



■ PERSONALIDADE ENTREVISTADA



Oscar Niemeyer:
gênio brasileiro

■ MELHORES PRÁTICAS



Temperatura do cimento
na do concreto

■ SOLUCIONANDO PROBLEMAS



Controle tecnológico na produção
de trilhos de lajes pré-fabricadas

Concreto e Arquitetura

a plasticidade do material
na ousadia da arquitetura
contemporânea

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

ADITIVOS



EQUIPAMENTOS



ADIÇÕES



JUNTAS

JEMNE

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



UNIP

ARMADURA



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



CONTROLE TECNOLÓGICO



CONSTRUTORAS



ODEBRECHT

FÔRMAS



CIMENTO



AGREGADOS



GOVERNO



PETROBRAS



CONCRETO



Votorantim Cimentos



13 Concreto e Arquitetura

Como o concreto se moldou às mãos do artista nas obras de Niemeyer em Belo Horizonte



19 Melhores Práticas

A influência da temperatura do cimento na do concreto e recomendações para prevenir a fissuração

25 Pesquisa e Desenvolvimento

Estudo sobre o uso do pó de pedra em substituição parcial da areia na produção de concreto



32 Concreto e Contemporaneidade

A plasticidade do concreto nas ousadas obras contemporâneas

33 Solucionando problemas

O controle tecnológico na produção de trilhos de laje pré-fabricada como fator de qualidade

40 Construção Industrializada
O uso do concreto em obras industriais pré-fabricadas



44 Concreto Pré-moldado
A viabilidade técnica e econômica dos recifes artificiais de concreto

53 Concreto e Arquitetura
Os detalhes executivos do Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer



66 Durabilidade
Revisão bibliográfica dos estudos brasileiros sobre corrosão de armaduras por cloretos

75 Pesquisa Aplicada
A influência dos fatores de ensaio na resistência à compressão do concreto

SEÇÕES

- 5 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 8 Personalidade Entrevistada: *Oscar Niemeyer*
- 38 Entidades Parceiras
- 51 Mantenedor
- 73 Acontece nas Regionais

Créditos Capa:

Museu de Arte Contemporânea (projeto de Oscar Niemeyer), construído entre 1991 e 1996 no Mirante Boa Viagem sobre a Baía de Guanabara, em Niterói. Créditos: Kadu Niemeyer



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO
Fundado em 1972
Declarado de Utilidade Pública Estadual | Lei 2538 de 11/11/1980
Declarado de Utilidade Pública Federal | Decreto 86871 de 25/01/1982

Diretor Presidente
Túlio Nogueira Bittencourt

Diretor 1º Vice-Presidente
José Marques Filho

Diretor 2º Vice-Presidente
Julio Timerman

Diretor 1º Secretário
Antonio Domingues de Figueiredo

Diretor 2º Secretário
José Tadeu Balbo

Diretor 1º Tesoureiro
Claudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Tesoureiro
Carlos José Massucato

Diretor Técnico
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

Diretor de Eventos
Luiz Prado Vieira Júnior

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Ana Elisabete Paganelli Guimarães A. Jacintho

Diretor de Publicações e Divulgação Técnica
Hugo da Costa Rodrigues Filho

Diretor de Marketing
Cláudia Henrique de Castro

Diretor de Relações Institucionais
Arcindo Vaquero Y Mayor

Diretor de Cursos
Íria Lícia Oliva Doniak

Diretor de Certificação de Mão de obra
Roseni Cezimbra



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

ISSN 1809-7197
Tiragem desta edição: 5.000 exemplares
Publicação Trimestral
Distribuída gratuitamente aos associados

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

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

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Gill Perreira (www.ellemento-arte.com)
gill@ellemento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO
office@ibracon.org.br

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



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

Copyright 2012 IBRACON. Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

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

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

editorial

IBRACON: 40 anos de conquistas e muitas ideias para o futuro

Foi com grande alegria que recebi do Conselho do IBRACON a missão de comandar o nosso Instituto no biênio 2011-2013. Tenho consciência da enorme responsabilidade e da expectativa que muitos depositam em mim, já que venho participando ativamente das últimas administrações e tenho acumulado muitos conhecimentos sobre todas as atividades desenvolvidas pelo IBRACON. Agradeço o apoio de todos! Mas gostaria de deixar claro que somos uma equipe. Uma equipe de diretores formada por profissionais do mais elevado nível técnico e profissional e que, certamente, contribuirá para o sucesso do IBRACON no futuro próximo.

O IBRACON está celebrando neste ano de 2012 os seus 40 anos. Temos muito do que nos orgulhar e muito pouco do que nos arrepender ao longo de todos esses anos de vida. Nosso Instituto teve um crescimento vertiginoso e contínuo durante esse tempo, principalmente no século que se inicia. Sim, o IBRACON nasceu no século passado, é antigo, mas não velho, tem ainda muito vigor associado a uma enorme tradição na promoção dos sistemas construtivos de concreto no Brasil e no mundo.

Temos um evento anual consolidado e consagrado, o Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em conjunto com a nossa FEIBRACON (Feira Brasileira das Construções em Concreto). A cada ano, temos tido a satisfação de perceber um aumento do evento em todos aspectos, desde o número de artigos até o número de inscrições, além de uma forte participação de diversas empresas na nossa área de exposições. Isto, certamente, se repetirá neste ano em Maceió e no ano de 2013 em Gramado, no Rio Grande do Sul. Nosso evento é itinerante e procura levar o conhecimento e a tecnologia dos sistemas construtivos de concreto para todos os pontos do país.

Já foi mencionada anteriormente a enorme dívida de gratidão que o IBRACON tem com seus fundadores, homens visionários e de enorme generosidade com o seu meio técnico, pois procuraram compartilhar com todos, por meio do Instituto, seus sólidos conhecimentos e sua enorme experiência. Temos a obrigação de homenageá-los de forma efusiva no nosso próximo evento e, certamente, o faremos com momentos inesquecíveis em Maceió. Convidamos a todos para participar ativamente desta celebração aos nossos fundadores.

Em 2011, em Florianópolis, recebemos as visitas dos Presidentes do ACI (American Concrete Institute), Prof. Ken Hover, e da RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Constructin Materials, Systems and Structures), Dr. Peter Richner. Para o IBRACON, essas parcerias são fundamentais. Temos muito a aprender com elas, principalmente na organização e gerenciamento de Comitês Técnicos. Eis aí um tópico que temos muito a avançar. Precisamos dar um formato mais profissional e transparente para nossos comitês técnicos, onde sejam claros os objetivos e as obrigações de todos os participantes e também quais os produtos esperados. É necessário, inclusive, o estabele-



cimento de um Comitê Técnico de Atividades, que possa acompanhar e apoiar os trabalhos de cada comitê técnico. Os comitês, na minha visão, poderão ser propostos por quaisquer membros do IBRACON, podendo haver uma forte ênfase regional. As propostas serão avaliadas mediante a análise criteriosa do Comitê Técnico de Atividades e o comitê técnico proposto será implementado assim que tiver sua aprovação. Tentaremos estabelecer colaborações com as nossas entidades parceiras e, dessa forma, tentaremos contribuir de forma mais incisiva para o trabalho normativo da ABNT e do Comitê TC-71 da ISO (International Organization for Standardization). Nossa Diretoria Técnica já está orientada a agir neste sentido e, em breve, teremos novidades sobre o assunto.

O fortalecimento das nossas regionais também é um item prioritário nesta nova etapa. No ano passado, iniciamos uma reformulação dos procedimentos operacionais de nossas regionais e já podemos sentir efeitos significativos de mudanças de postura e participação. Solicitamos a todos os interessados em participar que procurem ou formem seus núcleos. O IBRACON lhes dará todo o apoio para formação ou o fortalecimento de suas regionais. Esta é uma tarefa tão urgente e tão importante que estamos solicitando ao nosso 2º Vice-Presidente que atue em conjunto com o nosso Diretor de Relações Institucionais para a revitalização de todas nossas regionais.

Outro ponto importante de nossa administração será o estímulo ao nosso Núcleo de Certificação de Mão de obra. Profissionais certificados e, portanto, habilitados para suas funções são importantes para o desenvolvimento do país e de nossa sociedade. Esse processo precisa ser difundido e consolidado em diversas regiões do país e, novamente, nossas regionais terão um papel fundamental a desempenhar para que isto ocorra.

Cabe ainda mencionar o apoio inestimável das áreas de Cursos e Publicações do IBRACON para o desenvolvimento de todas as nossas atividades. Pretendemos reformatar e revigorar o programa MASTER-PEC e ainda atuar de forma mais direta junto a nossas empresas associadas para promoção de cursos e formação de pessoal de seu interesse. Louvamos também as recentes iniciativas na área de publicações (Revista Concreto & Construções, Revista IBRACON de Estruturas e Materias, e nossos diversos livros). Teremos em breve nossas revistas também em formato e-Book e, assim, esperamos, poderemos ter seu alcance ainda mais ampliado. Temos muito orgulho da nossa história, mas temos muito a avançar e muitos desafios pela frente. Tenho convicção que, com muita dedicação, humildade, respeito e um forte trabalho de equipe, superaremos nossas dificuldades e alcançaremos os nossos objetivos. O IBRACON conta com a participação e o entusiasmo de todos seus membros para construirmos um Instituto cada vez melhor e mais forte!

TÚLIO N. BITTENCOURT
PRESIDENTE DO IBRACON

Converse com o IBRACON

Carta aberta à sociedade e ao poder público

Diante dos traumáticos eventos recentes, relacionados ao colapso total ou parcial de edifícios, amplamente divulgados pela mídia, cabe uma reflexão.

A Associação Brasileira de Patologia das Construções (ALCONPAT BRASIL) e o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), entidades que buscam agregar os especialistas brasileiros atuantes na área, disseminando boas práticas e colaborando na capacitação profissional, consideram fundamental expor sua posição quanto às medidas e ações recomendadas para garantir a adequada conservação e segurança de nossas edificações, colaborando para evitar novos e indesejáveis sinistros.

Colapsos de edifícios são eventos raros e profundamente traumáticos. Infelizmente, no Brasil, houve uma série de ocorrências recentes que alarmaram a população. Por causas diversas, ocorreu o colapso do Edifício Areia Branca, em Recife - PE; do Edifício Santa Fé, em Capão da Canoa - RS; do Edifício Real Class (ainda em construção), em Belém - PA; e, mais recentemente, do Edifício Liberdade, no Rio de Janeiro - RJ; e do Edifício Senador, com desabamento parcial, em São Bernardo do Campo - SP. Essas tragédias ceifaram vidas humanas, ocasionaram grandes perdas materiais e abalaram a confiança da população na segurança de suas moradias. Diante desse quadro, é normal que a sociedade se inquiete e questione: O que podemos fazer para evitar mais tragédias? O que ocasionaram essas tragédias? Estamos todos em risco?

Em primeiro lugar, cabe tranquilizar a sociedade. Não se deve esperar uma epidemia de colapsos. A engenharia brasileira é uma das mais avançadas do mundo. Companhias e profissionais brasileiros são reconhecidos e apreciados, o que justifica sua atuação em diversos países, erguendo obras da maior importância, que orgulham a nossa profissão. A imensa maioria das nossas edificações é segura.

O problema é que, como em muitos outros países, praticamente a totalidade dos usuários e boa parte dos profissionais brasileiros ainda não atentaram para a importância das atividades de conservação de estruturas.

Essa postura terá de mudar!!!!

Parte dos grandes prédios das cidades brasileiras foi construída a partir da metade do século XX. Por isso, uma parcela deles começa a atingir idades nas quais alguns problemas, especialmente associados à corrosão de armaduras e deformações da estrutura, podem se manifestar.

Assim como os seres humanos, as construções envelhecem e passam a apresentar alguns problemas, que, como no caso de muitas doenças humanas, podem ser tratados adequadamente e corrigidos se forem diagnosticados no início e corretamente. Ao contrário, se evoluírem sem controle, essas “doenças” podem ameaçar a segurança de todo o sistema.

Ao longo dos últimos 30 anos, todo um campo de conhecimento especializado, relativo aos processos de deterioração de construções, suas causas, formas de prevenção e tratamento, se consolidou internacionalmente, constituindo o que hoje conhecemos como Patologia das Construções, que estuda “as doenças” das construções.

O Brasil foi o primeiro país na América Latina a formar especialistas nesse campo e tem tido posição destacada nos estudos na área.

Ou seja, existe conhecimento suficiente para prevenir ou estancar a deterioração, evitando colapsos e falhas estruturais, desde que se adote uma postura preventiva de inspeção e monitoramento do estado de conservação das edificações - especialmente as mais antigas ou localizadas em locais mais agressivos, associada com uma política de capacitação adequada dos profissionais que vão trabalhar com esse tema.

Na gênese da maioria dos colapsos recentes está a intervenção sem conhecimento adequado nas estruturas de sustentação dos edifícios, que, em alguns casos, já se encontravam deterioradas. Essa foi uma combinação fatal.

Em essência, as tragédias na construção civil ocorrem porque serviços que demandariam conhecimento especializado são executados por leigos, para economizar os honorários de um profissional habilitado. São as reformas realizadas sem o rigor técnico e científico e o descaso com a necessidade de realizar manutenções preventivas e corretivas que ameaçam a segurança das edificações.

É ponto pacífico que qualquer interferência em uma edificação deve ser supervisionada por um profissional da área. Quem não assim fizer está irregular e passível das punições previstas. Daria até para fazer um paralelo e declarar: “cuidado com a automedicação”, ou seja, remédios existem muitos, porém necessitam procedimentos corretos de execução.

Sabe-se que muitos cidadãos não contratam um engenheiro ou arquiteto, não por achar o trabalho desnecessário, mas porque não tem condições financeiras de fazê-lo. Nesse sentido, é fundamental recordar a existência da Lei 11.888, sancionada em 24 de dezembro de 2008, mas ainda pouco aplicada. Esta Lei assegura o direito das famílias de baixa renda (até 3 salários mínimos) à assistência técnica pública e gratuita para o projeto e construção de suas habitações, além de reformas ou ampliações nas residências.

As administrações locais devem preparar seus quadros para lidar com essa demanda e para atuar adequadamente na fiscalização das leis de inspeção. São necessários profissionais muito bem formados para tanto.

Para se lidar com edificações deterioradas, é fundamental que o profissional tenha conhecimentos específicos de Patologia das Construções e saiba inspecionar, ensaiar e diagnosticar corretamente. Atuar sobre uma obra existente pode ser muito mais complexo que construir uma nova obra. É necessário capacitar os engenheiros e arquitetos que vão lidar com essas questões, pois, muitas vezes, os currículos universitários normais não se dedicam ao assunto. É fundamental esclarecer os usuários da necessidade de atentar para as demandas de manutenção e recuperação e garantir que tenhamos profissionais adequadamente formados para lidar com as mesmas.

Dessa forma, a Alconpat Brasil e o Ibracon recomendam que seja adotada, com premência, uma série de ações:

- Que a disciplina de Patologia e Terapia das Construções seja estabelecida como obrigatória em todos os currículos de engenharia e arquitetura do país;
- Que os corpos legislativos (de municípios e estados) discutam, elaborem (com auxílio de técnicos, associações e conselhos de classe) e aprovem Leis tornando a) obrigatória a realização de inspeções prediais regulares; e b) mandatária a execução das ações recomendadas de conservação das edificações, sob pena de responsabilização civil e criminal;
- Que as administrações públicas (de municípios e estados) qualifiquem seus quadros, agregando profissionais com formação especializada em Patologia e Terapia das Construções, de forma a implementar estratégias de fiscalização adequadas e atuantes, que garantam o cumprimento das leis;
- Que seja efetivamente aplicada a Lei 11.888 de 2008, viabilizando que famílias de baixa renda possam contar com o serviço de profissionais da área para projetos, execução, reformas e ampliações de suas residências;
- Que sejam adotadas políticas de esclarecimento sobre os cuidados em reformas e intervenções, especialmente em obras deterioradas, destacando as responsabilidades dos síndicos e a necessidade de contratação de profissional qualificado.

Estamos confiantes de que, se essas ações forem implementadas, a probabilidade de novos acidentes e tragédias reduziria a praticamente zero, o custo das manutenções diminuiria consideravelmente e a habitabilidade e desempenho das construções seria melhorado.

Porto Alegre, 27 de fevereiro de 2012.

Firmam o documento original:

PROF. DR. BERNARDO TUTIKIAN

Presidente ALCONPAT BRASIL 2011-2013

PROF. DR. TÚLIO BITTENCOURT

Presidente IBRACON

PROF. DR. LUIZ CARLOS PINTO DA SILVA FILHO

Presidente ALCONPAT BRASIL 2007-2011

Presidente de Honra ALCONPAT INTERNACIONAL

PROF. DR. PAULO HELENE

Presidente ALCONPAT INTERNACIONAL ■



Oscar Niemeyer

NIEMEYER DISPENSA APRESENTAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO. ÍCONE DA ARQUITETURA MODERNA E CONTEMPORÂNEA, ONDE PREVALECE O USO DO CONCRETO EM FORMAS CURVAS OU EM CASCA, COM GRANDES VÃOS, O ARQUITETO BRASILEIRO, NASCIDO EM 1907, ESTÁ PRESENTE EM OBRAS ARQUITETÔNICAS ESPALHADAS PELO MUNDO: O MUSEU DE CARACAS, NA VENEZUELA; A SEDE DO PARTIDO COMUNISTA, EM PARIS; A UNIVERSIDADE DE CONSTANTINE, NA ARGÉLIA; NO BRASIL, AS EDIFICAÇÕES DE BRASÍLIA; O EDIFÍCIO COPAN E O PARQUE DO IBIRAPUERA, EM SÃO PAULO; O CONJUNTO ARQUITETÔNICO DA PAMPULHA, EM BELO HORIZONTE; O MUSEU DE ARTE CONTEMPORÂNEA, NO RIO DE JANEIRO...

GRADUADO ENGENHEIRO-ARQUITETO PELA ESCOLA NACIONAL DE BELAS ARTES, INICIOU SUA CARREIRA COMO ARQUITETO NO ESCRITÓRIO DE LUCIO COSTA E CARLOS LEÃO, EM 1934, ONDE VIA UMA OPORTUNIDADE PARA APRENDER E PRATICAR UMA NOVA ARQUITETURA. TAL OPORTUNIDADE VEIO, EM 1936, QUANDO O ESCRITÓRIO FOI CHAMADO PARA PROJETAR O NOVO EDIFÍCIO DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE. COM ACESSORIA DO ARQUITETO FRANCO-SUIÇO LE CORBUSIER, O EDIFÍCIO DO MEC É O PRIMEIRO GRANDE MARCO DA ARQUITETURA MODERNA NO BRASIL, APOIADO EM PILOTIS, SISTEMA DE PILARES DE CONCRETO QUE MANTÉM O PRÉDIO SUSPENSO, PERMITINDO O TRÂNSITO LIVRE DE PEDESTRES SOB ELE.

EM 1940, CONVOCADO POR JUSCELINO KUBITSCHEK, ENTÃO PREFEITO DE BELO HORIZONTE, PROJETOU O CONJUNTO DE EDIFICAÇÕES DA PAMPULHA - A IGREJA SÃO FRANCISCO DE ASSIS, A CASA DE BAILE E O IATE TÊNIS CLUBE, ONDE DESPONTOU O ESTILO MARCANTE DE SUAS OBRAS: A PLASTICIDADE DO CONCRETO ARMADO EM FORMAS SINUOSAS NAS EDIFICAÇÕES. JÁ, EM 1947, NIEMEYER É INDICADO PARA FAZER PARTE DA EQUIPE DE ARQUITETOS MUNDIAIS QUE VIRIA A DESENVOLVER O PRÉDIO-SEDE DAS NAÇÕES UNIDAS.

NO COMEÇO DA DÉCADA DE 50, DESTACAM-SE OS PROJETOS EM HOMENAGEM AO ANIVERSÁRIO DE 400 ANOS DA CIDADE DE SÃO PAULO: O CONJUNTO DO IBIRAPUERA E O EDIFÍCIO COPAN, SÍMBOLO DA CIDADE DE SÃO PAULO COM SEU DESENHO SINUOSO, UMA DAS MAIORES ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DO BRASIL.

ELEITO PRESIDENTE DO BRASIL EM 1956, JUSCELINO KUBITSCHEK VOLTA A ENTRAR EM CONTATO COM NIEMEYER PARA A REALIZAÇÃO DE UM PROJETO POLÍTICO AMBICIOSO: A MUDANÇA DA CAPITAL DO BRASIL DO RIO DE JANEIRO PARA O INTERIOR DO PAÍS, LEVANDO O PROGRESSO BRASIL ADENTRO.

NOMEADO DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA NOVACAP, EMPRESA CONSTITUÍDA PARA A CONSTRUÇÃO DE BRASÍLIA, NIEMEYER ORGANIZA CONCURSO PARA ESCOLHA DO PLANO-PILOTO DA NOVA CAPITAL BRASILEIRA, PARTICIPANDO DA COMISSÃO JULGADORA. O PROJETO VENCEDOR FOI DE SEU EX-PATRÃO, LUCIO COSTA. NIEMEYER FICARIA RESPONSÁVEL PELOS PROJETOS DAS EDIFICAÇÕES.

NO PRAZO DE UM MANDATO PRESIDENCIAL FORAM CONSTRUÍDAS AS EDIFICAÇÕES DA CIDADE, ENTRE AS QUAIS: O PALÁCIO DA ALVORADA, COM SEUS PILARES EM FORMATO INUSITADO, EMBLEMA DA CIDADE; O PALÁCIO DO PLANALTO, O EDIFÍCIO DO CONGRESSO NACIONAL, E A SEDE DO SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL, QUE COMPÕEM A PRAÇA DOS TRÊS PODERES; A CATEDRAL DE BRASÍLIA, OBRA SINGULAR, CUJO ACESSO SE DÁ POR UMA PASSAGEM SUBTERRÂNEA, POUCO ILUMINADA, CONTRASTANDO COM O INTERIOR DA IGREJA, COM ILUMINAÇÃO INTENSA; O PALÁCIO DO ITAMARATI; A ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS, ENTRE OUTROS.

FILIADO AO PARTIDO COMUNISTA BRASILEIRO (PCB), DESDE 1945, O COMUNISMO DE NIEMEYER CUSTOU-LHE CARO NO PERÍODO DA DITADURA MILITAR (1964-1985): A REVISTA MÓDULO, INAUGURADA EM 1945, DIRIGIDA POR ELE, TEM SUA SEDE PARCIALMENTE DESTRUÍDA; SEU ESCRITÓRIO É SAQUEADO; SEUS PROJETOS PASSAM A SER RECUSADOS. EM 1965, PEDE DEMISSÃO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COM OUTROS 223 PROFESSORES, EM PROTESTO CONTRA SUA INVASÃO E CONTRA A POLÍTICA UNIVERSITÁRIA INSTAURADA PELOS MILITARES. MUDA-SE PARA PARIS, ONDE CONSEGUE DO GENERAL DE GAULLE AUTORIZAÇÃO PARA TRABALHAR COMO ARQUITETO.

NESTA NOVA FASE, CONSEGUE CLIENTES EM VÁRIOS PAÍSES. NA ARGÉLIA, DESENHA A UNIVERSIDADE DE CONSTANTINE E A MESQUITA DE ARGEL. NA FRANÇA, PROJETA A SEDE DO PARTIDO COMUNISTA FRANCÊS E O CENTRO CULTURAL LE HAVRE. NA ITÁLIA, A EDITORA MONDADORI. EM PORTUGAL, O PESTANA CASINO PARK.

COM A ABERTURA POLÍTICA DOS ANOS 80, NIEMEYER RETORNA AO BRASIL. DARCY RIBEIRO, AMIGO DE NIEMEYER NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, É VICE-GOVERNADOR DE LEONEL BRIZOLA, NO RIO DE JANEIRO, QUE O CONVIDA A PROJETAR OS CIEPs (CENTROS INTEGRADOS DE EDUCAÇÃO PÚBLICA) E O SAMBÓDROMO DO RIO DE JANEIRO.

PELOS ANOS VINDOUROS, PROJETA UMA DIVERSIDADE DE OBRAS PELO BRASIL: O PANTEÃO DA PÁTRIA, EM BRASÍLIA (1985); O MEMORIAL DA AMÉRICA LATINA, EM SÃO PAULO (1987); O MUSEU DE ARTE CONTEMPORÂNEA DE NITERÓI (1991); O MUSEU OSCAR NIEMEYER, EM CURITIBA (2002); O AUDITÓRIO IBIRAPUERA, EM SÃO PAULO (2005); CENTRO CULTURAL OSCAR NIEMEYER, EM GOIÂNIA (2006); CIDADE ADMINISTRATIVA DE MINAS GERAIS, EM BELO HORIZONTE (2010); ENTRE OUTRAS.

EM SEU CENTÉSIMO ANIVERSÁRIO, EM 2007, FOI CONDECORADO PELO GOVERNO FRANCÊS PELO CONJUNTO DE SUA OBRA COM O TÍTULO DE COMENDADOR DA ORDEM NACIONAL DA LEGIÃO DE HONRA; DO GOVERNO BRASILEIRO RECEBEU A MEDALHA DO MÉRITO CULTURAL, EM RECONHECIMENTO À SUA CONTRIBUIÇÃO À CULTURA BRASILEIRA. CONDECORAÇÕES QUE VIERAM SE JUNTAR COM OUTRAS, ENTRE AS QUAIS: PRÊMIO LÊNIN DA PAZ, CONCEDIDO PELA UNIÃO DAS REPÚBLICAS SOCIALISTAS SOVIÉTICAS, EM 1963; PRÊMIO PRITZKER DE ARQUITETURA, MAIOR PRÊMIO MUNDIAL DA ARQUITETURA, NOS ESTADOS UNIDOS, EM 1988; PRÊMIO PRÍNCIPE DE ASTÚRIAS, NA CATEGORIA DE ARTES, NA ESPANHA, EM 1989; PRÊMIO LEÃO DE OURO DA BIENAL DE VENEZA, EM 1996, POR OCASIÃO DA VI MOSTRA INTERNACIONAL DE ARQUITETURA; REAL GOLD MEDAL, EM 1998, CONCEDIDA PELO ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS (RIBA), UMA DAS MAIS TRADICIONAIS CONDECORAÇÕES DA ARQUITETURA MUNDIAL, CRIADA EM 1848; PRÊMIO IMPERIAL DO JAPÃO, EM 2004, OFERECIDO PELA ASSOCIAÇÃO DE ARTE DO JAPÃO, UM DOS MAIS PRESTIGIOSOS PRÊMIOS DE ARQUITETURA DA ATUALIDADE; ENTRE OUTROS.

