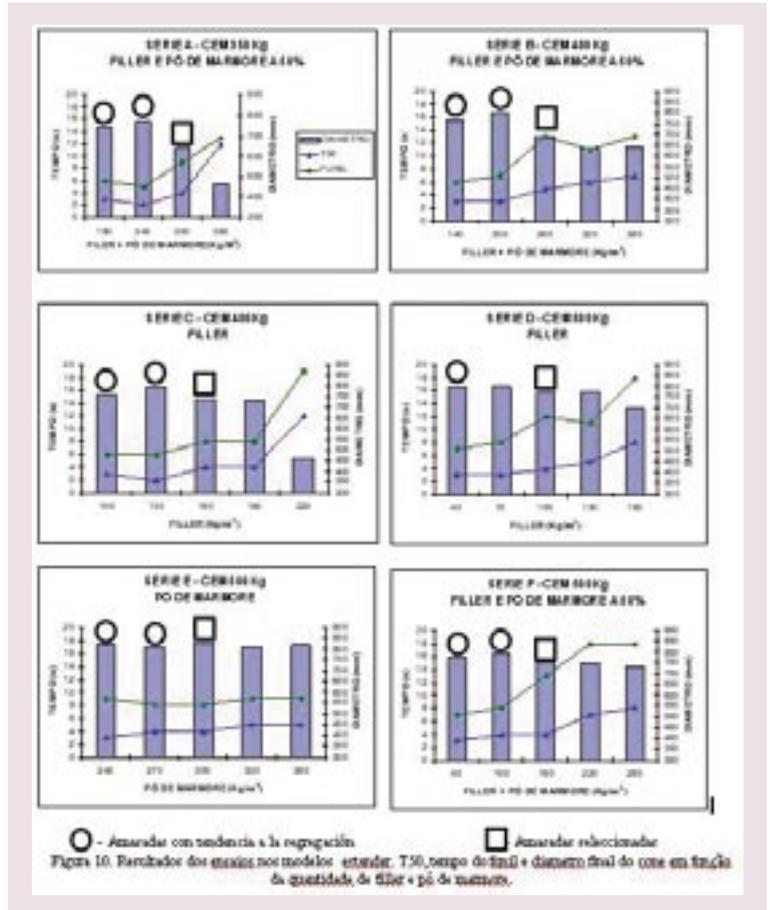


Figura 11: C. A. A. com tendência à segregação



Figura 13: Concreto com características não auto-adensável - coesivo



Figura 12: C. A. A. fluido sem segregação



Figura 14: Corte de concreto segregado

Figura 15: Corte do C. A. A.

Comparação dos ensaios em escala reduzida

As (Figura 20, 21 e 22) apresentam uma comparação de resultados dos ensaios em seu tamanho normal e reduzido.

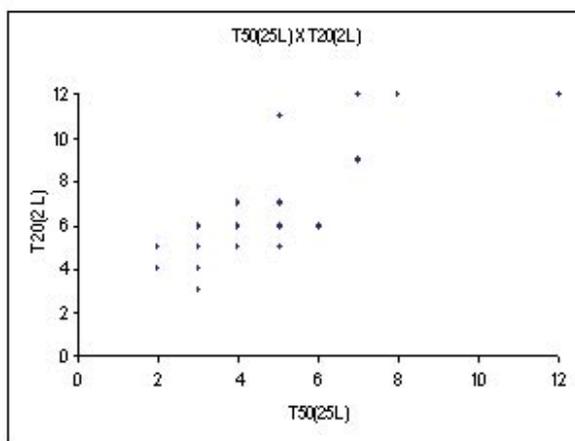


Figura 20. Comparação de resultados entre os cones grande e pequeno

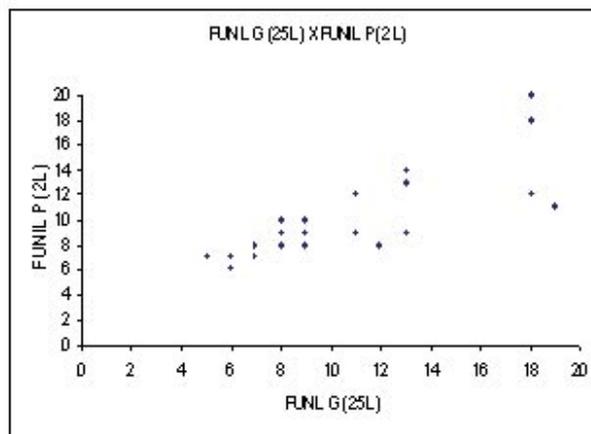


Figura 21. Comparação de resultados entre os funis grande e pequeno

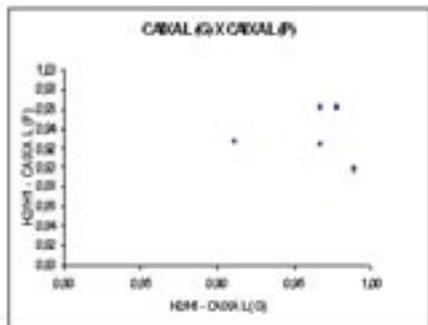


Figura 22. Comparação de resultados entre Caixa em L, grande e pequena.

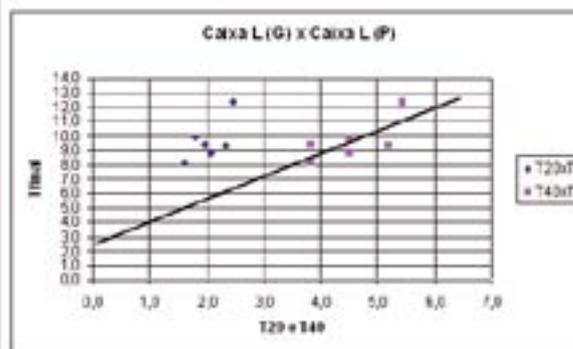


Figura 23. Relação entre os tempos T20 e T40 e o Tempo final para as duas caixas L.

Para valores do T50, entre 2 e 6 segundos correspondem tempos de T20 entre 3 e 7 segundos, com uma clara correlação linear. Por outro lado tempos recomendados para o funil de dimensões normais, entre 5 e 12 segundos, correspondem a 6 e 11 segundos em seu modelo reduzido.

No caso das caixas em L, (Figura 22 e 23), podemos ver que os tempos finais (Tf) medidos no modelo reduzido e os tempos 40 (T40) medidos no ensaio "Standart" apresentam uma correlação, de maneira que, Tf é praticamente o dobro de T40.

Ainda sobre os tempos, podemos dizer que, mesmo que os valores encontrados para estes concretos, (Tabela 5), não cumpram os parâmetros estabelecidos pela bibliografia, ($T20 < 1,5s$ e $T40 < 3,5s$), nossa experiência mostra que estes fatores não afetam a execução da concretagem.

O parâmetro H2/H1, em todos os casos, se encontra dentro do intervalo que vai de 0,8 até 1; garantindo assim, que todas as dosagens ótimas tem boa capacidade de nivelção.