UM GÊNIO PULSANTE EM SEUS 104 ANOS, QUE NOS CONTINUA A BRINDAR COM SUAS PALAVRAS, ATITUDES E OBRAS.

IBRACON - **VAMOS COMEÇAR DO INÍCIO: O QUE O MOTIVOU A SER ARQUITETO?**

Niemeyer - *Acredito que tenha sido o gosto, o interesse pelo desenho, o qual manifestei desde menino. Foi o desenho que me levou à decisão de seguir o curso de arquitetura, oferecido à época pela antiga Escola de Belas Artes.*

IBRACON - **QUAL É SUA VISÃO DE ARQUITETURA? PARA QUE SERVE A ARQUITETURA? QUAL SUA IMPORTÂNCIA NA HISTÓRIA DA HUMANIDADE E NA CIVILIZAÇÃO CONTEMPORÂNEA?**

Niemeyer - *Para mim arquitetura é invenção; quando a criação arquitetural se revela capaz de despertar a surpresa e se impõe pela beleza e originalidade das soluções alcançadas pelo arquiteto, ela se situa no patamar das obras de arte.*

É claro que a arquitetura também procura atender às necessidades humanas, conferindo, quando o arquiteto for talentoso, maior beleza aos programas construtivos que desenvolve.

A arquitetura tem evoluído em função do progresso técnico e social; suas realizações mais expressivas vêm integrando a his-

“

QUANDO A CRIAÇÃO ARQUITETURAL SE REVELA CAPAZ DE DESPERTAR A SURPRESA E SE IMPÕE PELA BELEZA E ORIGINALIDADE, ELA SE SITUA NO PATAMAR DAS OBRAS DE ARTE.

”

tória da humanidade, inclusive na conjuntura contemporânea.

IBRACON - **QUAIS SÃO OS CONCEITOS POR TRÁS DE SEUS PROJETOS ARQUITETÔNICOS? EXISTE UMA IDÉIA CONCEPTIVA QUE ATRAVESSA TODAS SUAS OBRAS? O QUE O MOTIVA A USAR AS LINHAS CURVAS NOS SEUS PROJETOS?**

Niemeyer - *Entendo que a concepção de Baudelaire, poeta e grande crítico das artes do século XIX - a surpresa e o espanto são as características essenciais da obra de arte - deve ser estendida à criação arquitetural de qualidade. Aliás, é o que tento alcançar na maioria dos projetos que tenho criado.*

É certo que, ao realizar um projeto e, em particular, ao procurar novas soluções que o definem, tenho sempre em

mente a idéia de que arquitetura é invenção.

Há muitas décadas tenho manifestado minha preferência pelas linhas curvas. Estas devem ser compreendidas como resultantes de minha própria eleição pelo concreto armado. Trata-se de elementos que se impõem em

razão da busca por explorar as potencialidades - a meu ver, ilimitadas - do concreto armado.



*Palácio da Alvorada,
Brasília - DF*



Eu já escrevi um poema em homenagem às curvas.

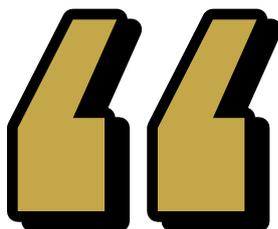
IBRACON - QUAIS SÃO SUAS MAIORES INFLUÊNCIAS ARQUITETÔNICAS E NÃO ARQUITETÔNICAS? QUEM FORAM SEUS MESTRES NA PROFISSÃO E NA VIDA? POR QUÊ?

Niemeyer - *Confesso que não tenho influências muito fortes no desenvolvimento de minha arquitetura. Mesmo reconhecendo qualidades admiráveis em mestres modernos - como é o caso de Le Corbusier -, destes só aprendi a sua defesa da arquitetura como invenção. Se é possível mencionar um mestre na vida, vou lembrar o meu avô materno, Antônio Augusto Ribeiro de Almeida, o seu exemplo de correção profissional (como ministro do STF), de absoluta dedicação à família e de desprendimento em relação a dinheiro.*

IBRACON - NUM BOM PROJETO ARQUITETÔNICO, QUAIS SÃO OS FATORES QUE DEVEM DETERMINAR A ESCOLHA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS?

Niemeyer - *As condições particula-*

res do terreno, o clima do lugar escolhido para a execução do projeto, questões relacionadas à insolação. São, a meu ver, os fatores principais.



MINHA PREFERÊNCIA PELAS LINHAS CURVAS É RESULTANTE DE MINHA PRÓPRIA ELEIÇÃO PELO CONCRETO ARMADO.

IBRACON - QUAIS RAZÕES O SENHOR ELECERIA PARA EXPLICAR SUA PREDILEÇÃO PELO CONCRETO EM SUAS OBRAS ARQUITETÔNICAS? QUAIS SÃO AS

POTENCIALIDADES DO CONCRETO EM TERMOS ARQUITETÔNICOS?

Niemeyer - *Já forneci - acho eu - anteriormente essa explicação: o concreto corresponde a material especialmente generoso, capaz de oferecer ilimitadas possibilidades ao arquiteto. Ainda mais quando esse se anima em explorar as linhas curvas ou o jogo entre retas e curvas, como é o meu caso.*

IBRACON - COMO O CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO INOVARAM A ARQUITETURA MUNDIAL E BRASILEIRA?

Niemeyer - *Ele permitiu o aparecimento de uma arquitetura mais leve e ousada, que eu associo a muitas obras realizadas por arquitetos contemporâneos de diversas nacionalidades - em particular, o australiano Harry Seidler, um querido colega (infelizmente*



falecido), e a meu grande amigo João Filgueiras Lima, o Lelé. Alguns exemplos meus e do próprio Lelé de utilização expressiva do concreto armado podem ser encontrados na edição n° 10 da revista "Nosso Caminho", que Vera Niemeyer, minha mulher, e eu editamos desde 2008.

IBRACON - QUAIS SÃO AS TENDÊNCIAS ARQUITETÔNICAS NO USO DO CONCRETO ATUALMENTE? PARA AONDE CAMINHA O MATERIAL?

Niemeyer - Sei que tem havido avanços significativos. No projeto de um grande Centro Cultural Internacional que realizei para Avilés, na Espanha, uma técnica de concretagem moderníssima foi adotada com enorme sucesso e, em pouquíssimo tempo, estava levantada uma cúpula onde iria funcionar e vem funcionando à perfeição um amplo teatro [veja nesta edição].

IBRACON - COMO DEVE SER A RELAÇÃO ARQUITETO-ENGENHEIRO? O QUE O ARQUITETO DEVE CONHECER DE ENGENHARIA E O QUE O ENGENHEIRO DEVE CONHECER DE ARQUITETURA?

Niemeyer - Essa relação tem de ser a mais harmoniosa possível. E, quando o arquiteto (pen-

“

O CONCRETO ARMADO PERMITIU O APARECIMENTO DE UMA ARQUITETURA MAIS LEVE E OUSADA.

”

sando no meu próprio exemplo) especula no concreto e, sobretudo, propõe ao calculista estruturas ousadas (cite-se o caso do Museu de Brasília), se não houver esse diálogo entre os diferentes saberes (o do engenheiro e o do autor do projeto arquitetônico), a obra poderá ficar comprometida.

Eu tive a felicidade de contar, ao longo de uma intensa trajetória profissional, com o apoio de engenheiros notáveis, como Joaquim Cardozo, Bruno Contarini e o meu grande amigo José Carlos Sussekind.

IBRACON - DE QUE FORMA ENTIDADES DE CLASSE, COMO O IAB E O IBRACON, PODEM CONTRIBUIR PARA UM ESTREITAMENTO MAIOR DA RELAÇÃO ARQUITETO-ENGENHEIRO E QUAL SERIA O IMPACTO DISSO EM TERMOS DE DESENVOLVIMENTO CONSTRUTIVO?

Niemeyer - Confesso que não tenho conhecimento mais profundo e verticalizado da atuação do IBRACON. Mas acredito que este instituto e o IAB, em sua qualidade de entidades de classe, possam contribuir - através de publicações e ciclos de palestras, provavelmente - para o estreitamento das conexões entre arquiteto e engenheiro. ■



Sede da Fundação Oscar Niemeyer no Caminho Niemeyer, em Niterói - RJ



Igreja São Francisco de Assis, projeto inusitado representou um marco para a região da Pampulha, hoje principal cartão postal da cidade

As obras de Niemeyer em Belo Horizonte: uma relação concreta

LINCOLN RAYDAN - GERENTE

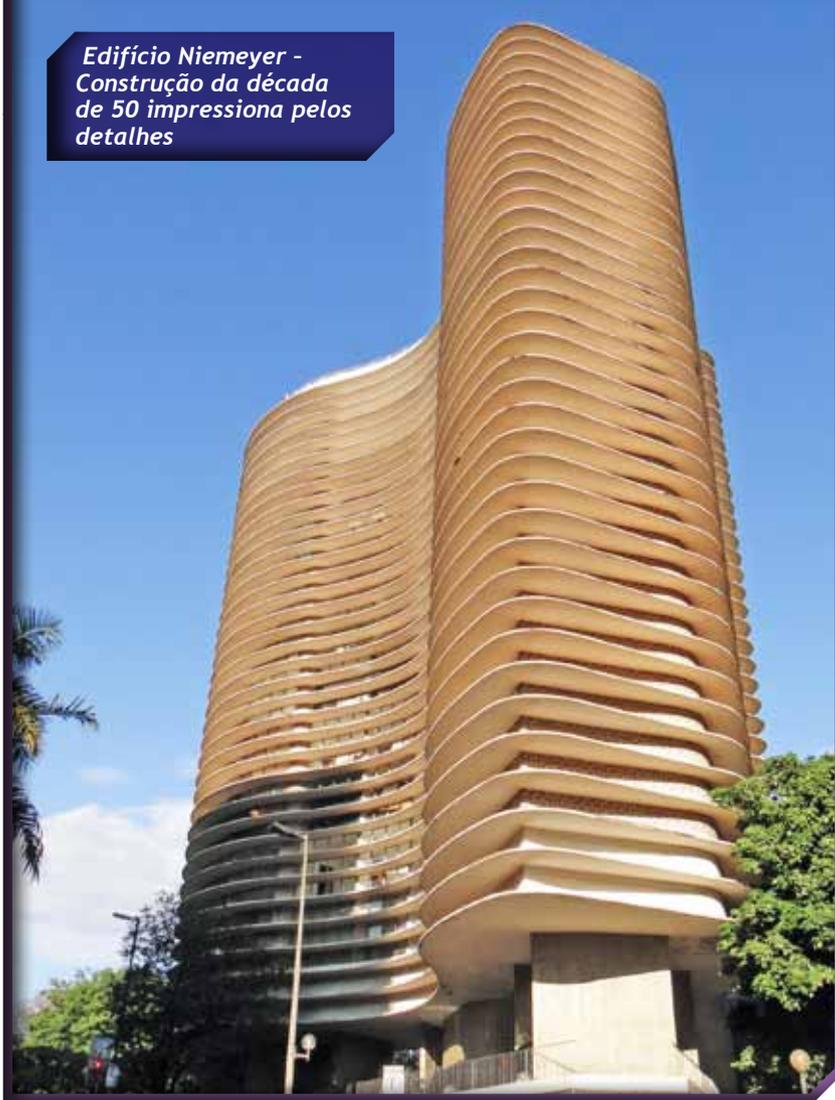
REGIONAL MINAS GERAIS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP/MG

Em meados dos anos 40, iniciava-se em Belo Horizonte uma história que marcou definitivamente a relação da capital mineira com a arquitetura contemporânea. Então prefeito da cidade, Juscelino Kubitschek, recém-apresentado ao jovem arquiteto Oscar Niemeyer, encomenda um projeto arquitetônico que pretende mudar a paisagem de uma área

da cidade até então desconhecida. Surgiu assim o Complexo da Pampulha, formado pela Igreja de São Francisco, a Casa do Baile, construída para ser um cassino, mas que nunca foi utilizado para este fim, e o late Tênis Clube.

Na época, o projeto causou polêmica no meio técnico, político e até mesmo religioso. A modernidade trazida por

Edifício Niemeyer -
Construção da década
de 50 impressiona pelos
detalhes



Cláudio Fonseca

Niemeyer, acompanhada pela pintura inusitada de Cândido Portinari e paisagismo de Burle Marx para o projeto da igreja, por exemplo, não foi imediatamente reconhecido pela cúpula católica. Somente após quatorze anos, foram permitidas celebrações religiosas no local. Além do forte apelo estético, as obras do Complexo da Pampulha chamam a atenção pela experimentação. Elementos tradicionais deram lugar ao concreto armado, evidente na Igreja de São Francisco, e desenhos elaborados, formando curvas e vãos que, posteriormente, marcariam a assinatura das obras de Niemeyer.

A Praça da Liberdade, ponto turístico central de Belo Horizonte, também contém a marca do arquiteto. Ali está o Edifício Niemeyer, construído em 1954, prédio residencial de 11 pavimentos, sendo dois apartamentos por andar. A obra impressiona pelas curvas e pela ousadia. É impossível não notar o prédio em formato triangular de esquina, marcado por um jogo de

sombra pelo formato das lajes, que se estende acima de uma área verde que cobre a praça, em um dos locais mais movimentados da região centro-sul da capital.

No lado oposto ao edifício, a Biblioteca Pública, um prédio sinuoso, formado por um “S”, mais uma ousadia em concreto ao estilo Niemeyer, abriga um vasto acervo literário. Visitado diariamente por mais de 1.500 pessoas, o prédio da Biblioteca possui auditório, terraço, várias salas e generoso espaço para circulação. A obra, também inaugurada em 1954, agrada aos olhares tanto pelas inovações no projeto quanto por permitir o

diálogo entre o prédio e o espaço urbano, facilitado pelo recuo externo que possibilitou a implantação de uma área verde. O prédio compõe, juntamente com obras importantes, o Circuito Cultural Praça da Liberdade.

Além dos tradicionais e conhecidos edifícios projetados pelo arquiteto em Belo Horizonte, fazem parte do acervo residências das décadas de 40 e 50 e o Conjunto Governador Juscelino Kubitschek, projetado originalmente para abrigar um museu, algumas repartições públicas e residências de autoridades. O Edifício JK como é conhecido pela população, um ícone no cenário urbano de Belo Horizonte, pelas dimensões e arquitetura arrojada, se tornou residencial e hoje abriga aproximadamente 5.000 moradores. O conjunto é formado por duas torres, a primeira, de 76 metros de altura, possui 23 andares e 647 apartamentos. A segunda torre possui 34 pavimentos e comporta 439 apartamentos em seus 100 metros de altura, ainda hoje

o maior edifício da cidade. Nas palavras do então governador de Minas Gerais, o Edifício JK foi projetado “para atenuar a crise de moradias que afetava a classe média, proporcionando habitações de alto padrão a custos muito baixos.” Mais uma vez, a ousadia dos projetos de Niemeyer pode ser percebida, mesmo com várias modificações no projeto original, anos de construção e reformas posteriores, os prédios guardam a herança da parceria entre JK e Niemeyer para a modernização da capital mineira.

Outro projeto de grande relevância para a cidade é o do Grande Teatro Palácio das Artes, projeto original de Niemeyer, posteriormente adaptado pelo arquiteto Hélio Ferreira Pinto, a obra, inaugurada em 1971, recebe, até hoje, renomados eventos culturais e carrega, também, a marca de Oscar Niemeyer, a relevância das obras onde predomina o uso do concreto com grande espaço interno dotado de curvas.

CIDADE ADMINISTRATIVA

Desde 2010, a Região Metropolitana de Belo Horizonte conta com mais um projeto assinado por Oscar Niemeyer, a Cidade Administrativa de Minas Gerais, conjunto de edifícios concebido para abrigar a sede do governo do estado e secretarias. Loca-

lizado em região estratégica do município, às margens da Rodovia MG10, próximo ao aeroporto de Confins, a Cidade Administrativa “Presidente Tancredo Neves” foi pensada como uma forma de racionalização do trabalho da administração estadual por unir várias instâncias do poder executivo.

Lançado em 2007, o conjunto que compõe a Cidade Administrativa é considerado o de maior representatividade no estado no que se refere às obras mineiras de Oscar Niemeyer. Lá estão presentes, de forma ainda mais evidente, os grandes vãos, as linhas curvas e o uso do seu material preferido, o concreto. De forma considerada audaciosa, Niemeyer projetou, dentro deste conjunto arquitetônico, a edificação com o maior vão livre em concreto suspenso do mundo, com 147 metros de comprimento e 26 de largura, prédio que hoje abriga a sede do governo mineiro.

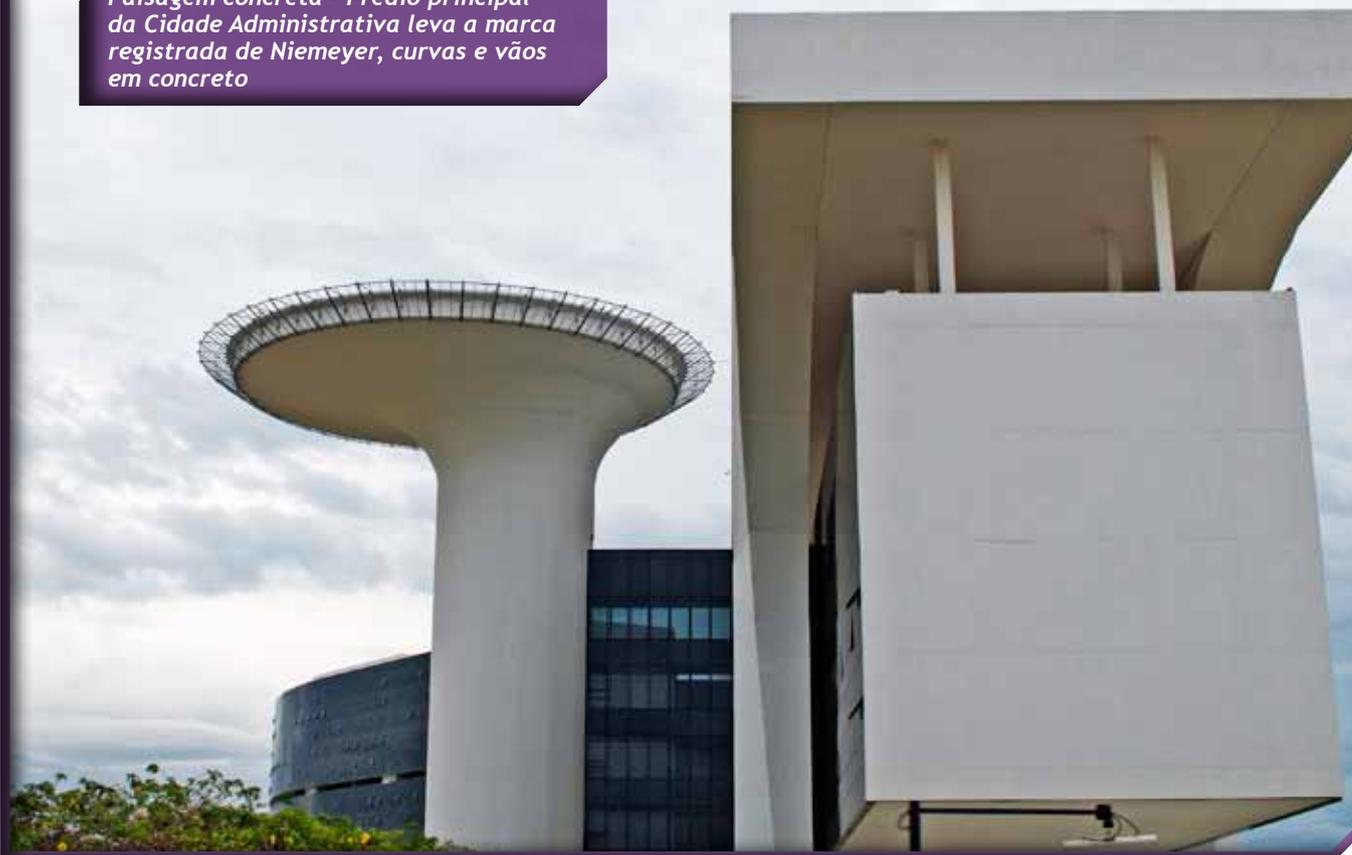
Os cinco edifícios (Palácio do Governo, Auditório, duas Secretarias e um Centro de Convivência) são evidentemente marcados pelo caráter de Niemeyer. A concepção da obra retrata a busca pela evidência das formas e o estilo marcante, proporcionados pelo desenho e pela versatilidade do uso do concreto, presente em todo o conjunto.

Marcelo Prates

Cidade Administrativa de Minas - Arquitetura arrojada e projeto estratégico para o estado



Paisagem concreta - Prédio principal da Cidade Administrativa leva a marca registrada de Niemeyer, curvas e vãos em concreto



De acordo com a administradora do projeto, a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - Codemig, a obra custou aos cofres do estado R\$949 milhões e utilizou materiais nobres em sua construção, além da chamada tecnologia verde, que minimiza o impacto ambiental por meio do monitoramento da qualidade da água e do ar, destinação correta de resíduos, controle de procedência de materiais, dentre outras medidas adotadas em prol do entorno dos prédios.

INFORMAÇÕES SOBRE A OBRA

- 804 mil m² de área total do terreno;
- 290 mil m² de área construída;
- 100 mil m³ de concreto (aproximadamente 46 toneladas);

- 13 mil toneladas de aço;
- 100 mil m² de vidro;
- Criação de, aproximadamente, 8.000 empregos diretos, indiretos e induzidos.

Hugo Cordeiro



Canteiro de obras - Construção da Cidade Administrativa de Minas Gerais foi iniciada em 2007 e concluída em 2010

Catedral Cristo Rei - Projeto de Niemeyer marcará novamente a paisagem de Belo Horizonte



INFRAESTRUTURA

- Terraplenagem aterros: 500 mil m³;
- Terraplenagem escavação: 750 mil m³;
- Drenagem pluvial: 7 mil m;
- Pavimentação: 180 mil m²;
- Cabeamento estruturado: mais de 35 mil m;
- Revestimento em grama: 130 mil m²;
- Árvores plantadas: 4 mil.

PALÁCIO DO GOVERNO

- Maior vão livre do mundo em concreto suspenso: 147 m;
- Área construída: 21,5 mil m²;
- Elevadores: 9;
- Esquadrias de vidro: 6,6 mil m².

AUDITÓRIO

- Área construída: 4,3 mil m²
- Elevadores: 2

SECRETARIA

- Área construída: 116,2 mil m²;
- Área por andar: mais de 7 mil m²;
- Elevadores: 28.

CENTRO DE CONVIVÊNCIA

- Dimensão: 7,5 mil m²;
- Elevadores: 6;
- Concreto estrutural: 2,5 mil m³.

CATEDRAL CRISTO REI - UM NOVO MARCO

Nos próximos anos, Belo Horizonte receberá mais uma obra de referência mundial de Oscar Niemeyer, a Catedral Cristo Rei. Encomendada pela Arquidiocese de Belo Horizonte e indicada por Niemeyer como seu último projeto de catedral, o projeto foi entregue em 2011 e prevê uma torre de 100 metros de altura, uma nave interna com capacidade para até 5.000 pessoas, praça para celebrações e eventos para até 15.000 pessoas, auditório, sala multimeios e praça de alimentação.

Para o diretor de Infraestrutura da Arquidiocese de Belo Horizonte, engenheiro Rômulo Albertini Rigueira, a escolha de Niemeyer se deve à importância do trabalho do arquiteto para Belo Horizonte, cidade em que ele de fato iniciou sua trajetória. A relevância do projeto indica um grande desafio. “A execução do projeto, em si, é um grande desafio. Será necessário o uso de uma tecnologia bem específica que permite, entre outras coisas, a construção das duas torres, que serão muito altas. Brevemente, vamos simular, num túnel de vento, quais impactos a estrutura da Catedral poderá sofrer com a ação do tempo”, explica Rigueira.

Com previsão orçamentária de aproximadamente R\$ 100 milhões, o início da obra está previsto para o primeiro semestre deste ano. Seis grandes etapas vão marcar a edificação da estrutura: 1) Movimentação de terra e contenções; 2) Fundação; 3) Construção da nave da Catedral (parte interna que receberá missas); 4) Primeira fase das grandes lajes (que formarão a praça); 5) Auditório e estrutura complementar; e 6) Restante da Praça.

Na visão de Rigueira, a catedral cumprirá um papel muito importante na história de Belo Horizonte. “A Catedral Cristo Rei é um antigo sonho, que nasceu junto com a capital mineira. Será um grande projeto e um desafio para a engenharia”, conclui.

LEGADO

Historicamente, o conjunto de obras de Niemeyer atrai turistas para a capital mineira e indica a profunda relação entre o arquiteto e a cidade, o que, certamente, marcou a formação de Belo Horizonte.

Em termos técnicos, o resultado das obras mineiras de Niemeyer evidencia a capacidade do concreto, seu grande aliado, em se moldar às mãos do artista. As obras de Niemeyer demonstram as possibilidades arquitetônicas, estruturais e plásticas do concreto, permitindo a viabilização de obras inusitadas e de arquitetura arrojada, como as que são encontradas em Belo Horizonte.

Além de seu legado arquitetônico e estético que ajudam a formar a paisagem urbana da cidade, as obras de Niemeyer marcam a personalidade de Belo Horizonte e indicam sua capacidade de romper o tradicionalismo em busca de novos desafios. Assim como as obras da Pampulha transformaram o local em um espaço nobre, cartão postal da cidade, a construção do Centro Administrativo, situado em uma região estratégica da capital, se transformou em um grande fomentador de projetos promovendo investimentos em seu entorno. ■

Hugo Cordeiro



Registro - Em visita às obras da Cidade Administrativa Oscar Niemeyer deixou registradas as mãos que projetaram grandes obras em Belo Horizonte

Impacto da temperatura do cimento na temperatura do concreto

CLÁUDIO OLIVEIRA SILVA - ENGENHEIRO
ARNALDO FORTI BATTAGIN - GEÓLOGO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

1. TEMPERATURA DO CIMENTO

A temperatura do cimento logo após sua fabricação é resultante do processo de moagem do clínquer Portland, demonstrando que o cimento ganhou energia adicional armazenada na forma de calor devido ao atrito dos corpos moedores com o clínquer.

Após a moagem do clínquer, o cimento, ainda quente, é estocado em silos de armazenamento que dificultam a dissipação do calor; porém, o tempo de estocagem praticado é geralmente suficiente para que o cimento chegue ao consumidor em condições adequadas de uso. Nos períodos de verão, quando as temperaturas ambientais são mais elevadas, a temperatura do cimento armazenado pode permanecer elevada por mais tempo, situação que, quando associada a elevadas demandas do mercado, dificulta o fornecimento de cimento à temperatura ambiente e resulta no chamado “cimento quente”.

Muitas patologias que podem ocorrer no concreto fresco, como perda precoce de abatimento, redução de resistências iniciais, retração plástica ou fissuração do concreto endurecido, estão relacio-

nadas com a temperatura do concreto e com as condições ambientais no momento da concretagem.

A contribuição de cada material na temperatura final do concreto fresco está relacionada com sua quantidade na mistura e com seu calor específico¹. Não se deve confundir a influência do cimento quente no aumento da temperatura do concreto com a influência do calor de hidratação do cimento na temperatura do concreto.

De fato, quando o cimento é misturado com a água, há geração de calor pela reação química exotérmica, que em estruturas correntes, com grandes áreas superficiais, dissipa-se no ar ou no solo, sem nenhum problema. Contudo, em estruturas maciças com dosagens com alto consumo de cimento e temperaturas ambientais elevadas no momento da concretagem, pode ocorrer suficiente elevação da temperatura do concreto para causar fissuração, o que não será detalhado por não ser foco deste trabalho.

Dos materiais adicionados ao concreto, o cimento ocupa apenas entre 7% a 15% do volume total. Água de amassamento e os agregados em geral constituem entre 70% e 90% desse volume.

¹ Grandeza física que define a variação térmica de determinada substância ao receber determinada quantidade de calor. Também é chamado de capacidade térmica mássica.

Quando comparado com os demais constituintes, a influência potencial do cimento quente sobre a temperatura do concreto é bastante diminuída. Além disso, o cimento apresenta, na média, valores de calor específico da ordem de 0,92 kJ/kg.K, o que significa que ele ganha e perde calor muito rapidamente quando exposto a altas temperaturas ou quando alimentado com energia.

Os agregados, em média, apresentam valores de calor específico equivalentes ao do cimento; ocupam, porém, a maior parte do volume no concreto. Já, a água, embora usada em pequeno volume, apresenta calor específico bastante elevado, da ordem de 4,184 kJ/kg.K, o que significa que a água pode armazenar grandes quantidades de calor.

Os primeiros estudos referentes à influência da temperatura do cimento no concreto foram realizados por Lerch (1955) e pesquisas posteriores também demonstraram que, para baixar a temperatura do concreto em apenas 1°C, a temperatura do cimento deve ser reduzida em 8,2°C, ou deve-se diminuir a temperatura da água em 4,9°C, ou ainda reduzir a temperatura dos agregados em apenas 1,5°C.

Isso demonstra, de forma clara, que a influência da temperatura do cimento na temperatura global do concreto é muito menor do que a do agregado e da água.

A temperatura aproximada do concreto fresco pode ser calculada tomando-se a temperatura dos materiais e suas respectivas massas através da expressão: (NRMCA, 1962).

$$T = \frac{0,22 (T_a.M_a + T_c.M_c) + T_w.M_w + T_{wa}.M_{wa}}{0,22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}} \quad (1)$$

Onde:

- T = temperatura do concreto fresco, °C;
- T_a = temperatura do agregado, °C;
- T_c = temperatura do cimento, °C;
- T_w = temperatura da água, °C;
- T_{wa} = temperatura da água livre no agregado, °C;
- M_a = massa de agregado, kg;
- M_c = massa de cimento, kg;
- M_w = massa de água, kg;
- M_{wa} = massa de água livre no agregado, kg;

A Tabela 1, adaptada do manual PCA - *Design and Control of Concrete Mixtures* (Kosmatka et al, 2002), apresenta um exemplo do efeito entre as proporções em massa de cada material, seus respectivos valores de calor específico e temperatura e como essas variáveis influenciam na temperatura do concreto.

■ Temperatura inicial do concreto fresco = $\frac{79.917}{2.515} = 31,8^\circ\text{C}$

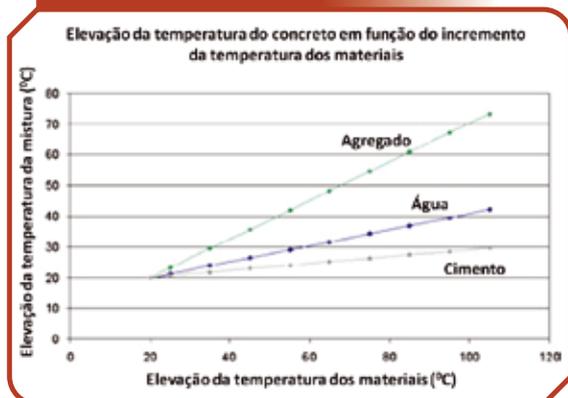
Para obter a redução de 1°C na temperatura inicial do concreto fresco, é necessário reduzir:

■ na temperatura da água: $\frac{2.515}{515} = 4,9^\circ\text{C}$ ou;

Tabela 1 – Efeito da temperatura dos materiais na temperatura inicial do concreto (Kosmatka et al, 2002)

| Material | Massa (kg) (1) | Calor específico (kJ/kg.K) (2) | Energia necessária para diminuir temperatura em 1°C (J) (3) col. 1 x col. 2 | Temperatura inicial do material (°C) (4) | Total de Energia no material (J) (5) col. 3 x col. 4 |
|-----------|------------------------|--------------------------------|--|--|---|
| Cimento | 335 (M _c) | 0,92 | 308 | 66 (T _c) | 20.328 |
| Água | 123 (M _w) | 4.184 | 515 | 27 (T _w) | 13.905 |
| Agregados | 1839 (M _a) | 0,92 | 1692 | 27 (T _a) | 45.684 |
| | | Total | 2.515 | | 79.917 |

Figura 1 – Representação do efeito relativo da temperatura de cada material na temperatura inicial do concreto fresco, admitindo-se que os demais materiais são mantidos à temperatura constantes de 20°C (PCA, 2011)



- na temperatura do agregado: $\frac{2.515}{1692} = 1,5^{\circ}\text{C}$ ou;
- na temperatura do cimento: $\frac{2.515}{308} = 8,2^{\circ}\text{C}$.

A importância de controlar a temperatura do concreto, como já comentado, é bem compreendida. A temperatura afeta propriedades nos estados fresco e endurecido do concreto, bem como regula seu potencial de fissuração. Ainda assim, a temperatura do concreto é apenas uma das variáveis envolvidas no processo de fissuração inicial do concreto, que em estruturas de grande área superficial, como lajes e pavimentos, depende mais expressivamente da umidade relativa e da temperatura do ar e da velocidade do vento, sendo necessário tomar cuidados com a cura do concreto em condições de concretagem, tanto com clima quente quanto com clima frio.

Portanto, evidencia-se que a temperatura elevada do cimento não contribui sozinha, de forma significativa, para o aumento da temperatura do concreto, que deve ser controlada principalmente pela diminuição da temperatura da água e, de forma secundária, da temperatura dos agregados, sendo recomendável que

a temperatura inicial do concreto fresco seja mantida em no máximo 30°C.

2. RETRAÇÃO DO CONCRETO

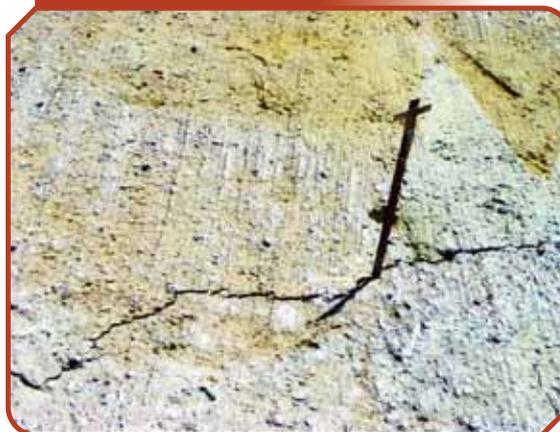
O aspecto mais importante do controle da temperatura inicial do concreto fresco está ligado à minimização do risco de fissuração por retração. A retração pode ser compreendida de forma simplificada como uma diminuição de volume das peças concretadas e pode compreender causas diversas. As perdas de água por evaporação para o ambiente ou por sucção para o substrato são as principais causas da retração plástica e da retração por secagem. Outros tipos de retração são as térmicas, por carbonatação e autógena².

Em alguns casos, as primeiras manifestações da retração verificam-se antes da pega do concreto e pode ser resultado da perda de água por evaporação ou sucção do substrato, sendo denominada, neste caso, de retração plástica.

A retração plástica ocorre na superfície do concreto fresco recém-adensado, enquanto se executa o acabamento ou logo após sua finalização. É mais comum em superfícies horizontais de grandes áreas, como lajes e pavimentos.

Esse tipo de retração está associado às condições ambientais e depende da taxa

Figura 2 – Fissuração tipicamente causada por retração plástica em um concreto recém-lançado em uma laje. ABCP, 2003



² Retração autógena: Conseqüência da remoção da água dos poros capilares pela hidratação do cimento ainda não hidratado. A contração da pasta é restringida pela rigidez da pasta de cimento já hidratada e pelas partículas dos agregados. É mais significativa para relações a/c extremamente baixas (Neville, 1997).

Figura 3 – Ensaio de velocidade de exsudação. Pode-se verificar a bureta com tetracloreto de carbono (Cl_4C) com líquido indicador, possibilitando a leitura do volume de água ascendente (ASTM C 243, 2008)



de evaporação e da velocidade de exsudação do concreto.

3. EXSUDAÇÃO DO CONCRETO

Embora associada à concretagem em clima quente, a retração plástica pode ocorrer em qualquer condição climática que produza uma elevada taxa de evaporação da umidade superficial do concreto.

Quando a taxa de evaporação da umidade superficial do concreto é maior que a velocidade de exsudação do concreto, não é possível repor, em tempo hábil, a água evaporada. Nesse caso, são criados espaços que geram tensões de tração e que podem causar fissuração, caso essas tensões sejam maiores que a resistência do concreto naquele momento.

Quanto maior a taxa de evaporação e menor a velocidade de exsudação do concreto, maior será a intensidade da fissuração.

A velocidade de exsudação é influenciada por cimentos e adições de elevada área específica. Pode-se verificar a velocidade de exsudação através dos ensaios especificados na norma NM 102 (AMN, 1996), ou através da norma ASTM C 243 (ASTM, 1995).

Além da capacidade de exsudação do concreto, deve-se considerar também a influência do desenvolvimento das resistências iniciais do concreto nas primeiras horas. Menores resistências mecânicas nas primeiras horas apresentam menor combate às tensões de tração que levam à fissuração.

Em alguns casos, como em pavimentos de concreto, é importante avaliar o tempo de pega do concreto. Concretos com elevado tempo de final de pega podem causar patologias devido ao atraso de corte das juntas de retração. O tempo de pega do concreto é diretamente influenciado pelo tempo de pega do cimento e também pela combinação química entre cimento e aditivos, que pode levar ao aumento do tempo de pega.

Figura 4 – Exemplos de resultados de velocidade de exsudação em pasta de quatro diferentes cimentos Portland. Cimentos com adição de cinzas volantes (CP IV) apresentam menor velocidade de exsudação. ABCP, 1999

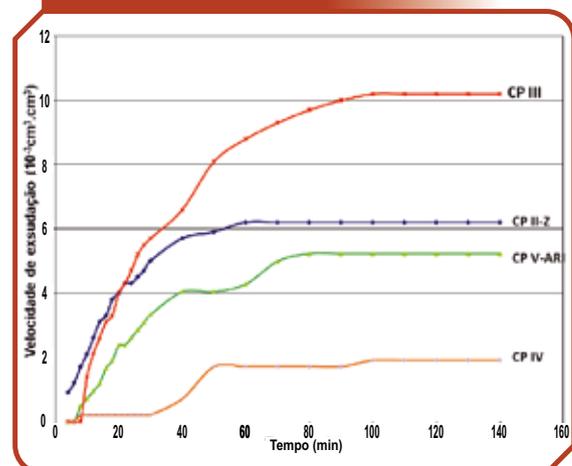
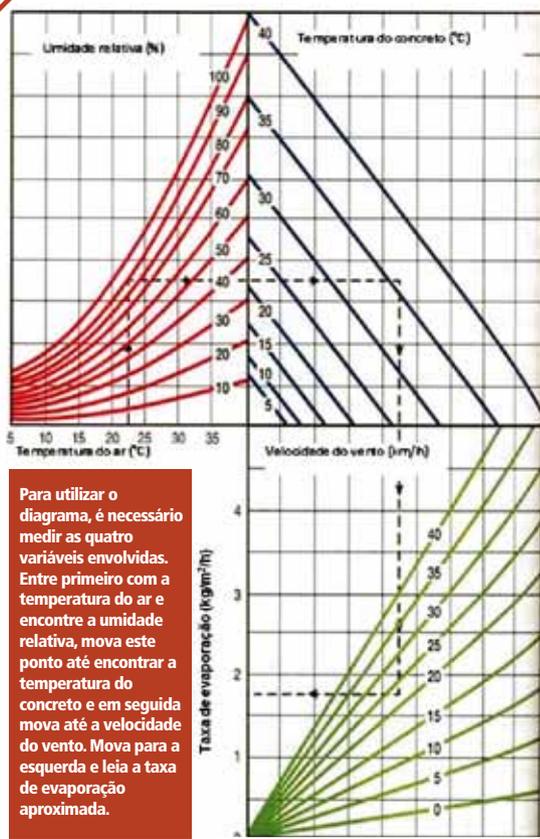


Figura 5 – Diagrama para obtenção da taxa de evaporação (Kosmatka et al, 2002)



Para avaliar o tempo de pega do concreto, pode-se utilizar o método especificado pela norma ABNT NBR NM 9 (ABNT, 2003).

4. TAXA DE EVAPORAÇÃO

A taxa de evaporação é uma combinação de fatores que envolvem, além da temperatura do concreto, a temperatura e a umidade relativas do ar e também a velocidade do vento próximo à superfície concretada.

A taxa de evaporação deve ser monitorada durante a concretagem para decidir as providências a serem tomadas com o objetivo de minimizar o surgimento de eventuais fissuras. A taxa de evaporação é calculada tomando-se as medidas das quatro variáveis que a influenciam, conforme citado anteriormente.

Utilizando-se o diagrama da Figura 5, é possível obter a taxa de evaporação da superfície do concreto fresco.

Em condições normais de capacidade de exsudação do concreto, uma taxa de evaporação maior ou igual a 1 kg/m²/h é considerada como elevada e o risco de fissuração será elevado.

Para concretos elaborados com cimentos com adição de pozolana, este valor de taxa de evaporação deve ser reduzido para 0,5 kg/m²/h. Isto se deve à menor capacidade de exsudação proporcionada por este tipo de cimento, que, de forma geral, apresenta elevadas áreas específicas. A mesma consideração pode ser feita para os concretos com adição de

Figura 6 – Medida da temperatura do concreto com termômetro laser (esquerda). Estação meteorológica posicionada corretamente próxima ao local de execução de um pavimento de concreto (direita)



Tabela 2 – Probabilidade de fissuração em concreto

| Taxa de evaporação (kg/m ² /h) | Probabilidade |
|---|---------------|
| 0 a 0,5 | Improável |
| 0,51 a 1 | moderada |
| >1 | elevada |

sílica ativa ou metacaulim. (Kosmatka *et al.*, 2002).

A Tabela 2 apresenta parâmetros para avaliação do risco de fissuração em função da taxa de evaporação.

A medida das variáveis que influenciam a taxa de evaporação deve ser tomada com critério. A velocidade do vento deve ser medida a cerca de 50 cm da superfície do concreto e a temperatura ambiente e a umidade do ar devem ser medidas entre 1,2 m e 1,8 m da superfície do concreto. A temperatura do concreto deve ser medida diretamente na massa do concreto recém-lançando.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência da temperatura do cimento no aumento da temperatura do concreto é muito pequena, sendo isso comprovado por estudos experimentais que indicam que é necessário um aumento de cerca de 10°C na temperatura do cimento para resultar num aumento de 1°C na temperatura da maioria dos concretos.

Apenas como referência de controle, a temperatura do cimento pode ser estabelecida em 70°C para o recebimento na obra. Entretanto, deve-se dar maior importância à temperatura dos agregados e da água de amassamento, caso o objetivo seja diminuir a temperatura inicial do concreto fresco.

Além da temperatura do concreto, o risco de fissuração envolve outras variáveis, tais como: velocidade de exsudação do concreto, temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento. A influência dessas variáveis deve ser avaliada em conjunto.

Referências Bibliográficas

- [01] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Capacidade de exsudação em amostras de cimento. ABCP. Relatório 13114. São Paulo, 1999.
- [02] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Inspeção e diagnóstico do concreto aplicado em lajes de edifícios residenciais. ABCP. Relatório 25114. São Paulo, 2003.
- [03] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. NBR NM 9. ABNT. Rio de Janeiro, 2003.
- [04] American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Bleeding of Cement Pastes and Mortars. ASTM C243-95. West Conshohocken, PA, 1995.
- [05] Asociación Mercosur de Normalización (AMN). Concreto. Determinação da exsudação. NM 102. ABNT. Rio de Janeiro, 1996.
- [06] Kosmatka, S. H. and Wilson, M. L., Design and Control of Concrete Mixtures, EB001.15, 15th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 2011.
- [07] Lerch, W., Hot Cement and Hot Weather Concrete Tests, IS015, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 1955.
- [08] National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA). Cooling Ready Mixed Concrete, NRMCA Publication n. 106, Silver Spring, Maryland, 1962.
- [09] Portland Cement Association - PCA. Impact of Hot Cement on the Concrete Mix. Concrete Technology. PCA, 2011, Skokie, IL <disponível em: www.cement.org/tech/cct_hot_cement.asp> acesso em: 10.11.2011.
- [10] Wilson M.L.; Thomas, M.D.A., Hot and Cold Weather Concreting, CD057, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 2005. ■

Emprego do pó de pedra proveniente de diferentes britadores na produção de concreto

HENRIQUE BORINI GRIGOLI - ENGENHEIRO CIVIL
FABIANA FABRO - ENGENHEIRA CIVIL
GIOVANNA PATRÍCIA GAVA - PROFESSORA DOUTORA
LEILA CRISTINA MENEGETTI - PROFESSORA DOUTORA
CCET-UNIOESTE

1. INTRODUÇÃO

O consumo das matérias primas empregadas no concreto é alto e, em determinadas regiões do país, há falta de alguns agregados, como, por exemplo, a areia natural. Devido à preocupação com a preservação do meio ambiente e o crescimento do consumo de areia natural, as reservas localizadas próximas aos grandes centros urbanos estão se esgotando cada vez mais. Aliado a isso, o grande aumento no custo de transporte e na distância entre os centros produtores e os consumidores da areia natural tem um impacto direto e crescente no custo do concreto.

A fim de buscar uma solução para este problema, procuram-se materiais alternativos que possam substituir os agregados naturais na confecção dos concretos. Dentre esses materiais, destaca-se o pó de pedra, que é um rejeito da indústria de britagem de rochas com destino ainda não totalmente definido pelas pedreiras produtoras (Figura 1).

O pó de pedra compreende o material passante na peneira 4,75 mm juntamente com a fração fina que passa na peneira

Figura 1 – Acúmulo de pó de pedra proveniente do britador Cônico e VSI



0,075 mm, sem ter sido submetido a qualquer processo de beneficiamento, como lavagem, por exemplo.

As principais diferenças entre o pó de pedra e a areia natural são o elevado teor de material fino, material pulverulento passante na peneira 0,075mm e a forma angulosa dos grãos. Estas características são mais acentuadas no pó de pedra proveniente da britagem do basalto e dependem

do tipo de britador usado na trituração das rochas, que pode ser de mandíbula, de martelo, vertical de impacto (VSI) e cone.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os rejeitos de britagem de rocha, “in natura”, ou seja, sem passar por nenhum processo de lavagem, provenientes dos diferentes tipos de britadores, verificando sua influência nas propriedades dos concretos a partir de diferentes teores de substituição da areia natural pelo pó de pedra. As informações a respeito das características dos pós de pedra possibilitarão o emprego deste como substituto de parte da areia natural na confecção do concreto, viabilizando a sua utilização em regiões onde houver oferta deste material.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais foram escolhidos de acordo com sua disponibilidade na região em estudo. Foram visitadas três pedreiras, denominadas de Pedreira A, Pedreira B e Pedreira C, com intuito de coletar amostras, conhecer o processo produtivo e os equipamentos utilizados na produção de brita e, principalmente, o destino dado ao pó de pedra gerado, já que este é considerado rejeito na maioria delas. As principais características do processo de produção das pedreiras visitadas são resumidamente apresentadas na Tabela 1. Todas as pedreiras exploram a rocha basáltica, diferenciando-se pelo tipo de britador, sendo

que o pó de pedra gerado não tem definição total certa. Destas pedreiras, foram coletados 5 tipos de pó de pedra para o desenvolvimento deste estudo.

Os demais materiais utilizados foram: agregado miúdo, areia natural comercializada na região e agregado graúdo, classificado comercialmente como brita 1, de origem basáltica, que foi obtida de uma das pedreiras visitadas. O cimento utilizado foi o CII Z - 32. Para garantir a trabalhabilidade do concreto, foi necessária a utilização de um aditivo plastificante em teor de 0,77% em relação à massa de cimento.

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Para caracterização dos agregados empregados no estudo, foram realizados ensaios de acordo com as normas brasileiras, sendo avaliado: teor de material pulverulento, composição granulométrica, dimensões características máxima e mínimas, módulo de finura, massa específica aparente. Os resultados de caracterização são apresentados na Tabela 2, na qual verifica-se que o teor de material pulverulento de todos os pós de pedra em estudo é superior ao permitido pela ABNT NBR 7211 (2009), que estipula um teor máximo de 12% para os agregados oriundos de britagem, quando empregados em concreto sem desgaste superficial. Verificam-se diferenças nos teores de material pulverulento dos pós-de-pedra provenientes dos diferentes britadores. Os pós de pedra do britador tipo VSI apresentam maior teor de material pulverulento, enquanto que o pó de pe-

Tabela 1 – Caracterização do processo de produção das pedreiras

| Estágio de Britagem | Tipo de britador utilizado | | |
|----------------------------------|----------------------------|---|----------------------|
| | Pedreira A | Pedreira B | Pedreira C |
| 1º (primário) | Mandíbula | Mandíbula | Mandíbula |
| 2º (secundário) | Cone | Martelo | Cone |
| 3º/4º (terciário/quaternário) | Cone/VSI | Martelo | Cone/VSI |
| Destino do Pó de Pedra Gerado | Sem destino definido | Parte usado para produção de concreto asfáltico | Sem destino definido |

Tabela 2 – Características físicas dos agregados e pós de pedra ensaiados

| Agregados/Pó de pedra | Teor de material pulverulento (%) | Dimensão máxima característica (mm) | Dimensão mínima característica (mm) | Módulo de finura | Massa específica (g/cm ³) |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| CONE Pedreira A | 14,72 | 4,75 | <0,15 | 3,22 | 2,97 |
| VSI Pedreira A | 16,24 | 4,75 | <0,15 | 2,93 | 2,95 |
| MARTELO Pedreira B | 13,40 | 4,75 | <0,15 | 3,10 | 2,95 |
| CONE Pedreira C | 15,99 | 4,75 | <0,15 | 3,03 | 2,95 |
| VSI Pedreira C | 17,16 | 4,75 | <0,15 | 2,69 | 2,95 |
| Areia Natural | 0,60 | 2,36 | 0,15 | 1,71 | 2,65 |
| BRITA I | 0,81 | 19,00 | 6,30 | 6,91 | 2,88 |

dra proveniente do britador do tipo martelo apresenta o menor teor de material pulverulento. Isto pode ser explicado pelo fato de que, no britador tipo VSI, as rochas se desgastam por impacto entre si, tendo como resultado grãos mais arredondados e, conseqüentemente, maior quantidade de material fino.

Pode-se notar que não há variação entre a dimensão característica máxima e mínima dos diferentes pós de pedra. No parâmetro módulo de finura, verifica-se que os pós de pedra oriundos do britador tipo VSI possuem menor módulo de finura, resultado que indica que o material possui um número maior de grãos finos.

As massas específicas dos materiais são semelhantes, apresentando o valor médio de 2,95 g/cm³, confirmando o esperado, uma vez que, sendo o material de origem basáltica, sabe-se que a massa específica do mesmo é elevada e próxima a 3,00 g/cm³.

3. ESTUDOS EM ARGAMASSAS

Considerando que existe relação entre as propriedades da argamassa e do concreto produzido a partir desta argamassa, parte do procedimento experimental foi desenvolvido em argamassa, reduzindo, assim, o volume de material utilizado no estudo.