Tabela 5.
Resultados da caixa em L.

concretagem	CAIXA L STANDART					CAIXA L REDUZIDA			
	T20(s)	T40(s)	H1(cm)	H2(cm)	H2/H1	Tfinal(s)	H1(cm)	H2(cm)	H2/H1
1C	1,8	4,5	9	8,9	0,99	9,9	7,9	7,1	0,90
3B	2,3	5,2	9	8,9	0,99	9,3	8	7,2	0,90
3C	1,6	3,8	9	8,7	0,97	8,1	8	7,4	0,93
4B	2,5	5,4	9	8,2	0,91	12,3	8,2	7,6	0,93
5A	2,0	3,8	9	8,8	0,98	9,4	7,8	7,5	0,96
5F	2,1	4,5	9	8,7	0,97	8,9	8	7,7	0,96

Conclusões

- Os C.A.A. exigem um tempo de amassamento maior que os tradicionais para permitir que finos e aditivos desenvolvam seu efeito. Análises em tempos curtos podem dar resultados enganosos ocultando tendências à segregação ou excessiva coesão;
- A relação água/finos em volume, considerando como fronteira destes últimos a peneira de 125µm é o parâmetro que melhor tem caracterizado os C.A.A.;
- Deve-se considerar como finos, todos os sólidos menores que 125 µm: Cimento, fillers, sílica ativa, as frações das areias com esta dimensão e outras possíveis adições. Por isso o filler reduz a tendência de segregação e são indispensáveis se o conteúdo de cimento for de 350 Kg/m³ ou menor, porém podem ser prescindíveis em caso contrário, se a areia utilizada é fina;
- Outras frações de agregados como as areias entre 125 e 600 µm tem influências diferentes no comportamento dos C.A.A.;
- O parâmetro água/finos (A/F) em volume deve alcançar um valor próximo a 0,84 para concretos com agregados de tamanho máximo de 10mm. Tamanhos superiores exigirão relações mais altas;
- Os métodos de ensaios propostos em escala reduzida mostram uma correta adaptação dos ensaios convencionais e podem ser utilizados para estudos prévios em laboratório antes de se começar a trabalhar com grandes volumes de concreto.

Agradecimentos

A FAPESP pela concessão da bolsa de aperfeiçoamento de pesquisa e auxílio professor visitante. Aos técnicos e alunos de doutorado do Laboratório de Estruturas e Materiais do Departamento de Ingeniería de la Construcción da Universidade Politécnica de Valencia. ♦

Referencias

- 1 H.OKAMURA, K. OZAWA, M. OUCHI; "Self-Compacting Concrete"; Structural Concrete, 1, 1998, 3-1.
- 2 K. OSAWA, K. MACKAWA, H. OKAMURA; High Performance Concrete Based on the Durability of Concrete, Proceeding of the 2nd East Asia- pacific Conference Structural Engineering and Costruction, 1, 1989, pp 445-456.
- 3 P.C.C., GOMES, R. GETTU, L., AGULLÓ, C. BERNAD; Diseño de hormigones autocompactables de alta resistencia. Procedimiento para su dosificación y métodos de caracterización, Hormigón Preparado, 2002, pp 30 – 42.
- 4 H. OKAMURA; K. OZAWA; "Self-Compacting High Performace Concrete"; Structural Engineering International 4/96, 1990
- 5 J. IZQUIERDO, Sika,S.A.: "Hormigón Auto compactable"; Hormigón Preparado, 49, 2001, pp 33 – 37
- 6 EFNARC; "Specifiction And Guidelines for Self-Compacting Concrete: Febrero 2002. <http://www.efnarc.org>
- 7 J. CARRACEDO, J. M. D. GASPAR; Hormigón Autocompacto (H.A.C.) – Glenium: la última tecnología aplicada al hormigón de altas prestaciones; Hormigón Preparado, 45, 1999, pp 52 – 58.
- 8 State of the Arte report of RILEM Tecnical Committee 174-SCC: Self-Compacting Concrete.
- 9 Okamura, H., Ozawa, K. "Self-Compacting High Performace Concrete"; Structural Engineering International, N°4, [269 – 270], 1996

EFEITO DO CONFINAMENTO DO CONCRETO NA CAPACIDADE RESISTENTE E NA DUCTILIDADE DE PILARES

João Bento de Hanai, Professor Titular EESC.USP. Adilson Roberto Takeuti. Doutor em Engenharia de Estruturas, Pós-doutorando EESC.USP. Ricardo Carrazedo, Doutorando EESC.USP

Resumo. São apresentados conceitos básicos sobre o efeito de confinamento em pilares de concreto armado, destacando-se aspectos sobre capacidade resistente e ductilidade. Descreve-se uma série de ensaios de pilares de seção transversal circular, com diâmetro de 190 mm e comprimento de 570 mm, preparados com concretos de diferentes classes de resistência (C15, C30, C45 e C60) e distintas taxas de armadura longitudinal e transversal. Os resultados experimentais são comentados, especialmente quanto ao efeito da variação da resistência do concreto e do confinamento dado pelas armaduras.

Modelos teóricos de previsão do comportamento de pilares são descritos e seus resultados analisados. Em particular, um processo de análise por superposição de efeitos mostrou-se útil para a interpretação de resultados experimentais na forma de diagramas força-deslocamento. Conclui-se que o efeito de confinamento, a delimitação mais precisa do núcleo confinado e o comportamento da camada de envolvimento desse núcleo são aspectos da maior importância para o entendimento dos mecanismos de resistência e deformação em pilares de concreto armado. Conclui-se também que os modelos teóricos devem levar em consideração os aspectos mencionados, sob pena de incorrer em avaliações contrárias à segurança estrutural.

Abstract. This paper presents fundamentals about confinement effects in reinforced concrete columns, pointing up their consequences on ultimate load capacity and ductility.

A series of tests is described, where the columns had circular cross section (190 mm diameter and 570 mm length).

They were prepared with various concrete strengths (15 MPa, 30 MPa, 45 MPa and 60 MPa) and different transverse and longitudinal reinforcement ratios. The experimental results are commented, especially looking at the concrete strength variation and the confinement action.

Theoretical models to preview column behavior are presented and discussed. A superposition method particularly showed to be useful to experimental results' analysis by observing load-displacement diagrams. It can be concluded that confinement effect, confined core delimitation and concrete cover layer behavior are special topics for understanding the strength and deformation mechanisms of RC columns. Also theoretical models must consider these topics under penalty of unsafe previsions.

Keywords: Column, reinforced concrete, confinement, ductility, tests.

Palavras-Chave: Pilar, concreto armado, confinamento, ductilidade, ensaios.

INTRODUÇÃO

O chamado efeito de confinamento pode ser entendido, de modo geral, como sendo o resultado do constringimento da livre deformação de uma parte ou do todo de um sólido material, causado por restrições internas ou externas. Ilustra-se na Figura 1 uma situação em que um pino metálico é forçado para dentro de um orifício. A parte superior do pino pode se deformar livremente na direção radial, mas a parte inferior não, pois surgem pressões laterais que impedem a livre deformação.