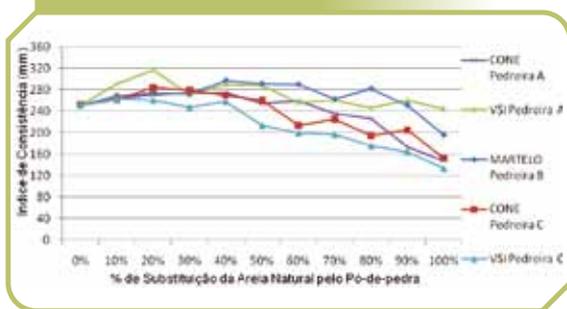
No estudo em argamassa, foram analisados porcentagens entre 0% e 100%, com

incrementos de 10% de substituição da areia natural pelo pó de pedra, para todos os tipos de pós provenientes das diferentes pedreiras e britadores. Foi também confeccionada uma argamassa de referência feita com 100% de areia natural, denominada argamassa 0%. Foram avaliadas nas argamassas as propriedades de consistência, teor de ar incorporado e resistência à compressão.

O traço da argamassa utilizado foi de 1: 2,6: 0,57: 0,0077 (cimento: agregado miúdo: água: aditivo), que, no concreto, com teor de argamassa de 54%, corresponde ao traço 1: 2,6: 3,07: 0,57: 0,0077 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: água: aditivo).

No ensaio de mesa de queda livre (*flow table test*), foi avaliada a consistência das argamassas, pela medida do diâmetro do espalhamento da mistura logo após a retirada do molde, denominado de índice de consistência inicial. De acordo com os resultados de índice de consistência das argamassas apresentados na Figura 2, observa-se que praticamente todas as argamassas apresentaram um crescimento no índice de consistência até o valor de 20% de substituição da areia natural por pó de pedra. Entre os teores de substituição 20% e 40%, observa-se que os valores de índice de consistência praticamente se mantêm constantes e, após este último teor,

Figura 2 – Índice de Consistência Inicial das Argamassas



o índice de consistência decresce quando se aumenta o teor de substituição da areia natural pelo pó de pedra. Isto pode ser explicado pelo fato de que, a partir do teor de substituição de 40%, a quantidade de pó de pedra presente na mistura é proporcionalmente maior, bem como a quantidade de material pulverulento presente nos pós de pedra (em torno de 15%), aumentando, assim, a quantidade de material fino presente na mistura, o que gera maior área superficial para absorção de água e, conseqüentemente, a diminuição no índice de consistência da mistura.

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas são apresentados na Figura 3. Pode-se verificar que, para todas as argamassas nas quais houve substituição da areia natural pelo pó de pedra, a resistência à compressão foi superior a da argamassa de referência. Observa-se, também, que a resistência à compressão aos 28 dias, de uma maneira geral, foi aumentando de forma gradativa até o teor de substituição de 40% e, a partir daí, passou a ter valores semelhantes.

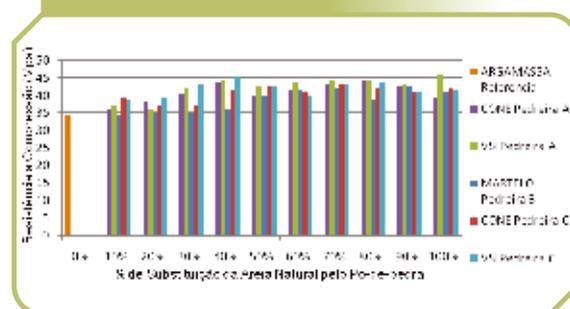
Na Figura 3, nota-se que, em todas as argamassas confeccionadas com os pós de pedra em estudo, os maiores resultados de resistência à compressão foram obtidos para teores de substituição acima dos 40%. Comparando os valores médios de resistência à compressão das argamassas, que girou em torno dos 40MPa, com o valor obtido na argamassa de referência, há um acréscimo na resistência de aproximadamente 18,5%, comprovando que a presença do pó de pedra nas misturas contribui para o aumento da resistência à compressão das argamassas.

Comparando-se os resultados da Figura 3, observa-se que, em praticamente todos os teores de substituição da areia natural pelo pó de pedra, as argamassas com o pó de pedra MARTELO Pedreira B apresentaram resistências à compressão inferiores as resistências apresentadas pelas argamassas confeccionadas com os demais pós de pedra. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que o pó de pedra MARTELO Pedreira B é aquele que apresenta a menor quantidade de material pulverulento (conforme Tabela 2). Como o material pulverulento atua no fechamento dos poros e, conseqüentemente, diminui a quantidade de vazios, este contribui para aumento da resistência à compressão; assim, este efeito foi menor nas argamassas com pó de pedra MARTELO Pedreira B para ganho de resistência destas argamassas.

4. ESTUDOS EM CONCRETO

Para confeccionar os concretos, foram escolhidos dois pós de pedra provenientes da Pedreira A de diferentes tipos de britadores: um do britador do tipo Vertical de Impacto, denominado VSI Pedreira A; e outro do britador do tipo Cone, denominado de CONE Pedreira A. Esta escolha objetivou verificar se há influência do tipo de britador empregado para obter o pó de pedra nas propriedades dos concretos confeccionados, tendo em vista que as argamassas confeccionadas com estes pós de pedra foram as que apresentaram as maiores resistências à compressão e os maiores índices de consistência.

Figura 3 – Resistência à compressão das argamassas aos 28 dias



Foram moldados 4 corpos de prova para cada teor de substituição (30% e 70%) da areia natural pelo pó de pedra. Nos concretos, foram realizados os seguintes ensaios: abatimento do tronco de cone (*slump test*); teor de ar incorporado; e resistência à compressão aos 7 e 28 dias. A consistência foi avaliada 10 minutos após a adição do aditivo no concreto.

Ao confeccionar os concretos com os teores de substituição da areia natural por pó de pedra de 30% e 70%, com teor de argamassa de 54%, verificou-se que os concretos apresentaram-se com aspecto áspero e com pouca coesão, conforme pode ser observado na Figura 4 e, assim, optou-se por realizar um ajuste no teor de argamassa dos concretos com o pó de pedra VSI Pedreira A.

Os novos teores de argamassa ficaram definidos em 57% para o teor de substituição de 30% para o pó de pedra VSI Pedreira A e, para os concretos com substituição de 70% de areia natural por pó de pedra, ficou definido o teor de argamassa de 58% (ver Figura 5).

Com o aumento no teor de argamassa, os concretos obtiveram uma melhora na coesão e, conseqüentemente, uma superfície mais lisa e homogênea.

Na Tabela 3, são apresentados os traços e os resultados no estado fresco dos concretos confeccionados com pó de pedra CONE Pedreira A, VSI Pedreira A e o concreto de referência. Verifica-se que os

Figura 4 – Concreto com 30% de pó de pedra VSI Pedreira A e $\alpha = 54\%$



Figura 5 – Concreto com 70% de pó de pedra VSI Pedreira A e $\alpha = 58\%$



concretos confeccionados com pó de pedra VSI Pedreira A apresentaram valores superiores de abatimento em relação aos concretos confeccionados com o pó de pedra CONE Pedreira A. Estes resultados podem ser explicados pela forma das partículas do agregado. Era possível verificar visualmente que o pó de pedra CONE Pedreira A possuía suas partículas com formato mais lamelar que as partículas do pó de pedra VSI Pedreira A, o que ocasiona uma maior perda de trabalhabilidade do concreto devido à dificuldade de mistura dos grãos do agregado.

Nos casos em que houve alteração no teor de argamassa, verificou-se que, para o concreto com teor de substituição de 30%, não houve alteração na consistência com o aumento do teor de argamassa. Contudo, para o concreto com porcentagem de substituição de 70%, ao se aumentar o teor de argamassa para 58%, houve uma perda de abatimento do concreto, sendo mantida a relação água/cimento.

O consumo de cimento real é maior para os concretos com pó de pedra, pois estes apresentaram maior massa específica em relação ao concreto de referência. A maior massa específica dos concretos com pó de pedra pode ser atribuída à maior quantidade de material fino (material pulverulento) presente nestes concretos, o que deve estar provocando o fechamento dos poros e, conseqüentemente, a diminuição de vazios no concreto.

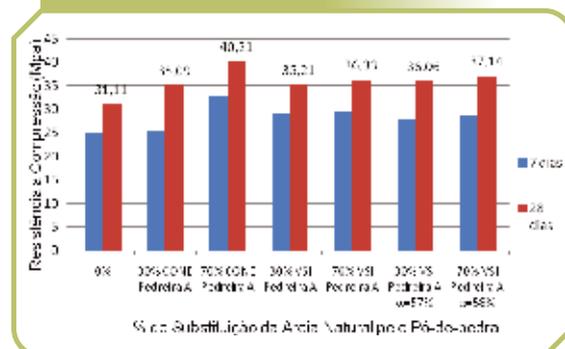
Tabela 3 – Traços e resultados no estado fresco dos concretos

| % de substituição da areia natural pelo pó de pedra | Traço do concreto em massa | | | | | | | Abatimento após 10 min (cm) | Massa específica (g/cm ³) | Consumo de cimento kg/m ³ | | |
|---|----------------------------|-------|-------------|-------|------|---------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------|-----|
| | Cimento | Areia | Pó de pedra | Brita | A/C | Aditivo | Teor de Argamassa | | | Real medido | Teórico | |
| 0% - concreto referência | 1 | 2,6 | 0 | 3,07 | 0,57 | 0,0077 | 54% | 9,0 | 2,35 | 324 | 338 | |
| Cone Pedreira A | 30% | 1 | 1,82 | 0,87 | 3,07 | 0,57 | 0,0077 | 54% | 18,0 | 2,53 | 345 | 338 |
| | 70% | 1 | 0,78 | 2,03 | 3,07 | 0,57 | 0,0120 | 54% | 0,0 | 2,58 | 346 | 338 |
| VSI Pedreira A | 30% | 1 | 1,82 | 0,87 | 3,07 | 0,57 | 0,0077 | 54% | 20,0 | 2,56 | 348 | 338 |
| | 70% | 1 | 0,78 | 2,03 | 3,07 | 0,57 | 0,0077 | 54% | 20,0 | 2,59 | 347 | 338 |
| | 30% | 1 | 1,96 | 0,93 | 2,87 | 0,57 | 0,0077 | 57% | 19,5 | 2,54 | 346 | 338 |
| | 70% | 1 | 0,86 | 2,24 | 2,8 | 0,57 | 0,0077 | 58% | 14,0 | 2,57 | 344 | 338 |

Na Figura 6, são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão aos 7 e 28 dias dos concretos confeccionados. Todos os concretos nos quais houve substituição da areia natural pelo pó de pedra apresentaram resistência à compressão superior ao concreto de referência (0% de pó de pedra), sendo as resistências à compressão aos 28 dias foram bem próximas.

Comparando-se os concretos confeccionados com os pós de pedra oriundos de diferentes britadores (Figura 6), observa-se que não há diferenças significativas nas resistências à compressão para ambos os teores de substituição.

Figura 6 – Resistência à compressão dos concretos



5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, verificou-se a viabilidade técnica da substituição da areia natural por pós de pedra provenientes de diferentes britadores na produção de concretos.

Apesar de todos os pós de pedra avaliados apresentarem teor de material pulverulento superior aos limites permitidos pela ABNT NBR 7211(2009), verificou-se que não houve influência direta desta característica na consistência das argamassas e concretos confeccionados com estes materiais. Algumas argamassas com pó de pedra apresentaram índices de consistência inicial igual ou superior ao índice de consistência da argamassa de referência. Aliado a isso, verificou-se que o alto teor de material pulverulento contribuiu para o aumento da resistência à compressão das argamassas e concretos. Este fato ocorre pelo efeito filler dos finos, uma vez que Schankoski e Gava (2009) verificaram que o material pulverulento destes pós de pedra não apresentam atividade pozolânica.

O tipo de britador influencia as características dos pós de pedra gerados e, conseqüentemente, as propriedades do estado fresco dos concretos confeccionados. Os

resultados indicaram que a forma dos grãos exerce maior influência na consistência das argamassas e concretos do que o teor de material pulverulento, uma vez que concretos com pó de pedra com teor de material pulverulento semelhantes apresentaram valores de abatimentos distintos. Estudos realizados por Fabro et al. (2011) confirmam esta observação.

É importante salientar que, em função das diferenças existentes entre os pós de pedra oriundos de diferentes britadores, torna-se importante conhecer as ca-

racterísticas físicas do pó de pedra a ser empregado em um concreto para melhor definir o teor de substituição da areia natural pelo pó de pedra e para melhor proporcionar o concreto a ser confeccionado. Neste trabalho, verificou-se que com o pó de pedra oriundo do britador VSI foi possível confeccionar concreto com até 70% de substituição à areia natural, enquanto que, com o pó de pedra oriundo do britador do tipo cone, com este teor de substituição, o concreto não apresentava trabalhabilidade adequada ao emprego.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7211: Agregado para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, 2009.
- [02] SCHANKOSKI, R. A.; GAVA, G. P.; Avaliação da atividade pozolânica da fração pulverulenta de pó-de-pedra basálticos. In: 51º Congresso Brasileiro do Concreto, 2009, Curitiba. Anais... São Paulo, 2009. IBRACON.
- [03] FABRO, F.; GAVA, G. P.; GRIGOLI, H. B.; MENEGHETTI, L.C.; Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto. 2011. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais (RIEM). Volume 4. Número 2. p. 191-212. Junho 2011. ■



Criada Forte
Formule Ainda Mais Forte

CYTEC

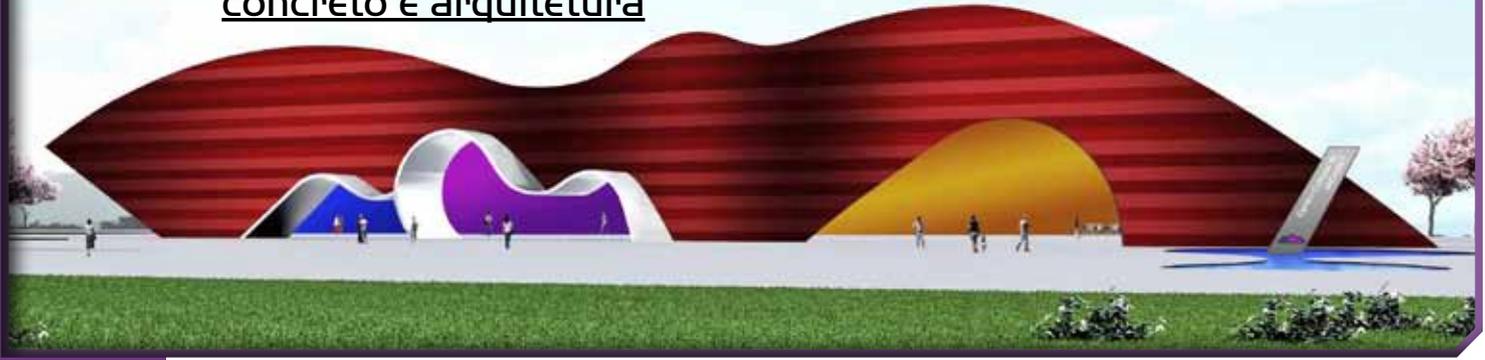
Para atender às atuais demandas de alta performance para revestimentos protetivos, de plataformas, estacionamentos à pontes, de sistemas eólicos à marítimos, os formuladores hoje necessitam mais do que nunca de resinas de alto-desempenho em seu arsenal. Para desempenho, segurança, estabilidade e baixos VOCs, descubra as vantagens das resinas à base de água da Cytec, apoiadas pelo nosso serviço em rede global de suporte.

Resinas de Revestimento de Proteção para Concreto e Metal

custinfo@cytec.com
www.cytec.com
Telefone: +1 973-357-3193

©2012 Cytec Industries Inc.
All Rights Reserved.

concreto e arquitetura



Concreto e contemporaneidade

RUY OHTAKE - ARQUITETO

A trajetória da arquitetura brasileira contemporânea é reconhecida como uma das mais peculiares no mundo. Desde o seu início, há 60 anos, vem desenvolvendo uma produção não só muito rica, mas com características de leveza, clareza, concisão e ousadia.

Certamente pela sua imensa criatividade e, provavelmente, pela sabedoria em reunir e em fundir, muito expressivamente, técnica artesanal e tecnologia construtiva. Ela encontrou no concreto armado o material adequado, que atende ao projeto do arquiteto. Molda-se aos desenhos projetados, às formas mais ousadas e às curvas não menos audaciosas. Com isso, tem provocado surpresa pelo inesperado, emoção pela beleza. Sua presença no espaço urbano marca a contemporaneidade, permitindo que a população, por mais simples que possa ser sua formação, saiba apreciá-la e não passe indiferente à arquitetura. A arquitetura contemporânea vai compondo a história da cidade.

A versatilidade de uso que nossa arquitetura criou e que o concreto possibilitou tem abrangido uma gama que em todos provoca admiração. Nenhum material de construção conseguiu tanta diversidade

de aplicação. Ousadas estruturas. Lindas coberturas. Lajes ritmadas. Democráticos pisos de condomínios residenciais. Diversas paredes. Rico mobiliário.

Para isso, espessuras, expressões plásticas, texturas e cores são componentes necessários, onde participam todos os elementos da manufatura do concreto. A fôrma de madeira, desde um compensado ou placas tipo madeirit, as tábuas de 30 ou de 15, ou sarrafos de 10 cm ou de 5 cm. A composição do concreto tem várias dosagens do cimento e da água, a escolha do tipo de pedra ou do pedrisco, a procedência da areia, a ferragem adequada. O concreto com cor e a adoção do cimento, normal ou branco, na proporção precisa do pigmento colorido, criam obras de arte. Uma mão de obra treinada valoriza a extensa relação de obras e expressa a excepcional capacidade de realização brasileira.

Finalmente, impossível não falar da retaguarda, composta por competentes engenheiros estruturais, reconhecidos internacionalmente pela capacidade, ousadia e sensibilidade; também os engenheiros e técnicos de instituições como o IBRACON e a ABCP, pela pesquisa e aconselhamento, têm colaborado nas realizações das obras. ■

solucionando problemas

controle tecnológico

Controle tecnológico na produção de trilhos de laje pré-fabricada

SANDRA MARIA DE LIMA - PROFESSORA
FRANCISVAL M. CAMPOS - GRADUANDO
INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO - IFMT

1. INTRODUÇÃO

A partir de relatos elaborados cientificamente por Amiliato e Lima (2010), que descreveram o processo produtivo de trilhos de concreto para laje pré-fabricada, de uma fábrica da cidade de Cuiabá, em Mato Grosso, este trabalho tem o objetivo de apresentar uma sugestão de projeto de controle tecnológico para a produção desses artefatos de cimento.

Andrade Filho, Silva e Oliveira Andrade (2010) comentam a importância dos pré-fabricados para as construções seriadas, devido à velocidade e racionalização que proporcionam nas obras; entretanto, evidenciam que o ponto de partida para qualquer fabricante de peças pré-fabricadas é o controle tecnológico. Esses autores também dão destaque à importância da escolha do cimento, em função da idade de desforma, às questões que envolvem a garantia da durabilidade das peças de concreto, dentre elas, o recobrimento da armadura, os procedimentos de cura e, por fim, o correto uso de aditivos.

Os elementos pré-fabricados podem favorecer a rapidez, a limpeza e facilitar o processo construtivo; entretanto, é preciso que tais produtos cheguem com qualidade assegurada até a obra.

Figueiredo Filho e Shiramizu (2011) num estudo sobre o diagnóstico das condições de

projeto e execução encontradas em edificações com lajes treliçadas apontaram as principais falhas no processo produtivo dos trilhos de lajes, tais como: a estocagem inadequada dos materiais, recobrimento insuficiente das armaduras por ausência de espaçadores, concretos com baixa resistência mecânica, lançamento e adensamento inadequados e procedimento de cura inexistente. Essas observações foram feitas com base em visitas em fábricas no interior de São Paulo.

Será apresentado, resumidamente, a seguir o diagnóstico sobre o processo produtivo dos trilhos de laje elaborado por Amiliato e Lima (2010) e serão comentadas as possíveis causas das falhas observadas no processo, bem como serão sugeridas medidas para implantação de um programa de controle tecnológico que favorecerá a produção com maior confiabilidade e qualidade.

2. DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS TRILHOS DE LAJE

O diagnóstico foi baseado em observações feitas a partir de uma campanha realizada durante 10 dias, aleatoriamente distribuídos em um período de 40 dias, entre os meses de março e abril do ano de 2010, numa fábrica de trilhos, líder de mercado, na cidade de Cuiabá, em Mato Grosso. Coletaram-se

Figura 1 – Produção de trilhos para laje pré-fabricada



Agregado graúdo (brita)



Agregado miúdo (areia)



Betoneira capac. 480 l



Moldes de aço



amostras de todos os materiais envolvidos na fabricação de trilhos de concreto para lajes pré-fabricadas. O intuito desta campanha foi o de verificar a variabilidade dos insumos utilizados, por meio de ensaios normalizados.

Durante a campanha, também foi verificado e registrado o *modo de operação*, por meio da observação de ciclos completos da produção dos artefatos. A figura 1 apresenta detalhes da produção e dos materiais empregados na fabricação.

A fabricação dos trilhos é feita com um efetivo de quatro funcionários, sendo um encarregado, um operador de betoneira e dois ajudantes. Esses últimos são responsáveis pelo lançamento do concreto, limpeza das fôrmas, pela desmoldagem dos trilhos e estocagem. Nenhum dos envolvidos na produção tem especialização ou formação técnica. Há a informação de que os funcionários, ao serem contratados, recebem um treinamento do diretor da empresa acerca dos procedimentos de produção

Antes de iniciar a produção, é efetuada a limpeza da bancada onde estão dispostos os moldes com o uso de um vassourão para remover o excesso de resíduos da produção anterior. Em seguida, lubrificam-se as fôrmas, utilizando uma mistura de óleo diesel com óleo queimado proveniente de

veículos automotores com o auxílio de uma broxa e balde plástico.

O concreto é dosado com a utilização de baldes plástico, sendo que todos os constituintes são medidos em volume. A água é acrescentada visualmente até que se atinja a consistência desejada. A sequência de colocação dos materiais na betoneira é a seguinte:

- 100 % do agregado graúdo;
- 50 % da água de amassamento;
- 100 % do cimento;
- 50 % da água de amassamento;
- 100 % do agregado miúdo.

Antes do lançamento do concreto, faz-se o teste do abatimento do tronco de cone, como ilustrado na figura 2.

O concreto é lançado e adensado nos moldes e a sua desmoldagem se dá à idade de 24 horas. Os trilhos seguem para a área de estocagem não havendo nenhum procedimento de cura.

Com a aferição das quantidades dos constituintes da dosagem, obtiveram os dados apresentados na tabela 2.

A dimensão máxima dos agregados miúdos e dos graúdos utilizados era de 2,4 mm e 19 mm, respectivamente.

Utilizaram-se cimento do tipo CP II 32 Z e CP II 32 F.

Tabela 1 – Apresenta os resultados do ensaio de abatimento do tronco de cone para os concretos da campanha

| Campanha | Abatimento (cm) |
|------------|-----------------|
| 01/03/2010 | 32 |
| 09/03/2010 | 30 |
| 15/03/2010 | 32 |
| 18/03/2010 | 31,5 |
| 23/03/2010 | 32,5 |
| 26/03/2010 | 31 |
| 29/03/2010 | 31 |
| 09/04/2010 | 31,5 |
| 16/04/2010 | 32 |
| 19/04/2010 | 31,5 |

Os ensaios de resistência à compressão simples à idade de 28 dias estão apresentados na tabela 3.

Os resultados apresentados nas tabelas 2 e 3 mostram que houve variações no traço durante a produção. Essas variações são mais frequentes no fator a/agl e no teor de argamassa. A massa total de agregados em relação ao aglomerante permanece praticamente constante, em torno de 4. Observa-se também grande variação do teor de umidade dos agregados miúdos.

Comparando os fatores a/agl com os dados de resistência à compressão, observa-se

que o melhor resultado de resistência mecânica ocorreu para o concreto dosado no dia 09/04/2010. Uma vez que o abatimento desse concreto manteve-se igual aos dos demais, pôde-se concluir que foi utilizado um aditivo plastificante, muito embora esse fato não tenha sido registrado.

Mesmo para os concretos que apresentaram resistência à compressão acima de 20 MPa, o elevado coeficiente de variação fez com que o valor característico ficasse abaixo do recomendado por norma ($f_{ck_{28}} = 22$ MPa).

Há que se ressaltar que o consumo de cimento dos traços utilizados está em torno de 360 kg de cimento por m^3 de concreto produzido, levando a um índice de 30 kg de cimento para atingir 1 MPa de resistência. A boa prática pode atingir índices de 12 kg de cimento sem a utilização de adições minerais e de até 9 kg quando da opção em utilizá-las.

Fica evidente a urgência em se implantar um programa de controle de qualidade nesse processo.

3. PROJETANDO O CONTROLE TECNOLÓGICO

Em relação ao processo de fabricação dos trilhos de laje pré-fabricada, com vistas a aprimorar o produto final, sugere-se que sejam tomadas as seguintes medidas:

Tabela 2 – Informações aferidas acerca dos agregados e dos traços unitários para confecção dos trilhos de laje

| Data | Massa específica (g/cm^3) | Fator água/cimento | Traço (l:a:p:a/agl) | Umidade da areia (%) |
|------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 01/03/2010 | 2,64 | 0,71 | 1:1,81:2,6:0,714 | 4,41 |
| 09/03/2010 | 2,63 | 0,67 | 1:1,81:2,6:0,669 | 2,10 |
| 15/03/2010 | 2,63 | *0,49 - 0,67 e 0,58 | 1:1,81:2,6:0,490 | 1,60 |
| 18/03/2010 | 2,63 | 0,70 | 1:2,0:2,4:0,698 | 2,10 |
| 23/03/2010 | 2,63 | 0,50 | 1:2,0:2,4:0,499 | 2,78 |
| 26/03/2010 | 2,63 | **0,54 e 0,42 | 1:2,0:2,4:0,536 | 4,34 |
| 29/03/2010 | 2,63 | 0,75 | 1:2,0:2,4:0,748 | 4,16 |
| 09/04/2010 | 2,63 | 0,48 | 1:2,0:2,4:0,482 | 2,10 |
| 16/04/2010 | 2,63 | 0,71 | 1:2,0:2,4:0,715 | 2,78 |
| 19/04/2010 | 2,65 | **0,68 e 0,56 | 1:2,0:2,4:0,682 | 1,41 |

* Nestas campanhas foram moldados 10 corpos-de-prova para cada fator a/c.

** Nestas campanhas foram moldados 15 corpos-de-prova para cada fator a/c.

Fonte: AMILIATO E LIMA (2010)

ação do sol fazendo com que os mesmos permaneçam, pelo menos, sete dias nessa condição; alternativamente, pode-se optar pela cura química.

d) Ensaios tecnológicos a serem realizados:

- d.1) Granulometria de agregados: sempre que houver mudança de fornecedor e no mínimo a cada lote de 80 m³; o ensaio também deverá ser realizado sempre que o técnico notar alteração na granulometria, textura, forma ou cor do material;
- d.2) Deverá ser feito um exame visual quanto à presença de material pulverulento e quanto à presença de matéria orgânica e, caso haja excesso das mesmas, deverá ser verificado tais teores por meio de ensaios de laboratório;
- d.3) Verificar o tipo de cimento para escolher o traço previamente definido para cada tipo de cimento;
- d.4) Determinação da umidade da areia pelo frasco de Chapman diariamente antes de iniciar as operações de dosagem; caso ocorram precipitações pluviométricas durante o dia, repetir o ensaio;
- d.5) Aferir a consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone;
- d.6) Moldar corpos de prova para proceder ao ensaio de resistência à compressão simples (ABNT NBR 5739: 1993) e ensaio de absorção de água por imersão (ABNT NBR 9778: 2005).

e) Outras recomendações:

- e.1) Utilizar espaçadores plásticos para garantir o recobrimento das armaduras;
- e.2) Estabelecer por meio de estudos estruturais a idade mínima na qual as peças acabadas poderão ser transportadas e montadas em obra sem causar danos estruturais; este estudo poderá exigir que

se adotem novos valores de resistência à compressão para as peças, o que implicará em novos estudos de dosagem;

- e.3) Ensaiar as peças acabadas e verificar se estão de acordo com os requisitos especificados pela ABNT NBR 14859-1: 2002 Laje pré-fabricada - Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais;
- e.4) Registrar todos os problemas decorrentes do processo de fabricação de maneira a alimentar o ciclo PDCA - (Planejar/Desenvolver/Controlar/Acompanhar) e promover o aprimoramento do processo de produção.

4. CONCLUSÃO

O sistema construtivo pré-fabricado é, sem dúvida, um grande trunfo da construção civil e, ao optar por essa alternativa, os construtores esperam reduzir desperdícios, tempo, mão de obra e garantir a qualidade final da edificação.

Este trabalho alerta para a necessidade de controle tecnológico do processo de fabricação dos elementos pré-fabricados e elucida que não é o anseio por economia de material que causa o desempenho inadequado desses elementos.

Nesse caso em específico, os materiais utilizados para a confecção dos trilhos são mais que suficientes para que os resultados fossem satisfatórios. Entretanto, a ausência de um técnico com habilidades obtidas cientificamente pode ser apontada como a maior falha no processo. O técnico habilitado teria a capacidade de aplicar corretamente os materiais, garantir a uniformidade desses materiais, padronizar o processo produtor dentro da boa prática e ainda controlar a fabricação, fazendo com que os produtos atinjam o desempenho esperado.

Referências Bibliográficas

- [01] ARMILIATO, A.; LIMA, S.M. DE. Controle tecnológico na fabricação de artefatos de cimento - trilhos de laje pré-moldada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 52., 2010, Fortaleza, CE. Anais... São Paulo: IBRACON, 2011.
- [02] ANDRADE FILHO, J.C.X. DE; SILVA, A.J. DA C. E; OLIVEIRA ANDRADE, T.W.C. DE. Pré-fabricados de concreto: cenário atual e necessidades especiais de produção e controle. *Concreto & Construções*, São Paulo, n.59, ano xxxviii, p. 65 - 69, jul - ago - set 2010,.
- [03] FIGUEIREDO FILHO, J.R.; SHIRAMIZU, A.K.H. Diagnóstico das condições de projeto e execução encontradas em edificações com lajes treliçadas. *Concreto & Construções*, São Paulo, n.62, ano xxxix, p. 55 - 60, abr - mai - jun 2011. ■

Como comprar blocos de concreto?

O uso de blocos de concreto na alvenaria estrutural está se disseminando com rapidez porque o sistema reduz o tempo de execução da obra, permite embutir a canalização sem quebras e diminui os desperdícios, entre outros benefícios. Ou seja, melhora a produtividade na construção. Mas os especialistas advertem para a necessidade da compra e o uso de materiais dentro das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para não comprometer o resultado final da obra,

Para o engenheiro Ricardo Moschetti, gerente regional da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), os fabricantes precisam controlar a matéria-prima, ter procedimentos de dosagem, moldagem e cura, dispor de equipamentos de boa performance e de uma equipe treinada. O consumidor, por sua vez, deve estar atento para comprar um produto de qualidade.

A produção de blocos normalizados é feita em equipamentos com grande capacidade de mistura e prensagem, proporcionando misturas mais homogêneas. Têm menor índice de vazio e menor custo de produção.

“O mercado ainda é abastecido por blocos de qualidade duvidosa, fruto de equipamentos rudimentares. Os produtos têm dimensões e características físicas e geométricas fora do padrão, o que os leva a ser mais baratos na aquisição. Porém, a obra sai mais cara porque esse material



Bloco de concreto certificado

de baixa qualidade aumenta o consumo de peças devido à quebra, de argamassa pela necessidade de regularização e de mão de obra para possíveis correções no assentamento”, explica Moschetti.

BLOCO DE CONCRETO

Recomenda-se adquirir blocos que cumpram as especificações das normas brasileiras e que componham um sistema construtivo racionalizado, proporcionando economia de argamassa de assentamento e de revestimento, maior rapidez de aplicação e melhor qualidade e garantia da obra.

NA HORA DA COMPRA

Selo de Qualidade - A presença do Selo de Qualidade, desenvolvido pela ABCP para assegurar o cumprimento dos procedimentos determinados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 6136 e 12118 -, atesta que os blocos de concreto foram fabricados em conformidade com as normas brasileiras. Para o consumidor, o

selo é uma garantia de produto de qualidade. O alerta também se estende ao lojista, pois o revendedor deve exigir que o fabricante cumpra as normas ou apresente o Selo de Qualidade em seus produtos.

Armazenamento - No ato da compra, é preciso informar o tipo de bloco solicitado (de vedação ou estrutural), bem como a quantidade exata e a programação de chegada. Depois do recebimento do material, deve-se armazenar as peças em local adequado, separando-as por tipo, dimensão e resistência. Isso facilita o manuseio e controle de qualidade, evitando quebras.

Peso - A variação de peso entre blocos do mesmo lote deve ser mínima - de modo a não haver variação de resistência. Peças leves representam porosidade e absorção de água superior.

Dimensão exata - O bloco deve ter ângulos retos exatos. Meça as diagonais: elas devem ter a mesma medida.

Cor homogênea - Lotes de blocos com cor homogênea indicam um controle ideal no processo de fabricação e cura. Se blocos do mesmo lote apresentarem variação nas tonalidades de cinza, é possível que isso indique problemas na compactação do concreto ou na densidade do concreto, o que afeta a resistência das peças.

Famílias de blocos (legos) - Há duas famílias de blocos, ambas com 19 cm de altura, mas que diferem no comprimento (29 cm e 39 cm). A família de 39 cm tem variações na largura (9, 14 cm e 19 cm), enquanto a de 29 cm possui apenas o bloco de 14 cm de largura. Estas são as medidas estabelecidas. Não compre peças com metragem diferente.

Superfície uniforme e cantos vivos - Arestas irregulares indicam problemas no processo de compactação do concreto. Blocos com cantos quebrados indicam baixa resistência. Além disso, quanto

mais perfeito e homogêneo o bloco, maior a economia com revestimentos de argamassa.

Porosidade - Blocos porosos, com resistência inferior, tendem a quebrar facilmente. Para evitar prejuízos, faça testes derramando um pouco de água sobre o bloco. Se a água for absorvida com facilidade, ele tem baixa resistência e proporções incorretas dos componentes do concreto. Outro teste é mergulhar a peça na água: se surgirem muitas bolhas, falta qualidade.

Blocos vazados - Não comprar blocos que tenham o fundo fechado (com exceção das canaletas). Blocos de concreto normalizados sempre são vazados e a argamassa aplicada apenas sobre as paredes dos blocos.

Ouçã o bloco - Bata levemente um bloco no outro. O som de peças bem compactadas é mais estridente, enquanto os mais porosos produzem sons mais suaves.

TRANSPORTE

Peça ao lojista para entregar o material paletizado, devidamente protegido com filme plástico "stretch" e identificado, o que permitirá o rastreamento do lote. A rastreabilidade é uma exigência do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

Preço - Faça uma pesquisa de mercado. Desconfie de preços abaixo da média regional. ■



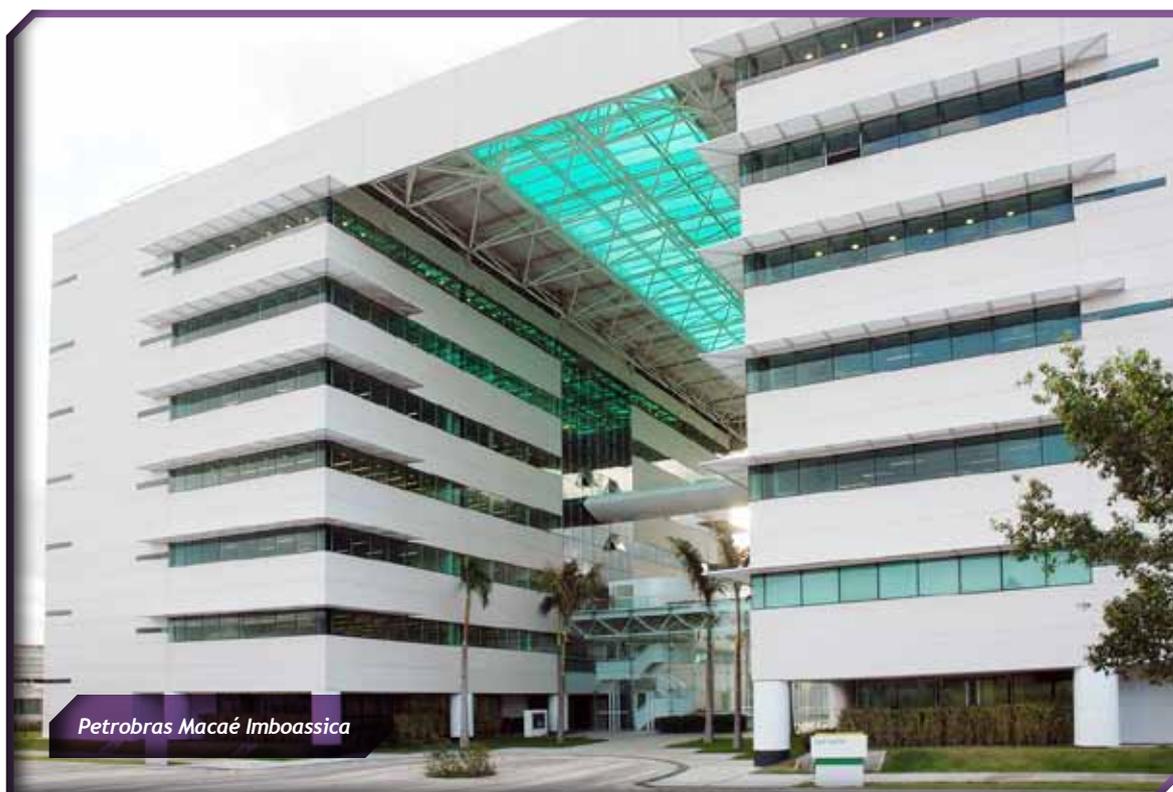
Bloco de concreto de baixa resistência

O concreto na industrialização da construção

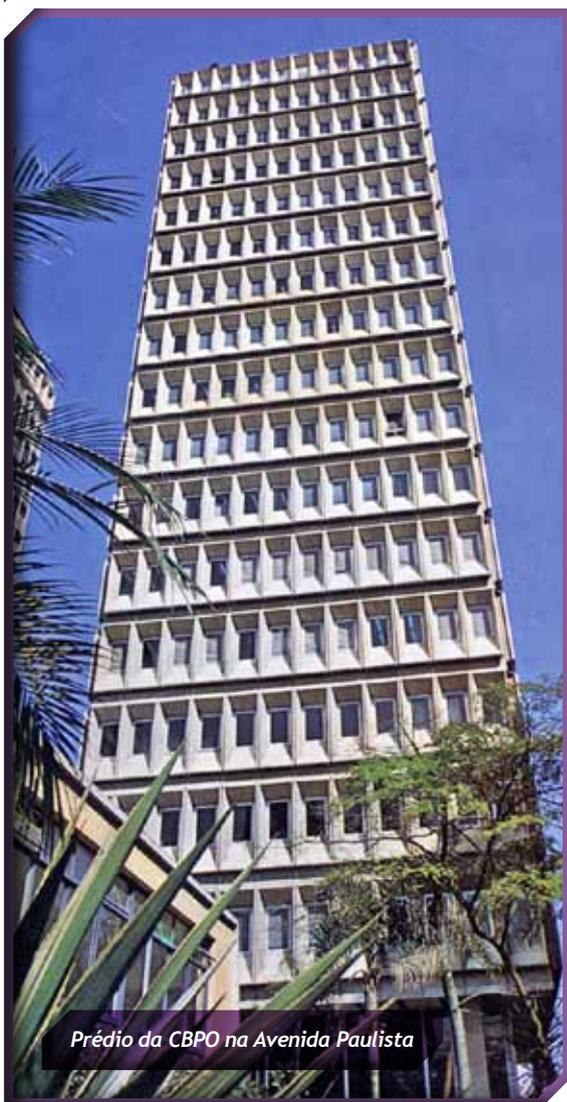
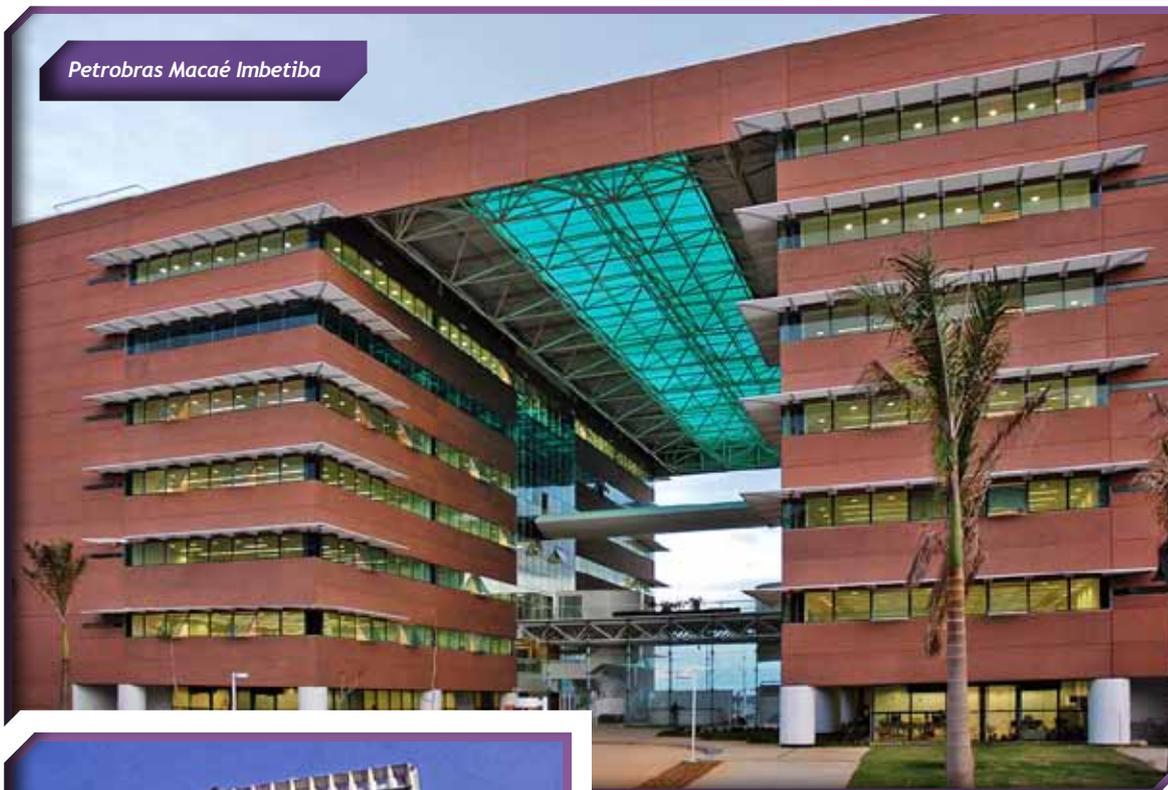
SIDONIO PORTO - ARQUITETO
SIDONIO PORTO ARQUITETOS ASSOCIADOS

Ao longo de nossa vida profissional, enfatizamos sempre a importância da industrialização dos processos construtivos. De modo geral, sua utilização se justifica plenamente quando se tem um grande volume de construção e repetições de elementos construtivos: é o caso de grandes conjuntos habitacionais, de prédios industriais, de escritórios, etc.

No caso do concreto, sua premoldagem pode ser feita na obra ou na usina, que, por sua vez, deve estar a uma distância conveniente em razão do custo de transporte. A grande vantagem de sua utilização é a economia de fôrmas pelo seu reuso e a qualidade decorrente da repetição de peças idênticas, o atendimento às exigências de controle de qualidade, segurança e mão de obra qualificada, cuidados normais no



Petrobras Macaé Imbetiba



Prédio da CBPO na Avenida Paulista

ambiente industrial e que propiciam economia e melhoria do produto final.

Temos ainda a vantagem da transformação natural do canteiro de obras em uma área de montagem com todas as vantagens decorrentes. Todo o processo pode resultar ao final em economia e qualidade. Um exemplo seria o dos edifícios administrativos da Petrobras em Macaé, onde todas as estruturas e vedações laterais em painéis são prefabricadas em concreto. Posso citar ainda uma experiência pioneira na av. Paulista na década de 60 com a sede da CBPO, onde as fachadas foram executadas em concreto prefabricado. O desenho dos módulos de concreto visou reduzir a área de vidro e a incidência de sol no interior do prédio. A face interna dos módulos, em placas de gesso, ajuda na isolação térmica e acústica.

A opção entre uma estrutura em concreto ou aço depende de cada caso. As decisões de projeto são condicionadas às circunstâncias, como o lugar onde vai ser executado, a finalidade da obra, a adequação das soluções, prazos, custo, proximidade das fontes produtivas, etc.

De uma maneira geral, prefiro soluções que busquem o melhor proveito das carac-

Fábrica da Ipel, em Cajamar



terísticas naturais de cada material e, por isso, adotamos frequentemente soluções mistas. Simplificando, eu diria que o aço é o ideal para os grandes vãos, para coberturas e vedações leves e o concreto para quando se tem grande concentração de cargas, com a possibilidade de vãos um pouco menores, além de sua grande resistência ao tempo. Assim, em tese, ambos os sistemas são ade-

quados para a execução de vigas, pilares, vedações, lajes e painéis prefabricados.

Atualmente, estamos desenvolvendo um projeto com soluções mistas. Assim, o galpão industrial tem vigas, pilares e painéis de vedação em concreto e a cobertura em estrutura e telhas metálicas. Buscamos atender a necessidade de rapidez de execução, durabilidade e estética para valo-

Fábrica da Flextronics, em Sorocaba



rização da imagem da empresa, além de custos adequados.

A industrialização da construção, fundamental para os dias de hoje, requer alto nível de detalhamento. Indiferentemente se falarmos de aço ou concreto, não pode haver improvisação. Em ambos os casos, é fundamental a compatibilização dos projetos de arquitetura e estrutura, além dos demais projetos complementares.

O projeto deve ser feito com amplo conhecimento do sistema construtivo escolhido. No caso do concreto premoldado, temos a característica de um jogo de armar, onde as peças devem se encaixar

muito propício para o desenvolvimento de soluções com novos sistemas construtivos leves, através de painéis para estrutura e vedações com premoldados, eventualmente no próprio canteiro, desde que haja espaço, minimizando os problemas logísticos.

Novos produtos seriam bem-vindos, sobretudo no momento atual, visando atender os grandes programas habitacionais, sistemas de premoldados leves para construções pequenas e repetidas e que levem em consideração nosso clima e com custos adequados.

Temos hoje vários projetos inspiradores. Na obra do Lelé, podemos identificar algumas soluções adequadas e criativas



perfeitamente. Temos em consequência, que estabelecer uma modulação, definição de eixos, padronização e repetição de elementos construtivos e soluções arquitetônicas, etc, visando transformar o canteiro de obras em uma área de montagem.

O concreto moldado “in loco”, por sua vez, possibilita maior liberdade de formas e eventuais improvisações.

Quanto às opções de sistemas de premoldados oferecidas hoje, penso que o mercado ainda está muito focado no básico, na estrutura com pilares, lajes e painéis de vedação. Penso que o momento é

que poderiam ser reproduzidas em série. Por outro lado, alguns projetos de nosso escritório apresentam o uso de prefabricado convencional combinado com coberturas metálicas, como na fábrica da Ipel, em Cajamar, a fábrica da Flextronics, em Sorocaba, além de outras em premoldados “in loco”, como a da Unilever, em Igarassu, com uma estrutura leve de concreto para vãos pequenos e vedações com elementos vazados, também em concreto, para ventilação cruzada e iluminação natural, apresentando no final um ganho em termos de arquitetura e estética. ■

Viabilidades técnica e econômica dos recifes artificiais de concreto pré-moldado

FELIPE ALMEIDA FONTANA - ESTUDANTE
VINÍCIUS ANNONI MARTINS - ESTUDANTE
LUIZ FELIPE MIRANDA DAS NEVES - ESTUDANTE
UTFPR

MARCOS GÂNDOR PORTO LIMA - OCEANÓGRAFO E DOUTORANDO EM GEOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR

ANDRÉ NAGALLI - PROFESSOR-ADJUNTO
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA UTFPR

1. INTRODUÇÃO

As ocupações humanas ocorrentes nas faixas litorâneas, por vezes, conflitam com o ambiente natural, em situações de ressacas, por exemplo, causando diversos prejuízos.

Nestes casos, as soluções mais usuais funcionam como mitigadoras dos efeitos da erosão e não atacam sua causa. Como exemplos, citam-se: enrocamentos, quebra-mares e muros de contenções. Estes projetos normalmente necessitam de manutenções periódicas (LIMA, 2008). Uma maneira alternativa de controlar a erosão é a utilização de estruturas modulares no assoalho marítimo, conhecidas como recifes (ou arrecifes) artificiais.

No litoral paranaense, a Praia Brava de Caiobá, situada no município de Matinhos, é uma das mais freqüentadas por veranistas e uma das que mais sofre com os processos erosivos. Voltada para leste,

em mar aberto, foi escolhida como área de estudo por apresentar amplo histórico dessas ocorrências, com prejuízo materiais recentes. Além da destruição do calçadão, em 2010, a maré alta chegou a derrubar postes e fez com que o alojamento dos bombeiros e heliporto, utilizados durante a temporada de verão, tivessem de ser demolidos.

Considerando que os recifes artificiais podem trazer benefícios, como o aumento e conservação da biodiversidade marinha, o aumento da biomassa pesqueira, o turismo ecológico e paisagismo submarino, além do controle da pesca predatória, este estudo busca avaliar a viabilidade técnica e econômica de utilização de estrutura em concreto pré-moldado para confecção de recife artificial como dispositivo de redução do processo erosivo e melhoria da surfabilidade da Praia Brava de Matinhos, no Paraná.

Figura 1 – Blocos tipo Rebimar | Fonte: Rebimar (2011)



2. MATERIAIS E MÉTODOS

A viabilidade técnica e econômica foi investigada para um recife artificial teórico, um Recife Artificial Multifuncional (RAM), cuja forma e posição foram definidas na praia de Matinhos por Lima (2008), através de simulações hidrodinâmicas computacionais. Para o preenchimento deste “volume” que compõe o recife teórico, propôs-se o uso de peças pré-moldadas em concreto, cuja forma foi proposta por Rebimar (2011). Blocos deste tipo buscam o aumento da biodiversidade para fins pesqueiros, ou seja, o dimensionamento das peças e o material utilizado para os recifes foram estudados para que a fauna marinha reproduza e se alimente dos depósitos orgânicos que se formam nos recifes artificiais. Sua aplicação tem se dado com sucesso (REBIMAR, 2011), com blocos de 40x40x80cm, conforme Figura 1.

Como a localização do RAM, definido por Lima, está referenciada atrás da Zona de Arrebentação, ou seja, região onde o transporte de sedimentos é reduzido, sua função estrutural não se aplica. Assim, será utilizado um modelo de bloco de concreto não armado para atingir o volume total do RAM.

2.1 VIABILIDADE TÉCNICA

O modelo de recife proposto por Lima (2008) para Matinhos compreende a combinação dos componentes de fundo: rampa, foco e cunha. Este assume forma tronco-piramidal (Figura 2), com comprimento de 100m, largura de 80m e uma altura média

de 2,5m. Os formatos variam conforme a batimetria do local: se mais profunda (4 a 6m), com inclinação alta (maior que 30°), sua classificação geométrica é de uma rampa; se a batimetria for mais rasa (1 a 3 m), com inclinação leve (menor que 15°), o formato é de borda.

Brumber (MarBrasil, 2011) informa que sua experiência no uso de blocos tipo Rebimar revela que, devido ao formato cúbico dos blocos e à disposição irregular dos módulos ao serem lançados, seu volume de ocupação real (25% a mais) pode chegar a 0,16 m³ por peça. Complementa que o formato que cada grupo de recife deve assumir é o piramidal e sua altura deve ser de 1 a 1,5m, com inclinação média de 30 graus até o pico, o que auxilia no encrustamento de material orgânico.