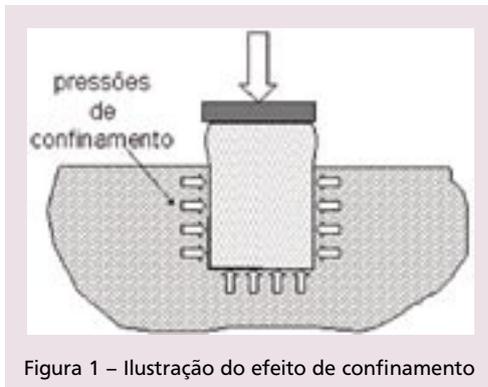


Figura 1 – Ilustração do efeito de confinamento

Nas estruturas de concreto, o efeito de confinamento está presente em diversas situações, como na aderência entre concreto e barras de aço ou entre diferentes camadas de concreto, quando existe adequada armadura de costura. Em particular, no caso de pilares de concreto armado, a armadura transversal de estribos é responsável pela restrição à deformação transversal do concreto e pela caracterização de um núcleo confinado.

Seja no caso de projeto de obras a serem construídas ou daquelas existentes a serem reforçadas, a melhor compreensão do fenômeno de confinamento nos pilares permite o estabelecimento de soluções técnicas mais eficientes, e sobretudo seguras e econômicas.

No presente artigo, pretende-se apresentar os conceitos básicos do efeito de confinamento em pilares, e logo em seguida descrever os resultados de pesquisas recentemente desenvolvidas neste campo. Outros aspectos relevantes também são comentados (alguns deles ainda causam dúvidas), como a aplicação de concretos de alta resistência nos pilares e a contribuição do concreto da camada de cobrimento da armadura.

Em artigo seguinte nesta mesma revista, pretende-se discutir o efeito do confinamento do concreto no caso de reforço de pilares por encamisamento, inclusive com apresentação de resultados de pesquisas realizadas com camisas de concreto de alta resistência executadas em pilares pré-carregados.

CONFINAMENTO EM CILINDROS AXIALMENTE COMPRIMIDOS

Uma situação corriqueira mostra bem o efeito de confinamento em elementos de concreto axialmente comprimidos: o ensaio de corpos-de-prova cilíndricos de concreto.

O atrito no contato entre as superfícies do topo e da base do corpo-de-prova e os pratos da máquina de ensaios impede a livre deformação transversal do concreto nessas regiões, como se ilustra na Figura 2. Surgem então forças de atrito que se compõem com as forças de compressão axial, o que modifica a configuração de esforços no corpo-de-prova.

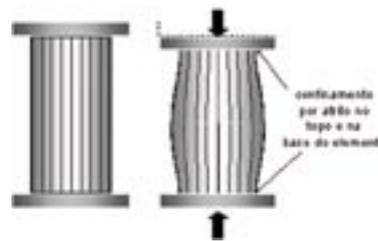


Figura 2 – Deformação de um corpo-de-prova em ensaio à compressão uniaxial

A Figura 3 dá uma idéia de como a distribuição de esforços é modificada. Essa distribuição das tensões na direção vertical foi obtida por simulação numérica não-linear pelo Método dos Elementos Finitos, considerando-se uma tensão uniforme de 26 MPa aplicada e confinamento perfeito no topo e na base. Como se percebe, as tensões axiais não se distribuem uniformemente e existe uma espécie de arqueamento ao longo do corpo-de-prova, como sugerem as linhas tracejadas acrescentadas ao desenho.

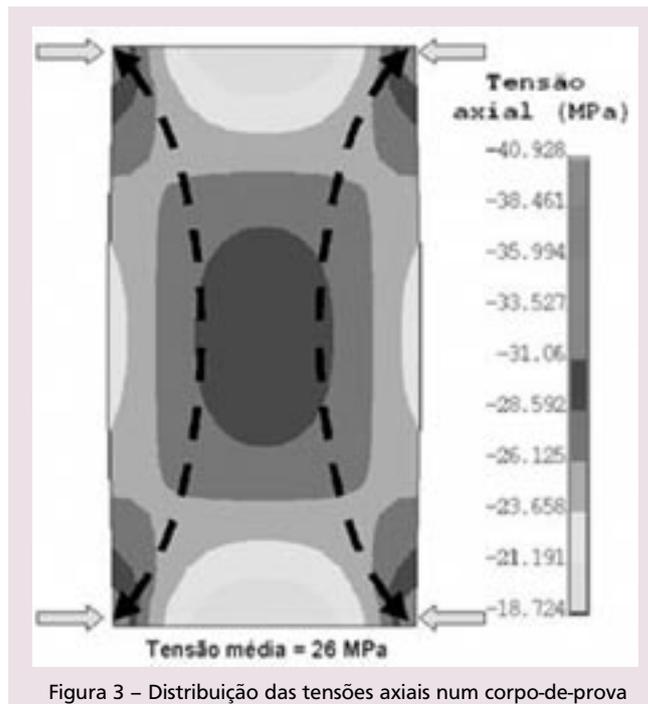


Figura 3 – Distribuição das tensões axiais num corpo-de-prova

Considere-se agora o mesmo corpo-de-prova no qual se dispõe uma cinta deformável à meia-altura (Figura 4), e se aplicam as mesmas condições anteriores de vinculação e carregamento. A distribuição de tensões axiais novamente se modifica, e um arqueamento delinea-se entre o topo, a cinta intermediária e a base do corpo-de-prova, como se mostra na Figura 5.

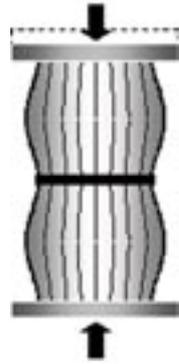


Figura 4 – Esquema de corpo-de-prova com cinta intermediária

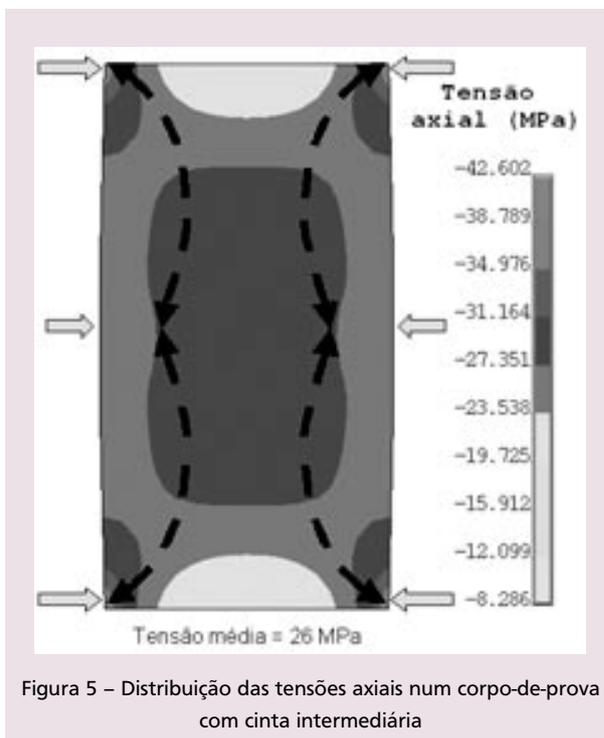


Figura 5 – Distribuição das tensões axiais num corpo-de-prova com cinta intermediária

Simulações análogas podem ser efetuadas considerando um número maior de cintas, obtendo-se resultados como o mostrado na Figura 6. Observa-se claramente a delimitação de um núcleo no interior do cilindro o núcleo confinado, que está sujeito a tensões axiais mais elevadas. Entretanto, como o concreto do núcleo fica sujeito a um estado triaxial de tensões, com pressão lateral confinante, a sua capacidade resistente é aumentada.