Para atingir o volume do RAM aplicado à encosta de Matinhos/PR, de aproximadamente 20.000 m³, requerer-se-ão 125.000 peças com o volume de ocupação 0,16 m³/cada. As principais restrições para o tamanho das peças se dão pela interação da logística de lançamento e pela produção das peças. Quanto aos fatores que resultam nas melhorias de biodiversidade, estes devem ser analisados experimentalmente após sua aplicação. Dessa forma, propõe-se o aumento dos módulos para aproveitar melhor a disposição e para reduzir o gasto de concreto e de logística. Assim, o módulo proposto possui as dimensões 1,0 x 1,0 x 1,5 m, resultando em 10.750 peças.

Figura 2 – Croqui esquemático do recife proposto

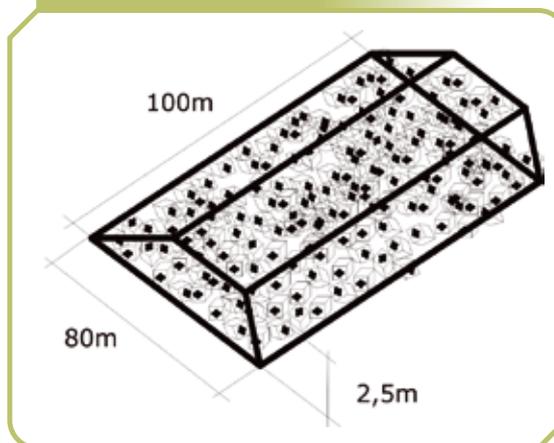


Tabela 1 – Composição do concreto dos módulos

| Materiais | Traço | Consumo (kg/m³) |
|---|--------------------------------|-----------------------------|
| Cimento CP IV RS Votoran | 1,00 | 385 |
| Areia Natural (média) | 2,00 | 775 |
| Pedrisco | 0,98 | 380 |
| Brita I | 1,48 | 570 |
| Água | 0,46 | 195 |
| Silica Ativa MC Bauchemie CentrilitFumeS | 8% (sobre o peso do cimento) | 34kg pó + 34kg liq.=68kg/m³ |
| Aditivo Superplastificante MC-PowerflowI290 | 1,5% (sobre o peso do cimento) | 5,790kg/m³ |

Para o dimensionamento do canteiro de obra e plano logístico, definiu-se um prazo de 130 dias para execução da obra, tanto para a execução com peças pré-moldadas quanto para a execução com a técnica de sacos preenchidos por areia. Escolheu-se área hipotética para implantação de suposto canteiro, com 19 metros de fachada e 36m de comprimento (684m²), e os respectivos custos de aluguel.

O plano logístico para o lançamento das peças será feito por viagens com balsas de serviço tipo Bertolini, que tem uma área útil para o carregamento dos módulos de 1520m² (20x76m) e carga de transporte de 1.486 t. Essa área permite que as 10.750 unidades dos blocos, resultando 1092 t, sejam lançadas em 12 viagens, distribuídas em 12 nichos de 24 m², onde a modulação dos blocos é de 6 x 3 x 4 blocos.

O transporte interno das peças até a balsa é feito por retroescavadeira, que acompanha a viagem para o lançamento em alto mar. Estima-se que o período para embarque das peças até o lançamento seja de 2 dias. Cada viagem será realizada, considerando o ciclo de produção e de lançamento, em 11 dias úteis.

Portanto, para produzir 864 peças em 10 dias, e considerando que 2 desses dias serão para carga e 1 dia para lançamento

dos módulos, o canteiro deverá produzir uma média de 108 blocos de concreto.

No que concerne aos materiais que compõem o bloco, estes são supostamente confeccionados com cimento Portland resistente a sulfatos (CP IV RS), areia natural, pedra brita, pedrisco, aditivo superplastificante e sílica ativa. Assim, o bloco pesaria aproximadamente 1406 kg, possuindo uma cavidade central perfurada que ocupa cerca de 60% de seu volume total. Assim para produzir um módulo (bloco) é necessário 0,6m³ de concreto.

Admitindo-se a classe de agressividade, que segundo a ABNT NBR 6118:2007 para o meio submerso, é “fraca”, exigindo para a mesma o uso de um concreto com no mínimo 20MPa de resistência característica à compressão (fck), ficou definido que o concreto para produção dos blocos deveria possuir fck de 25 MPa e abatimento (*slump test*) de 200±10mm. Para fins de orçamento, foi simulado um traço de concreto com materiais disponíveis na região com as características apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Para confecção das peças, são utilizadas fôrmas metálicas para molde das dimensões do bloco e polietileno expandido (isopor) para o nicho central.

Para o processo de concretagem, tendo em vista o reuso das fôrmas e a facilidade de desmolde, prioriza-se o uso de fôrmas metá-

Tabela 2 – Traço em volume do concreto dos módulos

| Cimento (saca 50kg) | Areia (L) | Pedrisco (L) | Brita (L) | Água (L) | Fator a/c |
|---------------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| 50 | 66 | 37 | 56 | 23 | 0,46 |

licas. Assim, para que a demanda seja atendida, um jogo de 108 fôrmas, nas dimensões de 1x1x1,5m, deve fazer parte do canteiro. A área disposta para estocagem desse jogo é de 190m². O concreto deverá ser usinado, com fornecimento atendendo às especificações. Considerando que cada caminhão betoneira possui 8m³ e para cada fôrma metálica tem-se um volume de preenchimento de 0,6m³, o processo demanda uma quantidade diária de concreto de 65m³, ou seja, 8 viagens de caminhões betoneiras. As viagens deverão ser distribuídas em 8 horas diárias de trabalho, tendo a média de 1 hora de concretagem para cada caminhão.

As características técnicas dos materiais foram confrontadas com os estudos realizados por Portella et al. (2011), quanto ao desempenho do concreto para a construção de recifes artificiais marinhos instalados no litoral paranaense.

A desforma do grupo de 108 blocos deve durar 1 dia; uma retroescavadeira estará disponível para o auxílio ao desmolde. Após a desforma, os blocos deverão ser alocados na área de estoque em pilhas de até 4 blocos, sempre deixando as armaduras (caranguejos) livres para que, com cordoalhas de aço, a retroescavadeira possa carregá-los nas carretas. Ao término do oitavo dia, as 864 peças deverão ser carregadas em dois caminhões *trucks*, que possuem capacidade de carga de 28 t cada. Assim, para cada viagem de carreta, 28 peças serão embarcadas, sendo o total de 30 viagens necessárias.

A descarga em alto mar deve ser feita de modo que cada nicho seja empurrado em pontos fixos; a decantação dos blocos de cada nicho deve assumir uma altura teórica de 2,5m. A descarga deve ser acompanhada de um trator esteira sobre piso madeirado, que auxilia na mobilização do maquinário pesado. Após o lançamento de cada um dos blocos, estes são presos a bóias de modo a facilitar sua deposição junto ao recife.

2.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para se analisar a viabilidade de um empreendimento, um dos fatores que pesa

muito na tomada de decisão, entre as diversas alternativas, é o econômico. Desta forma, foram elaboradas duas estimativas de preços: uma para o método executivo com sacas preenchidas por areia e outra para o método com módulos pré-moldados. Nestas estimativas de preços são avaliados todos os custos necessários para a construção dos recifes artificiais, desconsiderando os impostos, seguros, custos ligados a licenças ambientais e outras taxas necessárias para a execução de uma obra.

O primeiro passo é a análise dos custos diretos (CD) dos serviços, através da elaboração das composições de preços unitários (CPUs). Depois serão calculados os custos indiretos (CI) necessários para a realização dos métodos executivos de recifes artificiais com sacas de areia e módulos pré-moldados. Com os custos diretos e indiretos determinados, será possível calcular o BDI (Bonificação por Despesas Indiretas) e, logo após, será calculado o preço de venda (PV) dos serviços através das seguinte fórmulas:

$$PV = CD / (1 - (AC + IMP + L + I)) \quad (1)$$

$$BDI = PV / CD \quad (2)$$

Os índices de AC (administração central), IMP (imprevistos), L (lucro) e I (impostos) devem ser incluídos em porcentagem (%). Após os cálculos dos preços de vendas, é possível analisar qual das alternativas é viável economicamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE EXECUTIVA DOS PROCESSOS E DE MATERIAIS

Ao analisar as duas soluções construtivas para o RAM, pode-se listar as vantagens e desvantagens da utilização do método proposto em concreto pré-moldado em relação à solução atualmente utilizada (sacas de areia). Dentre as vantagens, depreende-se que o histograma de equipamentos é mais

enxuto (Figura 3). Visto que a solução de sacas de areia demanda uma maior quantidade de equipamentos, entre eles guindastes, balsas de transporte, dragas com capacidade de 100m³/h, uma escavadeira de capacidade nominal de 20 t e caminhões basculantes (no caso de areia comercial), é de melhor aplicação a solução proposta, sendo que os equipamentos utilizados serão somente uma balsa de carga, uma retroescavadeira e um trator de esteira.

Outro aspecto vantajoso é que o histograma de mão de obra é também mais

enxuto (Figura 4). Para a execução das sacas, serão necessários 30 serventes, 14 pedreiros e 1 operador de escavadeira hidráulica. Já, para a solução proposta, a quantidade de mão de obra é inferior, sendo 17 serventes, 8 carpinteiros, 8 pedreiros, 2 armadores. Também não haverá a necessidade de trabalho submerso, ao contrário da solução dos ensacados, na qual se dispunha de uma equipe de mergulho composta por 3 mergulhadores e um barco de apoio para fixação dos contra-pesos e instalação dos bocais das

Figura 3 – Comparativo do histograma de equipamentos

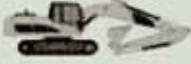
| EQUIPAMENTOS | FOTO | SACAS DE AREIA | BLOCOS REBIMAR |
|--------------------------|---|----------------|----------------|
| Guindaste 30t |  | 2 | - |
| Escavadeira 320D 2lt |  | 2 | - |
| Balsa BERTOLINI 1486t |  | 1 | 1 |
| Retroescavadeira 922 |  | - | 2 |
| Manipulador Telescópico |  | 1 | - |
| Pá Carregadeira de Rodas |  | 1 | - |
| Caminhão fora de estrada |  | 2 | - |
| Caminhão truck 28t |  | - | 2 |
| Draga Flutuante |  | 1 | - |
| TOTAL | | 10 | 5 |

Figura 4 – Quadro comparativo do histograma de mão de obra

| MÃO DE OBRA | SACAS DE AREIA | BLOCOS REBIMAR |
|----------------------|----------------|----------------|
| Pedreiro | 14 | 8 |
| Carpinteiro | - | 8 |
| Armador | - | 2 |
| Servente | 30 | 17 |
| Operador Escavadeira | 1 | 2 |
| Mergulhador | 3 | - |
| TOTAL | 48 | 37 |

dragas. Ao obter seus insumos junto a estabelecimentos comerciais existentes, a confecção de peças pré-moldadas de concreto evita impactos decorrentes de novas extrações pontuais junto a praias ou bancos de material, o que supostamente poderia repercutir negativamente.

Dentre as desvantagens existentes, a que atrela mais peso executivo ou trabalho agregado é a necessidade de 12 viagens de balsas a alto mar. Isto faz com que a solução fique dependente de um sistema de aprovação burocrático, regido pela LEI NORMAM 08 da Marinha do Brasil. O cronograma da solução proposta é mais extenso (130 dias trabalhados), em comparação à proposta de sacas de areia (105 dias trabalhados). Outro ponto é a possibilidade de erro na descarga das peças devido à complexidade do assentamento e a irregularidade do fundo, que geram dificuldades ao assumir a forma proposta por Lima (2008) do RAM.

Observa-se que o método alternativo para a fabricação de recifes artificiais em concreto possui uma composição adequada, tanto para a ancoragem e desenvolvimento de organismos subaquáticos marinhos quanto para o suporte dos esforços mecânicos solicitados. Ao analisar os resultados do estudo de Portella et al. (2001), é verificado que ao longo do período de envelhecimento natural, a estrutura desenvolve um aumento de resistência mecânica de cerca de 10%, sem apresentar danos ou defeitos superficiais visíveis.

Os sulfatos e outros produtos químicos presentes na água do mar atacam quimicamente as ligações carbonáticas do concreto, diminuindo sua resistência

e facilitando a ocorrência de fraturas nas estruturas. Os agregados e a microssilica utilizados na solução proposta proporcionam a obtenção de um concreto com porosidade muito baixa e com maior resistência aos ataques químicos da água marinha. O cimento Portland utilizado é produzido com calcário e pozolanas. A rocha calcária é composta principalmente de carbonato de cálcio, substância formadora de recifes de coral que não é nociva aos organismos incrustantes, se o seu pH for ajustado e adequado a níveis próximos de 8,5. Além disso, o cimento CP IV-RS usado nos módulos tem a capacidade de aumentar a durabilidade das estruturas, que estão sujeitas ao ataque de sulfatos, como a água do mar, proporcionando uma maior vida útil para a estrutura e dispensando gastos com manutenções a curto e médio prazos.

As grandes vantagens da utilização de peças de concreto pré-moldadas são: a produção em série que pode ser realizada, o reaproveitamento contínuo das fôrmas metálicas, o desenvolvimento de concretos de alto desempenho que proporcionam estruturas com alta durabilidade, a elaboração de projetos de fôrmas personalizados e a formação de estruturas muito semelhantes ao substrato rochoso natural, que são excelentes para a fixação e desenvolvimento de organismos marinhos.

3.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

As planilhas utilizadas na elaboração dos orçamentos, bem como os respectivos quantitativos de materiais, são apresenta-

dos de maneira detalhada em Fontana et al. (2011), o qual se recomenda a leitura. Após a análise dos custos envolvidos para a execução dos recifes artificiais nos dois métodos executivos discutidos no trabalho, têm-se os seguintes valores finais:

- a) Para os recifes artificiais com sacas de areia e utilização de areia proveniente do leito do oceano (opção 1), o preço final é de R\$ 3.989.872,84;
- b) Para os recifes artificiais com sacas de areia e utilização de areia comercial (opção 2), o preço final é de R\$ 5.201.570,23;
- c) Para os recifes artificiais utilizando módulos de concreto pré-moldados, o preço final é de R\$ 4.081.990,00.

Assim, caso o valor monetário fosse o único aspecto a ser adotado na escolha dos métodos executivos de recifes artificiais para a Praia Brava de Matinhos, a alternativa “a” seria a preferida.

4. CONCLUSÕES

A utilização de recifes artificiais em módulos de concreto pré-moldado se mostrou uma solução viável para resolver os problemas de erosão da Praia Brava de Matinhos. Comparada com a solução atual, na qual os recifes são projetados com

sacas de areia, a nova solução proposta é satisfatória, tanto economicamente quanto tecnicamente.

Analisando-se somente os valores finais, a escolha da alternativa ficaria entre a utilização de sacas de areia com areia dragada do leito do oceano e a utilização de recifes artificiais com módulos de concreto pré-moldado, já que os valores são muito parecidos.

Tecnicamente, a alternativa utilizando módulos de concreto pré-moldados proporciona uma solução com grande vida útil, que pode ser produzida em grande escala com fôrmas metálicas, usando-se um concreto com composição adequada para a confecção de estruturas muito semelhantes ao substrato rochoso natural. Outro ponto de suma importância para a escolha do método com elementos pré-moldados, é a possibilidade de moldar o concreto de modo a gerar estruturas com superfícies benéficas para o desenvolvimento de habitats biológicos, através do crescimento de organismos incrustantes. Portanto, a solução adotada, além de atender os fins propostos para a estrutura RAM, estaria em harmonia com o meio ambiente, favorecendo o crescimento da biodiversidade marinha.

Referências Bibliográficas

- [01] FONTANA FA, NEVES LFM, MARTINS VA. Utilização de recifes artificiais em concreto pré-moldado para contenção da arrebentação marítima no município de Matinhos/PR. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2011.108p.
- [02] LIMA MGP. Controle da erosão em praias arenosas pelo método de recifes submersos: Praia Brava de Matinhos - PR. Dissertação (Mestrado). Setor de Ciências da Terra, UFPR, Pontal do Paraná, 2008. 92 f
- [03] MARBRASIL. REBIMAR - Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha. Internet. Disponível em: < <http://marbrasil.org/home/detalhes/2435/Rebimar>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.
- [04] PORTELLA KF, NOGUEIRA JRG, KORMANN ACM, BARON O, CANTÃO MP, HENKE SL, JOUKOSKI A, KENNY ED, SILVA AS, CERON C. Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17 m. de profundidade na Costa do Estado do Paraná. In: 43º Congresso Brasileiro De Concreto. Foz do Iguaçu, 16 a 20 agosto 2001.
- [05] REBIMAR. Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha. Internet. Disponível em: < <http://marbrasil.org/home/detalhes/2435/Rebimar>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011. ■

mantenedor

Viapol oferece cursos em São Paulo



A Viapol, referência nacional no mercado de impermeabilizantes e no desenvolvimento de soluções químicas para o setor da construção civil, oferece cursos e palestras em seu Centro de Treinamento, na capital paulista, nos meses de fevereiro a julho.

Os interessados podem se inscrever gratuitamente pelo site da empresa (www.viapol.com.br).

Com vagas limitadas, os cursos serão realizados no Centro de Treinamento da Viapol, localizado à Avenida Thomás Edison, 463, no bairro Barra Funda, na capital paulista. O local, inaugurado no mês de junho do ano passado, foi totalmente preparado para realização de cursos dirigidos aos profissionais da construção civil, incluindo sala para 50 pessoas e campo de prova para a realização dos testes práticos.

“Todas as vagas são rapidamente preenchidas, pois a demanda por cursos e treinamentos no nosso setor é muito grande e os cursos de formação de mão de obra

ministrados pela empresa são muito procurados pelos profissionais do setor”, destaca Paulo Cesar, responsável pelos cursos FMO da Viapol.

FORMAÇÃO DE MÃO DE OBRA - QUÍMICOS

Datas disponíveis: 13 de março, 10 de abril e 18 de abril.

Objetivo: proporcionar conhecimento sobre os impermeabilizantes cimentícios, bem como recuperação das construções e orientar sobre a aplicação correta dos impermeabilizantes.

Público: aplicadores, pintores, pedreiros e profissionais que desejam aperfeiçoar as técnicas de aplicação.

Carga horária: 8 horas

FORMAÇÃO DE MÃO DE OBRA - MANTAS

Datas disponíveis: 17 de abril.

Objetivo: formar novos aplicadores, proporcionar aos profissionais da área da construção civil aprimoramento e

orientar sobre a aplicação correta das mantas asfálticas.

Público: aplicadores e profissionais que executam ou desejam iniciar serviços de aplicação de impermeabilização com mantas asfálticas.

Carga horária: 8 horas

PALESTRA TÉCNICA:
SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Datas disponíveis: 26 de abril e 31 de julho.

Objetivo: proporcionar aos profissionais da área da construção civil conhecimento dos sistemas de impermeabilização.

Público: engenheiros, arquitetos, tecnólogos e profissionais na área da construção civil com ênfase em impermeabilização.

Carga horária: 2 horas

Curso Técnico:
Sistemas de impermeabilização

Datas disponíveis: 22 de março e 31 de maio.

Objetivo: proporcionar aos profissionais da área da construção civil conhecimento dos sistemas de impermeabilização, buscando a aplicação correta, a otimização do desempenho do produto e consequente valorização no resultado final da obra.

Público: engenheiros, arquitetos, tecnólogos e profissionais na área da construção civil com ênfase em impermeabilização.

Carga horária: 5 horas

SERVIÇO

CENTRO DE TREINAMENTO VIAPOL

Localização: Av. Thomás Edison, 463 Barra Funda - São Paulo (SP)

Cursos de fevereiro a julho: Formação de Mão de Obra - Mantas; Formação de Mão de Obra - Químicos; curso técnico de Sistemas de Impermeabilização; e palestra técnica Sistemas de Impermeabilização.

Inscrições: www.viapol.com.br ■



Programa IBRACON de Qualificação e Certificação de Pessoal



Acreditado pelo INMETRO para certificar
mão de obra da construção civil



O IBRACON é Organismo Certificador de Pessoas, acreditado pelo INMETRO.

Como primeira etapa desta conquista, o Instituto vem certificando **auxiliares, laboratoristas, tecnologistas e inspetores** das empresas contratantes, construtoras, gerenciadoras e laboratórios de controle tecnológico.

O certificado atesta que o profissional domina os conhecimentos e as práticas requeridos na atividade de controle tecnológico do concreto, entre os quais as especificações e os procedimentos de ensaios prescritos nas normas técnicas.

É a **garantia da qualificação do pessoal** de sua empresa!

Inscrições abertas!

PARA MAIS INFORMAÇÕES

Acesse: www.ibracon.org.br | Ligue: 11-3735-0202 | Email: qualificacao@ibracon.org.br

concreto e arquitectura

Centro Cultural Oscar Niemeyer

HUGO CORRES PEIRETTI - INGENIERO
JOSÉ ROMO MARTÍN - INGENIERO
IGNACIO FERNÁNDEZ - INGENIERO
FERNANDO BRAVO NOTARIO - INGENIERO
EDUARDO ROMERO REY - INGENIERO
 FHECOR INGENIEROS CONSULTORES



Vista aérea del Centro Cultural Oscar Niemeyer

CRONOLOGÍA DEL CENTRO NIEMEYER

1989: NACE UN NUEVO AVILÉS

Este año Oscar Niemeyer recibe el premio Príncipe de Asturias de las Artes por su dilatada carrera como arquitecto. Premio que se suma a otros muchos como el prestigioso premio Pritzker, el óscar de la arquitectura que recibió dos años antes, y que ya le consagraron como uno de los mejores arquitectos del siglo XX y XXI.

En 2006 y con motivo del 25º Aniversario de los galardones, la Fundación Príncipe de Asturias se pone en contacto con los premiados para que se sumen a los actos. Es entonces cuando el genial arquitecto hace lo que mejor sabe y diseña un conjunto de edificios como ejemplo del mejor regalo que podía realizar.

Un año más tarde, en 2007, el proyecto denominado Centro Cultural Internacional Oscar Niemeyer se integra dentro de la Isla de la Innovación, un amplio proyecto que incluye la regeneración urbana en la mar-

Mural con la silueta de una mujer en los muros laterales del Auditorio, obra de Oscar Niemeyer



gen derecha de la ría de Avilés, que durante la industrialización de los años 50 y su posterior reconversión sufrió una importante degradación.

En 2008, la empresa adjudicataria de las obras, SEDES, pone la primera piedra convirtiendo así al Centro Cultural Oscar Niemeyer en la única obra del centenario arquitecto brasileño Oscar Niemeyer en España, y en la obra más importante de todas las que ha realizado en Europa, en palabras del propio arquitecto. El proyecto final consta de cinco edificios complementarios: el Auditorio, el Museo, la Torre-Mirador, y el Edificio Polivalente, unidos mediante una marquesina, y dispuestos sobre una gran plaza, *“una plaza abierta a todo el mundo, un lugar para la educación, la cultura y la paz”*, y bajo la cual se ubica el aparcamiento.

Tras tres años de trabajos, el 14 de marzo de 2011, se inaugura y se abre al público el Centro Oscar Niemeyer.

DATOS GENERALES DE LA OBRA

El emplazamiento del complejo se sitúa junto a la ría de Avilés sobre un relleno de aluviales de baja consistencia, con una capa superficial de relleno duro que fue retirado con retroexcavadora, y con un elevado nivel freático.

Con estas características y ante una posible existencia de bolsas de agua se planteó una cimentación profunda con pilotes prefabricados hincados de sección cuadrada con dimensión variable entre los 200mm. y los 400 mm. según la carga de proyecto, perforados hasta alcanzar el estrato rocoso resistente.

Todo el trabajo de hincado de pilotes se llevó a cabo en 3 meses. La dimensión media de los pilotes varía según la zona, con una longitud de entre 20 y 30 m. En total se hincaron 10.300 metros de pilotes prefabricados.

Sobre estos se dispuso un emparrillado de vigas de canto variable hasta 1.2 metros con forjado de losa maciza superior de 15 ó 20 cm., capaces de soportar no sólo las cargas de proyecto sino también las cargas transmitidas por las cimbras durante la ejecución de los distintos edificios.

El hormigón empleado en la construcción es HA-30 para todos los elementos interiores, y HA-40 para los elementos exteriores en contacto con los agentes meteorológicos y atmosféricos.

Como requisito arquitectónico se exigió que, debido a la monumentalidad del proyecto, la vida útil de los edificios debía ser de 100 años. Este aspecto, añadido al hecho de que el aire en la ubicación de la obra está cargado de importantes agentes agresivos, tanto por la salinidad del mar próximo, como por los agentes químicos de las fábricas cercanas, propició que se tuviesen que emplear sistemas pasivos de protección en el hormigón. Estos consistían en: el empleo de adiciones de humo de sílice activa, para aumentar la compacidad del hormigón y reducir la exudación



Auditorio del Centro Niemeyer

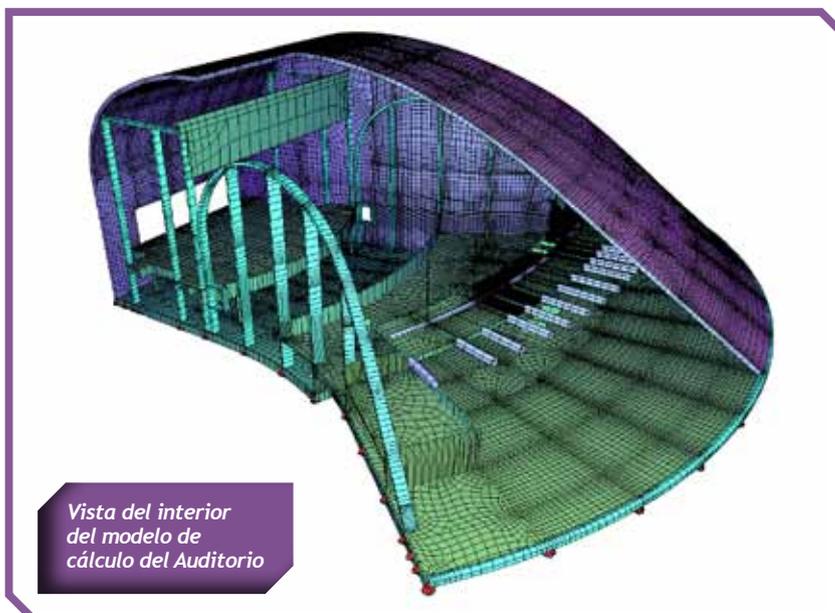
en el hormigón fresco, el empleo de fibras de polipropileno, para reducir la fisuración por contracción del hormigón, la limitación y el control durante el proyecto de la apertura de fisura y el empleo de pinturas exteriores.

Estas pinturas se han empleado en todos los paramentos exteriores de los edificios, no sólo para mejorar el aspecto

exterior del hormigón, sino también para mejorar el comportamiento contra agentes externos y reducir el recubrimiento necesario en los elementos de hormigón y así lograr estructuras más esbeltas. En total se han empleado 80.000 kg. de pintura transpirable, elástica e impermeable, capaces de soportar las deformaciones de la estructura.



Interior del Auditorio



Vista del interior del modelo de cálculo del Auditorio

para estas dimensiones con una relación canto-luz de 1/150, lo que sólo es posible gracias a que la concepción arquitectónica de Oscar Niemeyer integra la función estructural de la doble curvatura dentro del diseño.

Durante el cálculo se emplearon los programas más sofisticados disponibles en el mercado y los últimos conocimientos en el comportamiento reo-

AUDITORIO

El Auditorio es el edificio de mayor entidad de los construidos. Con una superficie construida de 7.700 m² está distribuido en dos plantas sobre rasante y una bajo rasante. Tiene una capacidad para 1.000 espectadores en una única platea sin hacer distinción de clases. Es lo que se llama socialismo arquitectónico y fue una exigencia de Niemeyer.

La cubierta de 5.500 m² que encierra el volumen principal del edificio de unos 58.500 m³, tiene forma de concha para favorecer la acústica del auditorio, y posee unas dimensiones transversales que varían entre los 30 y los 80 m. de ancho, una dimensión longitudinal máxima de 75 m. y una altura de hasta 26 m. Se trata de un reto estructural resuelto con una losa de hormigón armado de canto constante de 50 cm., canto muy estricto

lógico del hormigón, lo que permitió reducir la armadura necesaria disponible y por lo tanto los costes de construcción. Se analizaron y se comprobaron las situaciones últimas de proyecto así como las de servicio, cumpliendo con las estrictas indicaciones de las normativas en lo referente a las deformaciones de la estructura y la inevitable fisuración controlada de los paramentos de hormigón.

Su ejecución se realizó apoyada sobre cimbra hasta completar totalmente la cubierta, momento en el que comienza a resistir por forma. Para obtener una superficie exterior de hormigón visto, se dividió el trabajo de hormigonado de la cubierta en dos fases. En una primera etapa, se hormigonó la mayor parte de la losa hasta la capa superior de armadura, y en la segunda se ejecutó la capa de compresión superior conectada mediante pasadores a la primera fase. De esta



Distintas etapas de la ejecución de la cubierta del Auditorio



Muro telón en hormigón armado durante su ejecución

forma, y resuelto con un espesor de muro constante de 40 cm.

Se ejecutó una viga pared de unión entre ambos muros laterales para dar estabilidad al. Esta viga pared cumple además con otros requerimientos de proyecto como son: se emplea para dar soporte al telón-cortafuegos necesario entre el escenario y el patio de butacas, y permite el apoyo de la estructura metálica necesaria

manera se ejecutaba cuidadosamente el acabado mediante el fratasado manual sobre plataformas.

El proceso de descimbrado se ha estudiado detalladamente, ya que un descenso diferencial de las cimbras podría provocar el pandeo de sus elementos de soporte y de ahí el colapso de las mismas. Finalmente se realizó una comprobación topográfica de las deformaciones de la cubierta verificado con los modelos de cálculo. Este descenso de la cubierta no superó los 20 mm. tras el descimbrado completo.

Los muros laterales del Auditorio tienen una geometría curva en planta, si bien en alzado son verticales. Estructuralmente los muros tienen dos funciones: la primera, la de cerrar el edificio resuelta mediante muros de 25 cm. de espesor con contrafuertes para resistir las cargas de viento y llegar a los 20 m. de altura. Y la segunda, la de soportar el peso y los empujes de la cubierta, debido a la descompensación provocada por su propia

para el equipamiento escénico.

Durante su construcción los muros se erigían como grandes ménsulas ejecutadas con encofrados trepantes. Por ello fue necesario un estudio fase por fase estableciendo el arriostramiento, mediante grandes puntales, de la cabeza de los muros para soportar las cargas de viento actuantes, hasta que se ejecutó completamente la cubierta y los muros comenzaron a trabajar según el requerimiento final del proyecto.

En el interior del edificio, la estructura horizontal sobre rasante está formada por



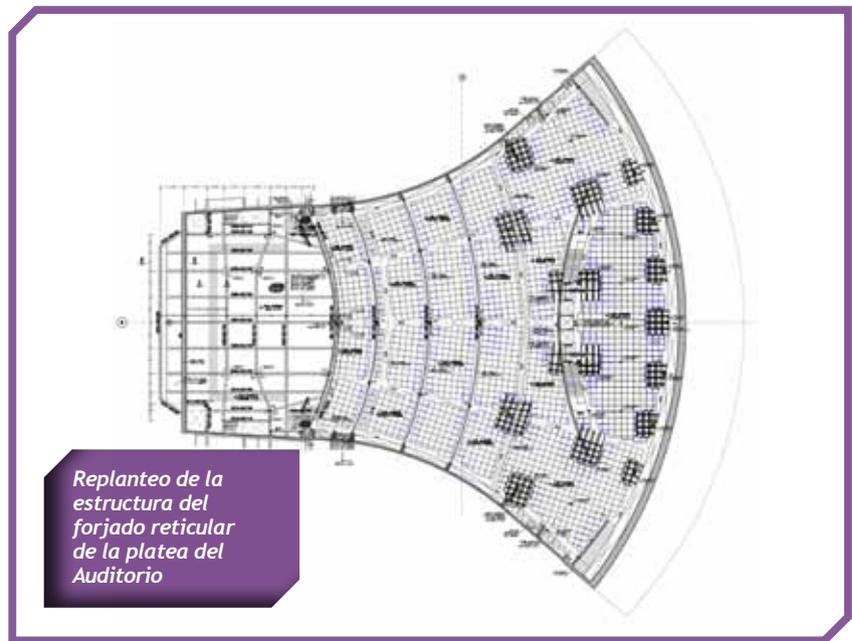
Ejecución de los muros laterales del Auditorio con arriostramientos temporales

la combinación de dos tipologías estructurales: el emparrillado de vigas con capa de compresión formada por una losa de pequeño espesor, y el forjado reticular.

El escenario, separado del patio de butacas mediante el telón de escena, es reversible, permitiendo, mediante gran puerta de 20m x 5m en la membrana de cubierta que permitirá realizar representaciones escénicas

hacia la plaza. La estructura del forjado se ha formado por un emparrillado de vigas de 0.25m. x 1.20m. aprovechando toda la altura disponible por arquitectura para dotar a las vigas de la inercia necesaria para salvar la luz entre los dos únicos pilares de soporte que es de 14m.

El forjado de las cabinas destinadas a las salas de proyección y sonido se compone de un emparrillado de vigas de canto estricto de 40 cm. con capa de compresión de 20 cm. Esta estructura se encuentra soportada por dos tipos de apoyos. Por un lado, colgada de la cubierta mediante



6 tirantes Dywidag MKY1050 de diámetro Ø36 en acero de alta resistencia, y por otra apoyada mediante 4 neoprenos zunchados sobre el muro curvo que delimita el patio de butacas. Para lograr una resistencia a fuego de los tirantes, antes descritos, se ejecuta un forro de lana vidrio de espesor suficiente para garantizar las condiciones impuestas por el Código Técnico de la Edificación.

En cuanto al patio de butacas y el Hall de entrada se han empleado forjados reticulares de casetón recuperable de diferentes cantos entre 20+10 y 40+10

con nervio de 16 cm. lo que permite salvar las luces entre pilares que pueden variar entre 6 y 12 m. y cumplir con los requerimientos de resistencia al fuego y acondicionamiento acústico exigidos por el proyecto y el Código Técnico de la Edificación.

El equipamiento escénico es una compleja estructura metálica que cuelga de la cubierta y que se apoya en los muros laterales del auditorio





Vista general de la estructura metálica sobre el escenario y detalle de una de sus conexiones



y en la viga de soporte del muro telón. Consta de seis galerías laterales alrededor del escenario, dos proscenios a ambos lados del telón del escenario para la iluminación y el peine, cuya función es la de dar soporte a los cables y la maquina-

ria necesaria para soportar los elementos de decorado. Su complejidad radica en la necesidad de permeabilizar la estructura y adaptarse a las necesidades del conjunto de poleas, cabestrantes, y tensores que soportan los escenarios.



Vista general de la estructura metálica sobre el escenario y detalle de una de sus conexiones





Cúpula del Museo

Sobre el patio de butacas también se ha proyectado un forjado metálico, que cuelga de la cubierta y que da soporte a las pasarelas técnicas necesarias para la iluminación del escenario y el falso techo acústico.

MUSEO

El Museo es otro de los edificios más característicos y emblemáticos del Centro Niemeyer, tanto por su arquitectura como por su estructura y ejecución de las obras.

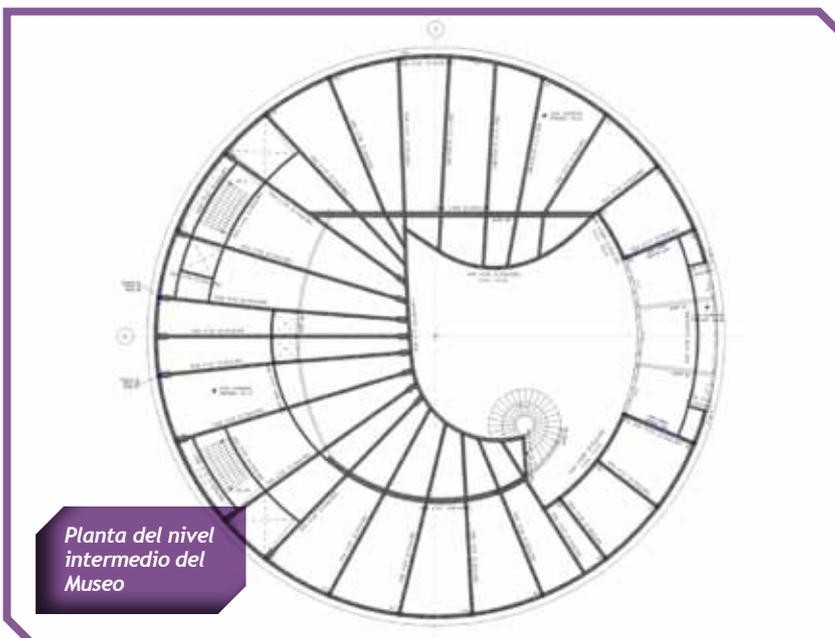
Se trata de un edificio cubierto con una cúpula semiesférica de 55 m. de

diámetro y 18 m. de altura máxima. Durante su construcción se empleó un sistema novedoso en este tipo de edificaciones, consistente en inflar y presurizar una lámina de PVC con malla de poliéster que hace de encofrado perdido. Posteriormente desde su interior se proyectó una capa de aislante térmico de poliuretano de alta densidad de 30 mm. y seguidamente se ejecuta un proceso

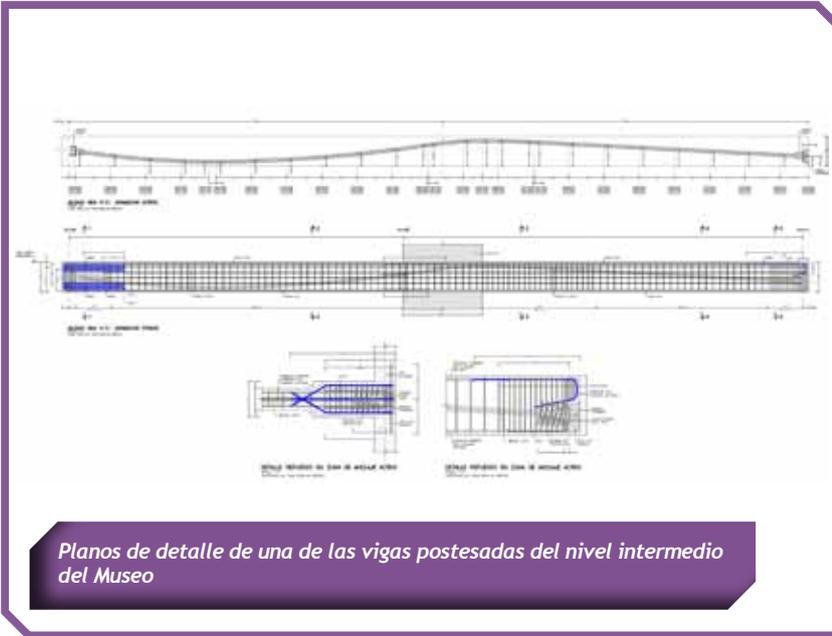
conjunto de colocación de armaduras y gunitado de hormigón en capas de 5 cm. hasta dotar a la estructura de un espesor variable de la lámina entre 40 cm. en la base y 15 cm. en la clave de la cúpula.

En el interior de la cúpula destaca un forjado a nivel intermedio, y la escalera de caracol que le da acceso. El entrepiso es un forjado de geometría circular dentro de la cúpula del Museo, con un gran hueco interior de manera que se genera un espacio abierto de grandes dimensiones.

Estructuralmente, este entrepiso se ha resuelto con un emparrillado de 27 vigas radiales y 3 vigas circunferenciales, soportadas por 20 pilares en el anillo circular exterior, y 5 pilares y 4 muros en la parte más interior. A pesar de las distintas configuraciones de las vigas, algunas biapoyadas con luces de hasta 13m y otras con voladizos descompensados de hasta 9.5m, se ha logrado que todas las vigas tengan una sección común de 0.30 m x 0.85m con un forjado de losa



Planta del nivel intermedio del Museo



Planos de detalle de una de las vigas postesadas del nivel intermedio del Museo

maciza superior de 15cm de espesor en hormigón armado. Todas estas vigas se han ejecutado en hormigón armado salvo aquellas que superan un voladizo de 9m que se postesaron con cables multitorón. En total fue necesario postesar 8 vigas ejecutadas con hormigón HA-40.

El acceso a este nivel intermedio se realiza por medio de una espectacular escalera de caracol, ejecutada enteramente



Escalera de caracol en el interior del Museo

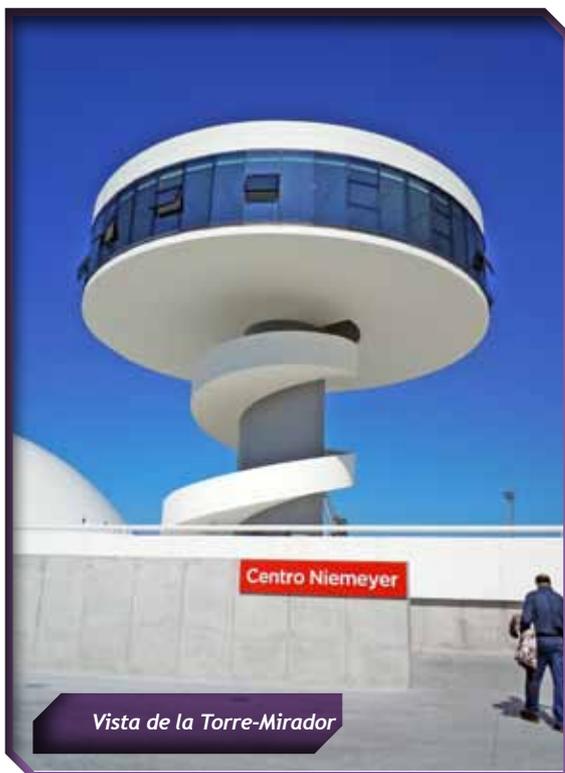
en hormigón con petos del mismo material que dan soporte a barandillas de vidrio laminar curvo. Es en estos detalles en los que se denota que con Niemeyer la forma arquitectónica y estructural van de la mano dotando al conjunto de una gran belleza. El cuidado trabajo tenido en cuenta durante su ejecución, empleando rastreles de madera como encofrado, ha permitido que el paramento inferior

de esta losa quede visto, siendo uno de los pocos elementos en hormigón en toda la obra que no ha sido pintado ni recubierto con material alguno.

TORRE-MIRADOR

La **Torre-Mirador** es un balcón hacia la Ría, que permite contemplar el magnífico entorno de obras arquitectónicas diseñado por Oscar Niemeyer. Mediante un fuste circular de 4.70 m. de diámetro de hormigón armado eleva, sobre la plaza central, sus dos plantas a 20 m. de altura. El nivel inferior, con una superficie construida de 400 m². y una geometría en planta circular, está destinado a un Restaurante-Coctelería y un aula de cocina. El nivel superior o cubierta, con las mismas dimensiones y geometría en planta, sólo es accesible para mantenimiento y aloja las instalaciones y equipos de extracción de aire.

Estructuralmente el forjado del nivel inferior está ejecutado con losa maciza de hormigón armado de 30 cm. de espesor, y cuelga de la cubierta por medio de 22 tirantes de acero de alta resistencia. Los tirantes se han protegido con un forro de lana de vidrio frente a un posible incendio para cumplir con las especificaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE), empleando para ello el mínimo diámetro de forro exterior posible



Vista de la Torre-Mirador

con el objeto de dejar patente su misión estructural de elemento de cuelgue del forjado de cubierta.

Dicha cubierta está formada por un emparrillado de cuatro vigas diametrales de hormigón armado de ancho 0.70 m. y canto variable entre 0.80 m. en los extremos y 2.75 m. en el centro, apoyadas sobre el núcleo central y con una losa maciza de espesor 20 cm. Estas grandes

vigas trabajan como ménsulas compensadas, con una cuantía de armado elevada. Para mejorar las condiciones de hormigonado y ejecución de las vigas se emplearon conectadores evitando así el solape de armaduras.

La ejecución de ambos niveles se llevó a cabo sobre cimbra, con un volumen total cercano a los 10.000 m³. El proceso consistió en ejecutar primero el nivel inferior, posteriormente el fuste hasta el nivel superior y por último este, apuntalado sobre el primero. Finalmente se dispusieron los tirantes MK Y1050, se tesaron y se descimbró todo el conjunto.

Para acceder a este nivel se habilita un ascensor dentro del núcleo de hormigón y una escalera exterior helicoidal de eje descentrado ejecutada en hormigón armado. Dicha escalera se ejecutó a posteriori una vez terminada la estructura del núcleo. Es importante recalcar el hecho de que la escalera trabaja por forma debido a la curvatura en alzado, no tratándose por tanto de una ménsula en el fuste lo que habría transmitido cargas excesivas a este.

EDIFICIO POLIVALENTE MULTIUSOS

El Edificio Polivalente está destinado a albergar un cine, salas de ensayos, reuniones, salas de conferencias y cafetería.

De todos los edificios es, posiblemente el más sencillo. Se trata de un edificio con una planta bajo rasante y otra sobre rasante. Tiene forma circular con un desarrollo de 100m. y se ha ejecutado sin juntas, al igual que el resto de edificios. La cubierta con 20 m. de ancho, se ejecutó con forjado reticular de casetones perdidos de porexpán de 50+10 compensando un voladizo arquitectónico



Armado de las vigas de cubierta de la Torre-Mirador



Ejecución de la Torre-Mirador

bajo rasante con capacidad para 276 vehículos. Dicha plaza, con unas dimensiones en planta de 90 m. x 95 m. se ha ejecutado sin juntas de dilatación con las consiguientes ventajas arquitectónicas de mantenimiento y de compensación de los empujes de tierras transmitidos por los muros de sótano. Estructuralmente la planta se ha ejecutado con forjado reticular de casetón recuperable de 35+10 en la

de 5 m. en toda su longitud ejecutado con dos losas aligeradas que confluyen resultando una losa de canto variable. Con esta solución se han logrado espacios diáfanos, de ahí su estatus de edificio polivalente y multiusos.

zona accesible para bomberos y 25+10 en el resto, sobre pilares con luces de entre 7.50 y 8 metros.

Se trata, pues de una estructura de conexión entre los edificios con acceso a todos ellos bajo rasante y que oculta completamente el tránsito de vehículos por todo el Centro Cultural.

APARCAMIENTO

El **Aparcamiento** se sitúa en el sótano de la plaza central, y tiene una única planta

MARQUESINA

En la gran plaza entre los distintos edificios se ha dispuesto una **Marquesina** que sirve de nexo entre el Auditorio y el Museo, ofreciendo una protección a los visitantes



Escalera de caracol exterior de acceso a la Torre-Mirador



Vista del voladizo del Edificio Polivalente

frente a la lluvia y el sol. En planta tiene una geometría “serpenteante”, con anchura variable. Con una longitud total cercana a los 140 m. se ha ejecutado mediante una losa de hormigón armado aligerada de canto máximo constante de 80 cm. (doble losa 15+50+15 cm.) sin juntas de dilatación y apoyada sobre cinco grandes pilares, lo que implica luces cercanas a 25 m.

Estructuralmente la Marquesina es una obra de gran pureza al emplear una única losa de semejantes dimensiones sin pretensados ni juntas de dilatación y con el paramento superior e inferior planos. En su cálculo se han tenido en cuenta los efectos diferenciales de retracción, fluencia y temperatura exterior, y ha sido necesario ejecutarla mediante contraflecha en el centro de vano para cumplir con las limitaciones de deforma-

ciones de la normativa vigente. El resultado final logrado ha sido una losa que, un año después de su puesta en servicio, ha recuperado el 90% de su contraflecha.

En los extremos la Marquesina se apoya sobre bancadas en el Auditorio y el Museo. En ellas se han dispuesto un total de 11 apoyos esféricos de teflón para permitir el giro y desplazamiento de la sección debido a los efectos de retracción y temperatura.



Construcción del forjado reticular en la Plaza del Centro Cultural sobre el aparcamiento



Distintas imágenes del hormigonado de la primera fase de la Marquesina



Aparatos de apoyo esféricos empleados en la marquesina

PROMOTOR

Consejería de Cultura y Turismo del Principado de Asturias

PROYECTO

Oscar Niemeyer, Jair Rojas Valera, Ana Niemeyer y Javier Blanco García-Castañón (Arquitectos)

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

FHECOR Ingenieros Consultores, S.A. y ALANDCO 94, SL

DIRECCIÓN DE LA OBRA

Roberto Alonso Martínez, Javier Blanco García-Castañón, Almudena Fernández Menéndez y Jair Rojas Valera (Arquitectos).
María López Castro (Arquitecta. Principado de Asturias)

DIRECCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Manuel Gutiérrez Torralba y Jaime Vila Tarrío (Arquitectos Técnicos)

ASISTENCIAS TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS EN LA OBRA

- **Cimentación y estructura:** FHECOR Ingenieros Consultores, S.A.
- **Cimentación y estructura:** José María

Macías Cano (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ALANDCO 94, SL)

SUPERFICIES

- Total superficie construida: 16.624,81 m²
- Total superficie construida bajo rasante: 2.304,41 m²
- Total superficie construida sobre rasante: 14.320,40 m²

DESGLOSE POR EDIFICIOS

- Auditorio: 7.688,19 m²
- Bajo rasante: 1.364,41 m²
- Sobre rasante: 6.323,78 m²
- Museo: 4.004,81 m²
- Convenciones-Admón.: 3.052,19 m²
- Bajo rasante: 940,00 m²
- Sobre rasante: 2.112,19 m²
- Torre-mirador: 614,79 m²
- Marquesina: 1.264,83 m²
- Total superficie urbanización plaza: 35.613,33 m²

FECHA DE INICIO DE LA OBRA

14 de abril de 2008

FECHA DE FINALIZACIÓN DE LA OBRA

14 de marzo de 2011

EMPRESA CONSTRUCTORA

SEDES, SA ■

Corrosão de armaduras por íons cloretos: uma revisão dos estudos brasileiros

ARIELA DA SILVA TORRES - PROFESSORA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS E UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS

STAEI AMARAL PADILHA - ENGENHEIRO CIVIL

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO - PROFESSOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

A corrosão das armaduras ocorre pela ação de agentes agressivos, destacando-se a carbonatação e a penetração de cloretos. Em função da grande costa marítima brasileira, a ação de íons cloretos torna-se mais significativa, deteriorando estruturas de concreto armado e levando a necessidade de manutenções periódicas, gerando um alto custo.

Considerando a importância do concreto e dos altos custos de sua manutenção e reparo, torna-se evidente a necessidade de estímulo e de realização de pesquisas que abordem a evolução do concreto, com vistas à redução das manutenções e dos reparos. Cabe salientar que há ausência de um planejamento de porte nacional que aponte em qual direção as pesquisas devem ser direcionadas para qualificar esta importante área de pesquisa no Brasil.

Este artigo de revisão faz parte da tese de doutorado da autora, que envolveu a realização de uma meta-análise utilizando os dados sobre corrosão de armaduras por ação de íons cloretos obtidos pelos pes-

quisadores brasileiros, buscando a qualificação dos resultados obtidos. Esta revisão compreende a realização de uma análise descritiva dos trabalhos, que pode auxiliar os grupos de pesquisas nacionais a direcionarem seus trabalhos, buscando suprir as lacunas desta área de pesquisa.