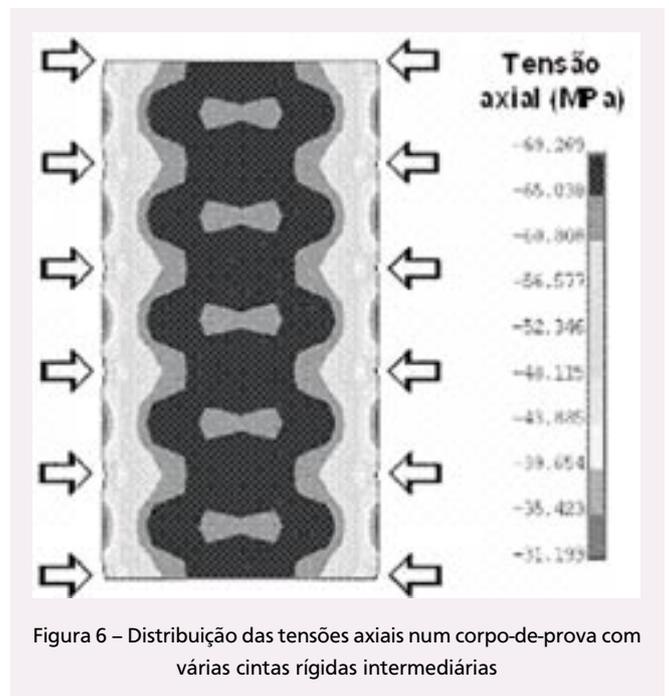


Figura 6 – Distribuição das tensões axiais num corpo-de-prova com várias cintas rígidas intermediárias

Por outro lado, esse núcleo está envolvido por uma “casca” que fica submetida a tensões axiais menores. Todavia, ela está sujeita a estados de tensão multiaxiais, inclusive de tração na direção anelar. Dessa maneira, essa “casca” sofrerá os primeiros danos severos na proximidade da ruptura.

CONFINAMENTO EM PILARES DE CONCRETO ARMADO

Nos pilares de concreto armado, a existência de armaduras longitudinais e transversais também leva à caracterização de porções de concreto que apresentam comportamento distinto.

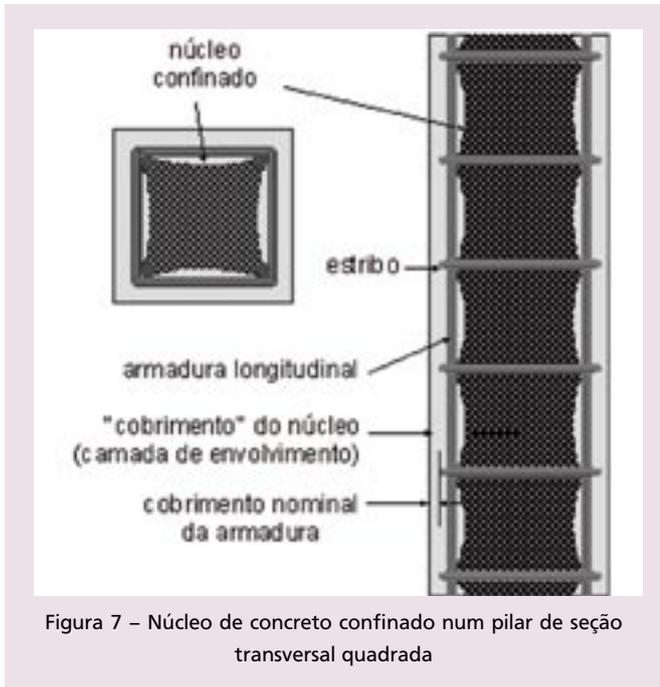
Como se exemplifica na Figura 7, num pilar de seção transversal quadrada manifesta-se o fenômeno de arqueamento, tanto no plano transversal como no longitudinal. Os estribos, neste caso, funcionam como cintas deformáveis que restringem parcialmente a deformação transversal do concreto. O arqueamento no plano transversal decorre do fato de que os ramos retilíneos têm pequena rigidez à flexão, e portanto não são capazes de proporcionar valores mais significativos de pressão lateral nesses trechos.

Mesmo nessas condições menos favoráveis do que no caso de seção transversal circular, caracteriza-se um núcleo de concreto confinado, que apresenta maior resistência e ductilidade que o concreto simples.

Como se vê na Figura 7, o núcleo confinado pode ser interpretado como um sólido cuja forma é influenciada pelo espaçamento dos estribos na direção longitudinal, assim como pela rigidez de seus ramos retilíneos. O núcleo está envolvido por uma camada de concreto não-confinado, freqüentemente tratada na

literatura como sendo a “camada de cobertura”.

Na realidade, ela não corresponde exatamente à camada de cobertura nominal da armadura, uma vez que incorpora parcelas de concreto que adentram pelo perímetro delimitado



É importante destacar mais uma vez que considerando-se o efeito de confinamento existem dois tipos de comportamento a observar no mesmo concreto que constitui o pilar: o comportamento do concreto que está confinado e o do que não está confinado.

Pelo que foi exposto até agora, pode-se acrescentar também que:

- A seção transversal circular é aquela em que o efeito de confinamento mostra-se mais uniforme, uma vez que o estribo circular tem a forma ideal para proporcionar pressões laterais radiais;
- Quanto menor o espaçamento longitudinal dos estribos, mais uniforme fica o núcleo e mais efetivo é o efeito de confinamento;
- Quanto mais curtos os trechos retos dos estribos no caso de seções quadradas e retangulares mais efetivas são as pressões laterais nos planos transversais;
- No caso de pilares com seção transversal retangular, ramos mais longos de estribos podem ser evitados, adicionando-se barras longitudinais e estribos de amarração.

ENSAIO DE PILARES COM DIFERENTES CLASSES DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Em trabalho realizado no Laboratório de Estruturas da EESC-USP (ver TAKEUTI1, 2003), foram ensaiados pilares de concreto armado, de seção transversal circular, com diferentes taxas de armadura transversal e longitudinal, e com concretos de diferentes classes de resistência. O objetivo principal foi observar o efeito

da variação da resistência do concreto e do confinamento dado pelas armaduras.

Os modelos de pilares (pilares curtos) foram cuidadosamente executados em fôrmas de PVC, com diâmetro de 190 mm e comprimento de 570 mm, como se mostra na Figura 8. A armadura longitudinal consistiu de barras de aço de 8, 10 ou 12,5 mm. A armadura transversal helicoidal foi de fios de 5 mm, com diâmetro externo de 160 mm e espaçamento de 30, 50 ou 70 mm. Os concretos foram dosados em quatro classes de resistência: 15, 30, 45 e 60 MPa.

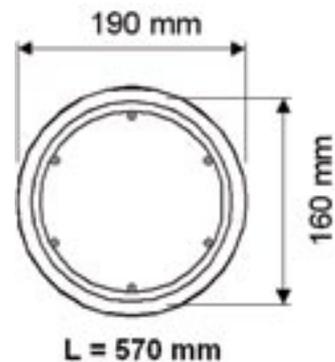


Figura 9 – Ensaio na Máquina Universal

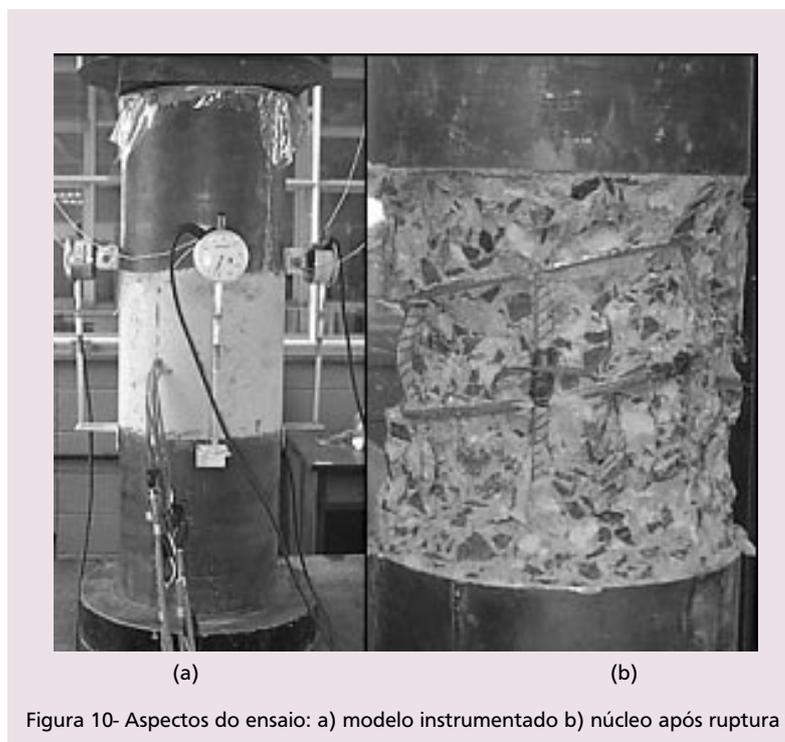


Figura 10- Aspectos do ensaio: a) modelo instrumentado b) núcleo após ruptura

Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaios INSTRON mod. 8506/Custom (Figura 9), com controle de deslocamento. Por este modo de ensaio, foi possível registrar o comportamento do pilar inclusive após o atingimento da resistência de pico.

A Figura 10 mostra aspectos dos modelos de pilar no início e ao final do ensaio. Os modelos foram reforçados no topo e na base com camisas de aço, para evitar uma eventual ruptura localizada. As armaduras foram instrumentadas internamente com extensômetros elétricos de resistência para medição de deformações, e externamente com transdutores de deslocamento.

A força aplicada e o deslocamento do atuador foram medidos pelo próprio sistema da máquina. As leituras foram automaticamente registradas pelo sistema de aquisição de dados VISHAY – Measurements Group – SYSTEM 5000.

Na Tabela 1 são apresentados os principais dados sobre os pilares, assim como a força máxima alcançada nos ensaios de compressão axial.

Tabela 1 – Dados sobre os pilares e força máxima alcançada

Pilar					Pilar						
	f_{cm} (MPa)	f_t (mm)	f (mm)	F_m (kN)		f_{cm} (MPa)	f_t (mm)	f (mm)	F_m (kN)		
Classe 15	C15	13,1	—	—	308,2	Classe 45	C45	41,1	—	1205,1	
	C15R253	13,1	8	30	336,5		C45R253	47,3	8	30	1427,6
	C15R255	13,1	8	30	666,3		C45R255	41,1	8	30	1227,1
	C15R257	13,1	8	30	656,7		C45R257	41,1	8	30	1156,9
	C15R1053	8,0	10	30	911,8		C45R1053	46,5	10	30	1709,6
	C15R1055	8,0	10	30	701,7		C45R1055	47,3	10	30	1362,8
	C15R1057	8,0	10	30	387,0		C45R1057	41,1	10	30	1271,8
	C15R12,352	8,0	12,5	30	1097,0		C45R12,353	48,3	12,5	30	1693,1
	C15R12,355	12,9	12,5	30	1036,3		C45R12,355	48,3	12,5	30	1449,0
	C15R12,357	12,9	12,5	30	392,0		C45R12,357	41,1	12,5	30	1409,4
Classe 30	C30	24,3	—	—	788,3	Classe 60	C60	67,1	—	—	1553,9
	C30R253	24,3	8	30	1268,0		C60R253	63,4	8	30	1696,6
	C30R255	24,3	8	30	1084,2		C60R255	67,1	8	30	1733,4
	C30R257	24,3	8	30	1040,9		C60R257	67,1	8	30	1654,1
	C30R1053	24,3	10	30	1292,8		C60R1053	63,4	10	30	2033,8
	C30R1055	21,4	10	30	1301,1		C60R1055	63,4	10	30	1877,1
	C30R1057	21,4	10	30	1210,5		C60R1057	67,1	10	30	1811,7
	C30R12,353	21,4	12,5	30	1412,8		C60R12,353	63,4	12,5	30	2013,9
	C30R12,355	21,4	12,5	30	1394,2		C60R12,355	63,4	12,5	30	1967,3
	C30R12,357	21,4	12,5	30	1346,1		C60R12,357	63,4	12,5	30	1909,4

Dados complementares:
 - teor de escoamento das armaduras longitudinais: 545,5 MPa (8 mm), 601,0 MPa (10 mm) e 502,1 (12,5 mm);
 - teor de escoamento das armaduras transversais: 756 MPa (todas com ϕ 5 mm)

Símbolos:
 s - espaçamento da armadura transversal;
 ϕ_t - diâmetro da armadura longitudinal;
 F_m - força máxima no ensaio;
 f_{cm} - resistência média do concreto

ANÁLISE DA CAPACIDADE RESISTENTE DOS PILARES

Analisa-se nesta seção a capacidade resistente dos pilares submetidos à compressão axial, com base nos resultados experimentais obtidos. Além de discutir o conteúdo e a qualidade dos resultados em si, o objetivo é consolidar os conceitos relativos ao efeito de confinamento e suas implicações com os métodos teóricos de previsão da resistência última de pilares.

Cálculo sem Consideração do Efeito de Confinamento

A primeira análise é feita da maneira mais simples possível, pela qual se determina teoricamente a capacidade resistente de um pilar de concreto armado simplesmente somando as parcelas resistidas pelo concreto e pela armadura longitudinal. Portanto, o efeito de confinamento é totalmente desconsiderado nesta análise. A Equação 1 expressa esta hipótese simplificada:

$$F_{u,teo} = f_{cm} A_{c,liq} + f_{y,lm} A_{sl} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$F_{u,teo}$ = força última teórica, prevista para o ensaio;

f_{cm} = resistência média do concreto;

$A_{c,liq}$ = área líquida da seção transversal de concreto;

$f_{y,lm}$ = resistência de escoamento média do aço da armadura longitudinal;

A_{sl} = área da seção transversal da armadura longitudinal.

Dividindo-se a força máxima registrada em cada ensaio pela correspondente previsão teórica obtida com a Equação 1, pode-se lançar os resultados dessa comparação num gráfico como o da Figura 11. Neste gráfico, é indicada uma linha de tendência dos resultados, apenas como uma referência visual.

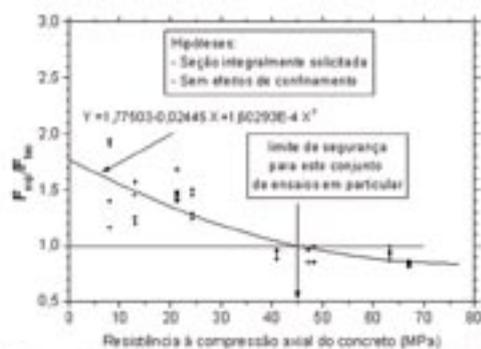


Figura 11- Comparação de dados experimentais com teóricos, sem consideração de confinamento

Observa-se pelo gráfico da Figura 11 que para este conjunto particular de ensaios existe um valor limite de resistência do concreto, no caso em torno de 45 MPa, abaixo do qual o cálculo simplificado fornece valores a favor da segurança. Ou seja, as forças máximas registradas nos ensaios são superiores às calculadas. Para concretos com resistência acima desse valor limite, as previsões teóricas mostram-se contra a segurança. Portanto, pode-se dizer que o cálculo simplificado, considerando-se a seção transversal

integral de concreto como sendo uniformemente resistente, tende a fornecer previsões de força última contra a segurança no caso de concretos de resistência mais elevada.

Para se entender melhor tais constatações e os fenômenos envolvidos, destacam-se os aspectos seguintes:

- A deformabilidade diferenciada dos concretos de diversas classes de resistência, o efeito de confinamento e o comportamento da camada de envolvimento do núcleo são a chave para a compreensão dos resultados;

- Os concretos de menor resistência são mais deformáveis do que aqueles de resistência mais elevada, tanto longitudinalmente como transversalmente. Assim, o efeito de confinamento mostra-se mais efetivo e significativo no caso de concretos de menor resistência à compressão. Isto pode ser observado no gráfico da Figura 11, onde se nota também que a dispersão de resultados para uma dada resistência deve-se, em grande parte, à variação do espaçamento dos estribos. No caso de concretos de baixa resistência, a variação da taxa de armadura transversal acarreta significativas diferenças de resistência, enquanto que no caso de concretos de alta resistência essa variação é mais restrita;

- Os concretos de menor resistência também apresentam maior ductilidade, o que acarreta uma contribuição mais efetiva e prolongada da camada de envolvimento do núcleo durante o carregamento do pilar até a ruptura. Disso decorre o fato de que no ensaio de pilares com concreto de baixa resistência essa camada de envolvimento não se destaca do núcleo nas proximidades da ruptura, o que via de regra acontece no caso de concretos de alta resistência;

- Os dados do gráfico da Figura 11 validam todos esses conceitos, porém as indicações numéricas não podem ser generalizadas para qualquer caso, porque os pilares ensaiados na forma aqui descrita têm uma relação particular entre a área interna aos estribos e a área correspondente ao cobrimento nominal da armadura.

Cálculo com Consideração do Efeito de Confinamento

Vários pesquisadores, dentre eles CUSSON e PAULTRE (1994)², estudaram o efeito de confinamento do concreto em pilares e propuseram modelos de cálculo para determinar a sua capacidade resistente. A Equação 2 expressa o aumento da resistência do concreto do núcleo confinado:

$$f_{cc} = f_c \left[1 + 2,1 \left(\frac{f_{\lambda e}}{f_{cc}} \right)^{0,7} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

f_{cc} = resistência do concreto confinado;

f_c = resistência do concreto não-confinado;

$f_{\lambda e}$ = pressão lateral exercida pela armadura transversal.

A pressão lateral é determinada conforme hipóteses descritas pelos autores, e a capacidade resistente do pilar é obtida multiplicando-se a área da seção transversal delimitada pelos estribos (área convencional do núcleo confinado) pela resistência do concreto confinado. A contribuição da camada de cobrimento da armadura é totalmente desprezada.

De modo análogo ao item anterior, dividindo-se a força máxima registrada em cada ensaio pela correspondente previsão teórica obtida com a Equação 2, lança-se os resultados no gráfico da Figura 12. Analogamente, é indicada uma linha de tendência dos resultados, apenas como uma referência visual.

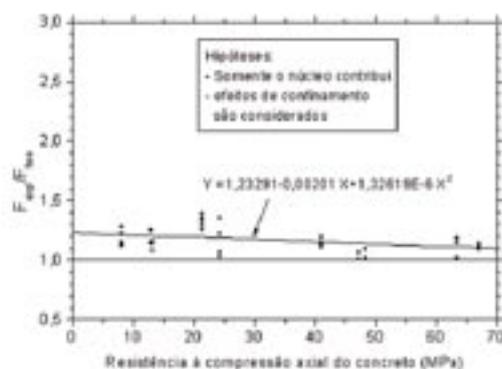


Figura 12- Comparação de dados experimentais com teóricos, com consideração do confinamento

Nota-se de imediato que no gráfico da Figura 12 os resultados mostram-se bem menos dispersos e, em geral, não há previsões contra a segurança. Observa-se uma tendência dessas previsões serem mais conservadoras no caso de concretos de menor resistência, mas possivelmente isto ocorre porque, como já se afirmou anteriormente, os concretos de menor resistência apresentam maior ductilidade e portanto melhor capacidade de acomodação.

Como no método de Cusson e Paultre a contribuição do cobrimento é desconsiderada, então esta é provavelmente a explicação da maior resistência relativa.

Portanto, conclui-se que o emprego de modelos de cálculo que considerem o efeito de confinamento são mais adequados para a estimativa de forças resistentes últimas, para quaisquer classes de resistência do concreto.

A contribuição do cobrimento, ou melhor, da camada de concreto de envolvimento do núcleo confinado é sub-avaliada, até mesmo porque este assunto ainda é objeto de pesquisas em andamento.

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA E DA DEFORMABILIDADE DE PILARES

Apresenta-se neste item uma metodologia que tem sido aplicada pelos autores deste artigo na análise de resultados experimentais sobre o comportamento de pilares e paredes de alvenaria estrutural axialmente comprimidos.

Trata-se nada mais que da aplicação do princípio da superposição de efeitos sobre diagramas tipo força-deslocamento, os quais são determinados experimentalmente ou são derivados de hipóteses teoricamente estabelecidas. A principal vantagem deste tipo de análise é que ela oferece uma visão completa sobre o comportamento do elemento estrutural, inclusive após o pico de resistência.

As parcelas de resistência dadas por distintas partes ou componentes da seção transversal de um pilar podem ser discriminadas como segue:

a) Parcela resistida pelo núcleo da seção, o qual é aqui convencionalmente definido como a porção interna à armadura transversal de estribos. Deixando de considerar o efeito de confinamento, a curva força-deslocamento correspondente a esta parcela pode ser obtida multiplicando-se os valores de tensão da curva tensão-deformação resultante do ensaio uniaxial de corpos-de-prova pela área da seção transversal do núcleo;

b) Parcela correspondente ao efeito de confinamento do núcleo, uma vez que este efeito não foi considerado na alínea anterior. Para determinar esta parcela, adota-se um modelo teórico de confinamento, como por exemplo o de CUSSON E PAULTRE 2;

c) Parcela resistida pelo cobrimento do núcleo, aqui simplificada e considerada como igual ao cobrimento nominal. As forças resistentes dadas pelo cobrimento são obtidas considerando-se que há uma redução da resistência do concreto medida em ensaios uniaxiais, decorrente de estados múltiplos de tensão. Para levar em conta tal redução, aplica-se aqui a hipótese de SARGIN 3, cuja descrição completa é apresentada por TAKEUTI 1;

d) Parcela resistida pela armadura longitudinal, que pode ser obtida multiplicando-se os valores de tensão da curva tensão-deformação do aço utilizado pela correspondente área de seção transversal.

A cada uma dessas parcelas de resistência pode ser associado um diagrama força-deslocamento, como se ilustra na Figura 13. O diagrama de superposição é obtido somando-se as parcelas de resistência para cada valor arbitrado de deslocamento

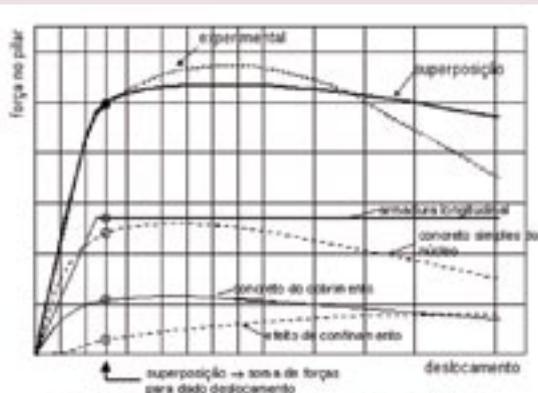


Figura 13- Ilustração superposição de parcelas resistentes

Embora esta análise, pela qual simplesmente somam-se parcelas resistentes, possa conter algumas imprecisões porque tais parcelas nem sempre são independentes entre si, a sua aplicação pode trazer informações interessantes, como o comportamento estrutural do pilar antes e depois do pico de resistência, a significância de cada uma das parcelas de resistência, a ductilidade do pilar, etc. Nas Figuras 14 a 17 são apresentados como ilustração os diagramas de superposição de efeitos dos pilares com maior taxa de armadura transversal e longitudinal, e com concretos de diferentes classes de resistência.

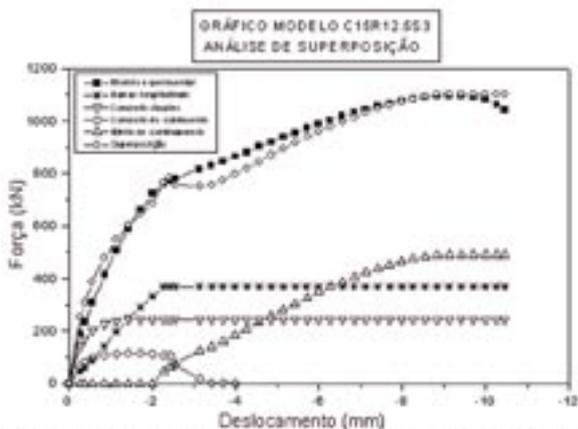


Figura 14- Diagramas de superposição de efeitos para o pilar C15R12,5S3

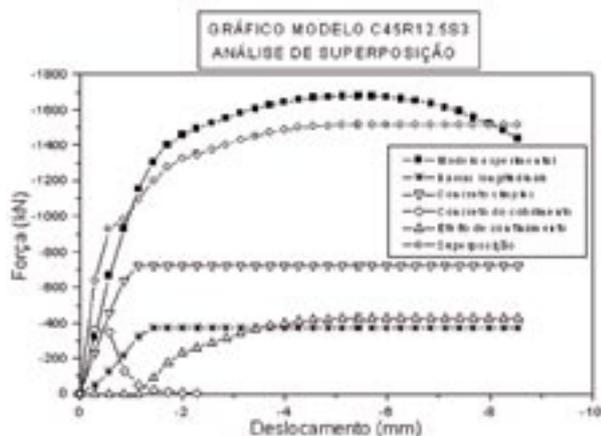


Figura 16- Diagramas de superposição de efeitos para o pilar C45R12,5S3

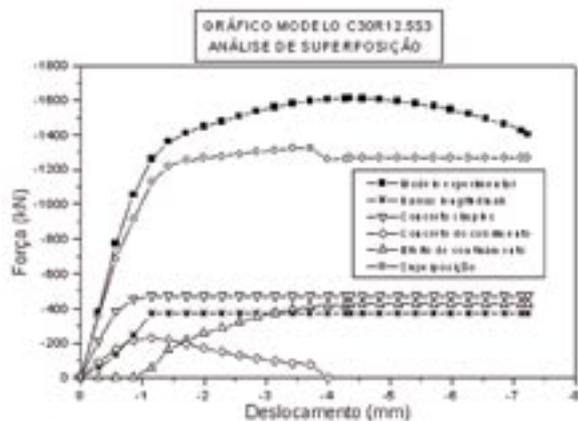


Figura 15- Diagramas de superposição de efeitos para o pilar C30R12,5S3

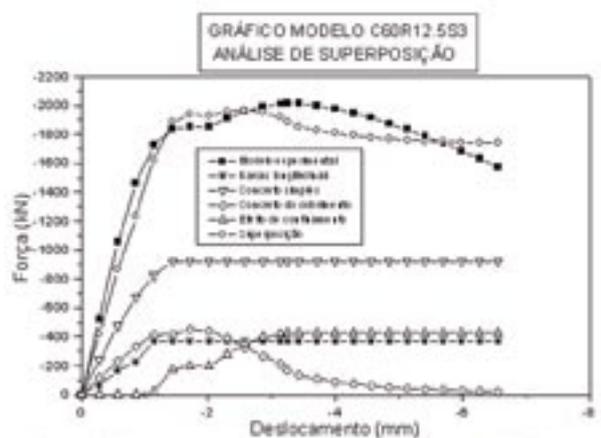


Figura 17- Diagramas de superposição de efeitos para o pilar C60R12,5S3

CONCLUSÕES

O efeito de confinamento, a delimitação mais precisa do núcleo confinado e o comportamento da camada de envolvimento desse núcleo são aspectos da maior importância para o entendimento dos mecanismos de resistência e deformação em pilares de concreto armado. As diferenças observadas por diversos pesquisadores entre o comportamento dos pilares de concreto de alta resistência e os de baixa resistência residem essencialmente nos aspectos discriminados.

Diante do exposto ao longo deste artigo, alguns tópicos merecem ser salientados, a título de síntese final:

a) A ação de confinamento, proporcionada principalmente pela armadura transversal, aumenta a capacidade resistente do núcleo do pilar. Seu efeito é proporcionalmente maior no caso de concretos de baixa resistência, portanto, neste caso, ele é mais significativo na fase pré-pico de resistência do pilar. Já no caso de pilares de concreto de alta resistência, o efeito de confinamento dado por armadura transversal dúctil reflete-se principalmente no aumento da ductilidade do elemento estrutural;

b) A contribuição da camada de envolvimento do núcleo confinado (às vezes, por simplicidade, confundida com o cobrimento da armadura) influi na resistência do pilar conforme as suas dimensões, mas também pela sua capacidade de acomodação quando sujeita a estados multi-axiais de tensão. No caso de concretos de baixa resistência, essa camada contribui na resistência do pilar até a ruína. No caso de concretos de alta resistência, ela pode deixar de resistir antes de se atingir o pico de resistência do elemento estrutural;

c) Na estimativa da capacidade resistente de pilares de concreto armado, a aplicação de modelos teóricos que levam em conta o efeito de confinamento conduz a resultados mais uniformes e confiáveis. O cálculo simplificado, considerando a seção integral (inclusive camada de cobrimento) na determinação dos esforços resistentes, pode levar a previsões contra a segurança no caso de concretos de média e alta resistência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às seguintes instituições pelo apoio dado às pesquisas que subsidiaram este artigo: FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo; CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Holcim Brasil S.A., Gerdau S.A.; Indústria e Comércio Cardinalli Ltda. e Jeruelplast Artefatos Plásticos Ltda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUSSON, D.; PAULTRE, P. (1994) Confinement model for high-strength concrete tied columns. University of Sherbrooke, October, 54p. (SMS-93/02).
- SARGIN, M. (1971). Stress-strain relationships for concrete and the analysis of structural concrete sections. University of Waterloo, Solid Mechanics Division. 167p. (Study no.4).
- TAKEUTI, A.R. (2003). Comportamento resistente imediato e ao longo do tempo de pilares reforçados por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho. São Carlos, 2003: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas. Tese de Doutorado, orientador: João Bento de Hanai. ♦



Rua Olympio de Carvalho, 83 - Centro
Lagoa Santa - MG - Cep: 33400-000
DDG: 0800 - 99 - 3611
Fax: (31) 3681-3622
E-mail: atex@atex.com.br
Site: www.atex.com.br



Reciclar é construir um futuro melhor



“Reciclar é Construir um Futuro Melhor” é um projeto da Racional Engenharia, criado para aproveitar o entulho de obras feitas pela empresa. O material que seria descartado é transformado em blocos de concreto e doado para a construção de casas populares.

A grande vantagem desse trabalho é a diminuição significativa da quantidade de entulho, que geralmente iria para os lixões.

A empresa instalou uma Central de Reciclagem de Entulho em Guaratiba (RJ) para receber o material extraído de obra de demolição localizada no centro do Rio de Janeiro. A demolição de um dos antigos edifícios daquela região central produziu 5.000 m³ de entulho (argamassa, concreto, alvenaria, pisos) que se transformou em 3.700 m³ de material reciclado.



Esta iniciativa faz parte do Programa de Gestão Ambiental (PGA), criado pela Racional em 1998 e atualmente certificada pela NBR ISO 14001.

A empresa disponibiliza o know how em reciclagem de entulho para entidades e órgãos governamentais que desenvolvam trabalhos voltados para a construção de casas populares. A proposta é que o governo e a sociedade passem a se apropriar desse conceito de reciclagem na construção civil para aplicá-lo em outras obras, beneficiando efetivamente o meio ambiente e a população.

Início da obra: 2003

Conclusão da obra: 2004

Volume de entulho: 5000 m³

Volume de agregados: 3700 m³

Número de blocos de concreto: 300000 blocos (14 x 19 x 39 cm)

Número de casas populares construídas: 272 casas (38 m²).



Berendrecht: obra grandiosa com utilização de reciclados



Uma das maiores obras do mundo de concreto preparado com agregados reciclados foi construída na Bélgica, entre 1981 e 1988, a Eclusa de Berendrecht, para ampliação do porto de Antuérpia.

Os agregados vieram da demolição das antigas paredes de embocamento da eclusa de Zandvliet, realizada para possibilitar a construção do novo canal de acesso comum às eclusas de Berendrecht e de Zandvliet

A presença de impurezas como finos, lama, argila e silte afetou negativamente a qualidade final do concreto preparado com material reciclado. Em consequência, foram criadas recomendações para tolerância dos limites de filler e areia nos agregados reciclados.

Para manter a trabalhabilidade dos concretos produzidos com agregados reciclados, similar a de concretos preparados com agregados naturais, o pré-umedecimento mostrou grande eficiência. A quantidade de água necessária foi aferida e corrigida em função da consistência desejada.

De sua inauguração até final de 2000, ou seja, com 13 anos de existência o empreendimento não apresentou qualquer manifestação patológica.◆

Início da construção: 1981
Inauguração: 1988
Volume de concreto: 650.000 m³
Volume de agregados: 80.000 m³
Resistência do concreto: 35 MPa
Retração de secagem: < 150 µm/m



A COMPACTA já virou referência na restauração, recuperação e monitoramento de estruturas de concreto. Basta perguntar pra quem já fez.

ENGENHARIA CIVIL



restauração e recuperação

O concreto é um dos elementos construtivos mais utilizados nos dias de hoje, e para garantir que suas características sejam mantidas é necessário um monitoramento constante. Referência em Recuperação Restauração e Tratamento do concreto, a COMPACTA vem monitorando, sem nenhum custo, a passivação do concreto e as estruturas de concreto das principais empresas do país, significando economia com custos de manutenção. Para participar desta estratégia basta que sua empresa contate nosso

Setor de Engenharia pelo

RR COMPACTA Engenharia Restauração Recuperação

Raul A. Nahas
CREA 72295/D

Renato A. Nahas
CREA 10690/D

SP - Fone: (11) 3083.4299 Fax: (11) 3062-5783

SP - E-mail: compactasp@uol.com.br

RJ - Fone: (21) 2275-8449 Fax: (21) 2275-5296

RJ - E-mail: compactarj@uol.com.br

DF - Fone: (61) 225.1166 Fax: (61) 225-3755

DF - E-mail: compactadf@uol.com.br

RS - Fone / Fax: (51) 3387.0333

RS - E-mail: compactars@uol.com.br

www.compactaengenharia.com.br

Selo de Qualidade ABCP para Blocos de Concreto de Alvenaria e Pavimentação e Tubos de Concreto.

Seu produto merece esse destaque!



Desde que foi lançado, mais de 60 fábricas aderiram ao Programa do Selo de Qualidade da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

COMO FUNCIONA O PROGRAMA

- O fabricante adere ao programa para obter o selo para um produto
- Técnicos inspecionam a fábrica, coletam amostras e realizam ensaios
- Se o processo e as amostras são aprovados, o selo é concedido
- Avaliações periódicas, durante a participação do programa, mantêm o Selo de Qualidade
- Caso o produto não seja aprovado, pode-se conceder apoio técnico para melhoria do processo produtivo
- Os produtos com Selo de Qualidade são divulgados na Internet

Produtos com qualidade comprovada proporcionam:

- redução de desperdícios
- uso otimizado de matéria-prima
- aumento de produtividade
- redução do custo final

Hoje, o Selo de Qualidade ABCP é referência para empresas, prefeituras e órgãos públicos.



O laboratório da ABCP é completo.
Faça um teste.



Não deixe de dar destaque
ao seu produto!

Solicite um técnico.

Informações



0800-555776 • dcc@abcp.org.br • www.abcp.org.br