1. TRABALHOS BRASILEIROS SOBRE CORROSÃO DE ARMADURAS POR ÍONS CLORETOS

A realização do levantamento das pesquisas nacionais na área de durabilidade, em particular sobre a ação de íons cloretos, iniciou-se com a busca das pesquisas pioneiras, entre elas: a publicação do Prof. Paulo Helene, em 1981, sobre corrosão de armaduras no Brasil no “Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto” sob o título “Corrosão das Armaduras em Concreto Armado”, constituindo a base de seu livro publicado em 1986; em 1986, Miranda e Nogueira apresentaram trabalho denomina-

do “Medidas de Potencial de Eletrodo em Armaduras de Concreto”, no 2º Seminário Nacional de Corrosão na Construção Civil; em 1989, o primeiro trabalho de mestrado na área foi desenvolvido em Campinas, na Unicamp, orientado pela Profª Inês Joeques do departamento de Química, com o título: “Avaliação de proteção para concreto aparente”, de autoria de Magrini Filho; o segundo trabalho data de 1990, a Dissertação de Mestrado de autoria de Maryangela G. Lima, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, orientada pelo Prof. Paulo Helene, intitulada “Influência dos Componentes do Concreto na Corrosão das Armaduras”; e o terceiro trabalho, de 1991, a Dissertação de Mestrado de autoria de Oswaldo Cascudo Matos, desenvolvida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, intitulada “Contribuição ao Estudo e Emprego de Técnicas Eletroquímicas no Controle da Corrosão de Armaduras de Concreto Armado”.

Atualmente, no Brasil, existem vários pesquisadores em diversas instituições, atuando na área de durabilidade do concreto armado:

- Prof. Dr. Paulo Helene, do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- Profª Dra. Mariângela Lima, pesquisadora do ITA/CTA em São José dos Campos;
- Prof. Dr. Enio Figueiredo, da Universidade Federal de Goiânia-UFG, pesquisador do grupo Construção e Meio Ambiente;
- Prof. Dr. Oswaldo Cascudo, da Universidade Federal de Goiânia-UFG, coordenador do NUPEC - Núcleo de Pesquisa em Materiais e Durabilidade das Construções;
- Prof. Dr. Elton Bauer e Prof. Dr. Antônio Nepomuceno, ambos da Universidade de Brasília-UnB: Prof. Elton coordenador e Prof. Nepomuceno pesquisador do grupo sistema construtivo, materiais, componentes, desempenho e durabilidade;
- Prof. Dr. Geraldo Isaia, pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria-RS e coordenador do GEPECON: Grupo de estudos e pesquisas em estruturas de concreto;
- Prof. Dr. Luiz Prudêncio e Prof. Ivo José

Padaratz, ambos do Núcleo de Pesquisa em Construção da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC;

- Profª Dra. Denise Dal Molin e Prof. Dr. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;
- Profª Dra. Eliana Monteiro, Universidade Politécnica de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco;
- Prof. Dr. André Guimarães, Universidade Federal do Rio Grande;
- Prof. Dr. João Luiz Calmon, Universidade Federal do Espírito Santo;
- Prof. Dr. Gibson Rocha Meira, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba e colaborador no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande.

Após a determinação dos grupos de pesquisa que estudam a ação de cloretos em armaduras de concreto armado, foi realizada a procura dos trabalhos que os referidos grupos desenvolveram nesta área.

1.1 COLETA DE DADOS

A busca de teses e dissertações desenvolvidas no Brasil teve início na primeira reunião do grupo nacional de estudos do processo corrosivo de armaduras de concreto em função de íons cloretos. Esta reunião ocorreu na *Mesa Redonda sobre corrosão das armaduras em ambiente marítimo*, no 49º Congresso Brasileiro do Concreto, no ano de 2007.

Até o momento da pesquisa, em fevereiro de 2011, o banco de dados contava com 114 trabalhos, 1 em andamento, não tendo sido ainda publicados. Destes, 3 trabalhos foram obtidos no formato impresso, 64 trabalhos em formato digital e o restante, 33 trabalhos, não foi acessado por não ter sido disponibilizado pelos autores ou por ser trabalhos mais antigos, que só possuem cópias em bibliotecas sem acesso *on-line*.

Figura 1 – Distribuição dos trabalhos de corrosão provocada por cloretos no país



Os primeiros trabalhos (dissertações) encontrados são do ano de 1989, realizados na região Sudeste. O ano de 2001 apresentou maior número de trabalhos concluídos, sendo 13 dissertações e 1 tese, seguido do ano de 2005, com 8 dissertações, 1 tese e 1 livre-docência. Em ambos os anos, a maior parte dos trabalhos foi realizada na região Sul do país.

Salienta-se a importância da participação da comunidade acadêmica em comunicar a ausência de algum trabalho na área, através dos contatos dos autores.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 ANÁLISE DESCRITIVA POR REGIÃO GEOGRÁFICA

Os trabalhos encontrados sobre o assunto foram classificados por região (Figura 1).

Salienta-se a ausência de trabalhos na região Norte e a discrepância entre os números de teses e de dissertações nas regiões Sul e Sudeste. A região Sul possui 91,5% em dissertações do total de trabalhos, enquanto que a região Sudeste possui 44,11% de dissertações e 50% de teses. Acredita-se que esta diferença seja em função do grande número de engenheiros orientados pelo Prof. Paulo Helene, que se tornaram professores em universidades do restante

do país, inclusive no Sul, onde grande parte dos cursos de pós-graduação está ainda em fase inicial de atuação.

Ao realizar uma avaliação individual dos orientadores, algumas considerações podem ser feitas: o Prof. Paulo Helene, precursor de estudos nesta área no país, possui 19 orientações na área (15 teses, 4 dissertações e 1 livre-docência) e, também, uma orientação sobre corrosão por íons cloretos tendo a argamassa como material de referência. No conjunto total das orientações do Prof. Helene, nas mais diversas áreas de estudo, 54% de suas orientações de doutorado foram trabalhos sobre corrosão por ação de íons cloretos, enquanto que apenas 9% das orientações de mestrado foram sobre esta área de pesquisa. Os seus trabalhos de orientação, na área de ação de íons cloretos, têm como característica serem estudos sobre o processo corrosão e suas propriedades.

A Figura 2 mostra os orientadores que possuem maior número de trabalhos concluídos na área de corrosão de armaduras por ação de íons cloretos em estruturas de concreto armado.

2.2 ESTUDO QUALITATIVO DOS TRABALHOS EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS

Os trabalhos foram classificados de acordo com os níveis das variáveis de estudo adotadas, para averiguar se os diversos

Figura 2 – Número de trabalhos por orientador



trabalhos estão desenvolvendo programas experimentais similares ou que possam ser comparados entre si.

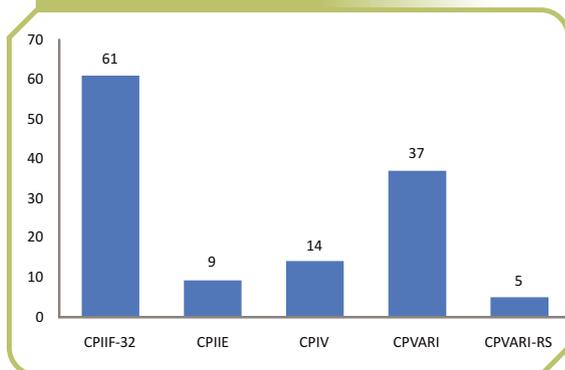
O foco da análise foi mantido sobre algumas das principais variáveis influentes na corrosão, normalmente adotadas nos trabalhos examinados: *tipo de cimento, relação água/cimento, adições ativas e outros materiais, tipos de indução de cloretos e outros fatores.*

2.2.1 TIPO DE CIMENTO

Em relação ao tipo de cimento utilizado, verifica-se que os trabalhos examinados usam os mais diversos tipos de cimento (Figura 3).

Nota-se, examinando a Figura 3, uma maior incidência de estudos com cimentos tipo CIIIF-32 e CPV-ARI. Atribuiu-se essa concentração de trabalhos com cimentos sem adições ativas ao desejo de trabalhar com matrizes mais puras. Um

Figura 3 – Quantidade de estudos em função do tipo de cimento



fator secundário, citado em alguns trabalhos, diz respeito à preocupação com a avaliação da dinâmica da corrosão em estruturas pré-moldadas, normalmente construídas com esse tipo de cimento pela demanda de rapidez no ganho de resistência.

Outro indicador utilizado nesta análise foi a localização da realização dos estudos em função das regiões do nosso País. A partir deste indicador, encontrou-se que, dentre os cimentos com adições ativas, existe uma maior concentração de estudos com o CP-IV, o que possivelmente está associado à maior disponibilidade comercial desse tipo de cimento na região Sul do país.

O cimento CIIIF-32 é o que apresenta o maior número de trabalhos em diversos locais, mas com número significativo para a cidade de Goiânia (Universidade Federal de Goiás). Todos os cimentos que estão neste estudo foram utilizados em pesquisas desenvolvidas na cidade de Porto Alegre. A cidade de Santa Maria/RS aparece apenas em estudos com CPVARI, o que se torna um dado interessante, visto o grande grupo de pesquisa liderado pelo Prof. Geraldo Isaia.

Ao realizar uma análise do tipo de cimento em análise com as técnicas eletroquímicas utilizadas nas pesquisas e o local (ou região do país), a técnica de potencial de corrosão (Ecorr) com uso do cimento CPVARI possui estudos apenas em Porto Alegre e São Paulo; e a mesma técnica com uso do cimento CPVARI-RS foi realizada apenas em Porto Alegre. Acredita-se que seja pela facilidade de obtenção do material.

Já a utilização da técnica de intensidade de corrosão (icorr), foi estudada na cidade de Goiânia, com os cimentos CIIIF-32, CPIV e CPVARI.

Os dados mostram a falta de estudos na área de corrosão por cloretos com o cimento CIIIE. Saliencia-se que com este tipo de cimento foram encontrados trabalhos apenas em São Paulo e Porto Alegre e não foram encontrados registros de testes deste cimento para testes de resistência ôhmica (Rohm).

2.2.2 RELAÇÃO ÁGUA CIMENTO (A/C) OU ÁGUA-AGLOMERANTE (A/AGL)

A primeira observação sobre este item refere-se à nomenclatura utilizada nos trabalhos. Inúmeras pesquisas usam o termo relação “água/cimento”, enquanto outras “água/aglomerante”. Esta constatação pode dificultar algumas análises em função do tipo de aglomerante que está sendo utilizado e que, muitas vezes, não é especificado nos estudos.

Diversas relações água/cimento foram encontradas, desde 0,3 até valores próximos a 0,8. Chama a atenção o uso de baixas relações a/c e, para isso, o uso de aditivos no concreto, que possuem cloretos em suas composições; porém, a necessidade de estruturas mais esbeltas e com menor porosidade para evitar entrada de agentes agressivos leva ao uso corriqueiro de aditivos. As relações acima de 0,7 foram utilizadas em trabalhos que tinham como objetivo acelerar a entrada dos íons cloretos, fugindo da realidade das obras.

A Figura 4 apresenta um levantamento dos estudos realizados com diversas relações água/cimento. A partir desse levantamento, foi possível identificar as cidades onde os trabalhos foram desenvolvidos e também os principais valores de a/c utilizados em cada região do Brasil. Nota-se que, em Goiânia, prevalece o uso de relações a/c de 0,4; 0,5 e 0,55. Já, em Porto Alegre, utilizam-se mais as relações 0,4; 0,5 e 0,6.

De acordo com a ABNT NBR 6118:2003 - Projeto e Execução de obras de concre-

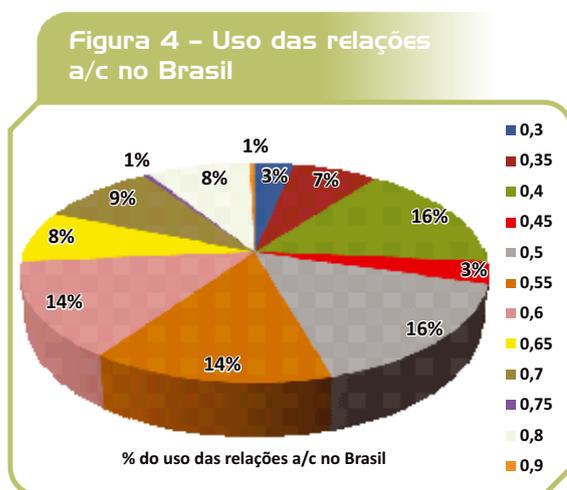
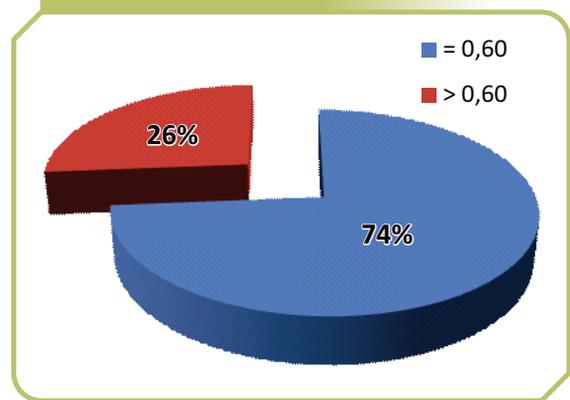


Figura 5 – Quantidade (%) de estudos em função da relação a/c: 0,60



to Armado - Procedimento, em um ambiente urbano, a estruturas de concreto armado devem ter relação água/cimento menor ou igual a 0,60. Em função disso, a Figura 5 apresenta que 74% dos estudos foram com este valor recomendado de norma, sendo 26% com relação a/c maior do que 0,60.

2.2.3 INCORPORAÇÃO DE ADIÇÕES ATIVAS E OUTROS MATERIAIS PARA MELHORIA DA MATRIZ CIMENTÍCIA

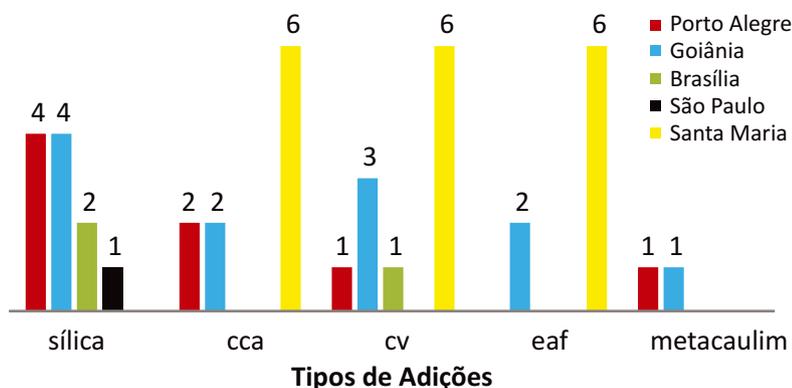
Dados com adições minerais, como sílica ativa, cinza de casca de arroz, escória de alto forno, metacaulim, cinza volante, também foram encontrados nos trabalhos.

Para fins de ilustração, além das adições ativas, efetuou-se nesse item uma análise dos trabalhos que empregaram outros tipos de materiais adicionados, para melhoria da matriz ou redução da possibilidade de fissuração. Dentre esses outros materiais, foram encontrados registros de estudos que empregaram polímeros, fibras e outros materiais inovadores, que estão sendo pesquisados para inclusão nas construções de concreto armado.

A Figura 6 mostra a quantidade de estudos que foram realizados com vários tipos de adições minerais em função das cidades que foram desenvolvidos.

Salienta-se que no GEPECON - Santa Maria foram desenvolvidas pesquisas com três tipos de adições: cinza de casca de arroz, cinza volante e escória de alto forno,

Figura 6 – Estudos com concretos com adições minerais em função das cidades que foram desenvolvidos



para estudos em corrosão de armaduras por ação de íons cloreto.

São Paulo possui trabalhos com sílica e resíduos da construção civil. A UNB - Brasília já estudou sobre adição de sílica e cinza volante. As pesquisas de Porto Alegre focaram em estudos da adição da sílica e cinza de casca de arroz. Também possui um trabalho de corrosão do concreto com adição de resíduos da construção civil.

Goiânia possui trabalhos em praticamente todos os tipos de adições, principalmente no uso da sílica, cloretos e cinza volante. Também possui um trabalho com uso de fibras de nylon, polipropileno monofiladas e fibriladas, além de um estudo com polímeros do tipo emulsões poliméricas de SBR e acrílico.

Além dos trabalhos já citados, também foram encontrados os estudos que utilizaram resíduos: cerâmico, em João Pessoa; e mármore e granito, em Maceió. Dois estudos sobre corrosão de armaduras com utilização de inibidores foram localizados: um de Curitiba e outro de Maceió, com os seguintes materiais: molibdato de sódio, tioréia, compostos orgânicos e inorgânicos de nitrito de cálcio, inorgânicos a base de fosfato e nitrato de cálcio, orgânico a base de éster e amina e solução sintética.

A partir dessa análise, é possível identificar que os materiais mais estudados em trabalhos com tema de corrosão por íons cloretos são: a sílica e cinza volante (CV), seguida da cinza de casca de arroz (CCA) e da escória de alto forno (EAF).

2.2.4 FORMAS DE INDUÇÃO

A indução de cloretos foi realizada com

ciclos de imersão e secagem, com os mais variados números de dias de imersão e secagem, também sem seguir um padrão, além de vários teores de cloretos terem sido utilizados, sendo que os de 3,5 e 5% foram os com maior incidência.

Apesar de ciclos de imersão e secagem serem mais prevalentes nos trabalhos, também houve estudos com o uso de câmaras de névoa salina, de cloretos na massa do concreto, de ativadores químicos, com exposição dos corpos de prova em ambientes agressivos com presença de íons cloretos e com equipamentos (fontes) que provocaram diferença de voltagem no corpo de prova. O método com melhores resultados e com maior utilização foi o ciclo de imersão e secagem, por não ser um método caro ou de difícil execução.

2.2.5 OUTROS FATORES

Quanto a dimensões dos corpos de prova, há total falta de um padrão, pois alguns grupos utilizam formatos do tipo prismáticos, outros cilíndricos, e se diferenciam nas formas e nos tamanhos dos corpos de prova. As armaduras utilizadas apresentaram diversos diâmetros, tais como: 5; 6,3; 8; 10 e 12,5 mm.

Os valores de cobrimento passaram a ser padronizados, após o lançamento da ABNT NBR 6118:2003, que inseriu no seu contexto os valores de cobrimento a serem seguidos de acordo com o local onde a estrutura será construída. Antes de 2003, os valores de cobrimento utilizados variavam de 1 a 7 cm.

A cura dos concretos também não segue uma padronização, pois aparecem

Tabela I – Trabalhos que faltam ser realizados na área de corrosão de armaduras por ação de íons cloretos

| Tipo de ensaio | Tipo de cimento | Indução de cloretos | Relação a/c | Adição material |
|-------------------|---------------------------|---------------------|----------------|---|
| E _{corr} | CPII-F | Sem ciclos | < 0,5 | CCA, CV, SA, EAF e Metacaulim |
| | | | > 0,6 | |
| | Com ciclos | < 0,4 | | |
| | | > 0,65 | | |
| | CPII-E CPIV CPV-ARI | Com e sem ciclo | 0,5 > x > 0,59 | |
| I _{corr} | CPII-E CPIV | Sem ciclo | >0,55 e < 0,55 | CV, SA, EAF e Metacaulim |
| | CPV-ARI | Com e sem ciclo | >0,65 e < 0,65 | CCA, CV, SA e Metacaulim |
| | CPII-F | Sem ciclo | >0,55 e < 0,55 | CCA, CV, SA, EAF e Metacaulim |
| | | Com ciclo | >0,50 e < 0,50 | CV e Metacaulim |
| | | | >0,7 e < 0,6 | Sem adição |
| Rohm | CPII-E CPIV | Com e sem ciclo | 0,3 > x > 0,80 | CCA, CV, SA, EAF, Metacaulim e sem adição |
| | CPII-F | Sem ciclo | | |

materiais curados em ambiente, cura úmida, térmica, química e ainda com uniões dessas opções. O tempo de cura manteve certo padrão, em geral de 3, 7, 14, 28 e 91 dias, dependendo do ensaio que foi realizado. Mas aparecem estudos com tempos de cura em longo prazo, geralmente trabalhos de doutorado, para avaliarem o processo corrosivo em longo prazo.

A variável “tempo” também não segue um padrão, pois as leituras dos ensaios são nos tempos (dias) mais diversificados. Além de notarmos que os estudos não possuem o mesmo tempo de partida, havendo pesquisas em que a primeira leitura é chamada de tempo 0 (zero) e outras, de tempo 1 (um), o que dificulta a comparação de dados e que, para esta meta-análise, teve que ser feito um arranjo dos dados para permitir a comparação.

Os ensaios mais utilizados para efeito de avaliar a corrosão de armaduras são: potencial de corrosão, intensidade de corrosão, resistência ôhmica, teor de cloretos,

medida de perda de massa, coeficiente de difusão, grau de saturação, impedância eletroquímica, entre outros. Nos trabalhos, também foram encontrados ensaios para caracterização de material utilizado: resistência à compressão, resistência à tração, absorção por imersão e por capilaridade, módulo de deformação, índice de vazios, etc. Salienta-se que as técnicas de potencial de corrosão (E_{corr}), intensidade de corrosão (I_{corr}) e resistência ôhmica (Rohm) foram as mais utilizadas nos estudos nacionais.

3. CONCLUSÃO

A tabela 1 pretende auxiliar os grupos de pesquisas a completarem os estudos nesta área de corrosão de armaduras por ação de íons cloretos e, dessa maneira, o Brasil a criar um modelo de previsão de vida útil baseado nas pesquisas desenvolvidas aqui no país. ■

acontece nas regionais

54º Congresso Brasileiro do Concreto recebe resumos

Promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, o Congresso Brasileiro do Concreto firmou-se como o maior fórum técnico nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos. O evento objetiva divulgar, anualmente, as novidades em termos de pesquisas científicas, tecnologias e inovações em análises e projetos estruturais, metodologias construtivas, materiais de construção e suas propriedades, gestão e normalização técnica, sustentabilidade e outros aspectos relacionados ao material industrial mais consumido no mundo.

Em sua 54ª edição, o Congresso Brasileiro do Concreto será realizado em Maceió, Alagoas, de 08 a 11 de outubro de 2012, no Centro Cultural e de Exposições Ruth Cardoso. O ano marca os 40 anos de existência do IBRACON, entidade técnico-científica comprometida, desde sua fundação, com a pesquisa, o desenvolvimento e a divulgação do conhecimento sobre o concreto em seus aspectos material e estrutural.

De um colóquio de pesquisadores

reunidos, a cada semestre, nas dependências do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, interessados em temas como a permeabilidade e a durabilidade do concreto, o Congresso Brasileiro do Concreto tornou-se fórum nacional de divulgação e discussão sobre o concreto, aberto a todos os profissionais brasileiros e estrangeiros comprometidos com o seu aperfeiçoamento técnico e atualização profissional.

Pesquisadores, estudantes, empreendedores e profissionais em geral do setor construtivo estão convidados a participar do 54º Congresso Brasileiro do Concreto, apresentando seus trabalhos, pesquisas e realizações sobre o concreto, seus materiais constituintes e suas metodologias construtivas.

Empresas, órgãos governamentais e instituições da cadeia produtiva do concreto estão convidados a participar do evento, expondo seus produtos e serviços na VIII FEIBRACON - Feira Brasileira das Construções em Concreto, nas modalidades de patrocinadores e expositores.

ENVIO DE RESUMOS

O prazo para envio de resumos de apresentações técnico-científicas no evento encerra-se, impreterivelmente, no próximo dia 19 de março. O envio dos resumos deve ser feito pelo hotsite do 54º Congresso Brasileiro do Concreto, no link: http://www.ibracon.org.br/eventos/54CBC/resumo_novo.asp.

As contribuições com resumos podem ser feitas também para quatro eventos paralelos integrantes da programação do 54º Congresso Brasileiro do Concreto:



I SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE CONCRETO AUTOADENSÁVEL - SILAMCAA

O evento pretende discutir trabalhos técnico-científicos que venham suprir a lacuna no mercado construtivo latino-americano por informações sobre o concreto autoadensável, em seus aspectos tecnológicos e normativo, no sentido de promover a troca de experiências sobre a utilização do concreto autoadensável em obras civis na região.

SEMINÁRIO SOBRE INFRAESTRUTURA METROVIÁRIA E FERROVIÁRIA

Em função dos eventos esportivos a serem realizados no país em 2014 e 2016 e do crescimento econômico dos últimos anos, que tem demandado a expansão da infraestrutura viária nacional, o II Simpósio de Infraestrutura Metroviária e Ferroviária continuará disseminando os avanços e progressos neste campo de estudos, no Brasil e no mundo.

DAM WORLD CONFERENCE

Este evento está sendo organizado em conjunto pelo IBRACON e o LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal). Sua importância pode também ser situada no conjunto das obras de infraestrutura em andamento no Brasil, em especial, os projetos de construção de barragens para usinas hidrelétricas, cujas melhores práticas devem ser amplamente disseminadas e discutidas pelo meio técnico.

PAV 2012 - 3º WORKSHOP IBRACON SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO

A terceira edição do PAV 2012 contará com espaço para apresentação de 12 a 20 artigos técnicos, além de uma exposição de um especialista internacional sobre tema de interesse para a pavimentação em concreto. Mais informações: www.ibracon.org.br.

Centro de Certificação Profissional em Pernambuco

Os diretores regionais, Eng. Romilde Almeida de Oliveira e Eng. Tibério Andrade, juntamente com o diretor 2º vice-presidente, Julio Timerman, estiveram em reunião no ITEP de Recife, para debater a criação do Centro de Certificação Profissional pelo governo de Pernambuco, no último 1º de março. Na reunião, estive-

ram presentes os principais organismos de certificação de pessoal do país e o Secretário da Ciência e Tecnologia do estado, Antonio Carlos Maranhão.

A Regional IBRACON em Recife irá apresentar seu plano de atividades para 2012 em reunião técnica, neste mês de março, na ABCP da região.

IV Seminário de Patologia das Construções

Com o tema da Normalização, Deterioração de Estruturas e Desempenho das Construções, a quarta edição do Seminário de Patologia das Construções reuniu 221 pessoas, entre pesquisadores, profissionais e estudantes, para se atualizarem sobre o tema, nos dias 6 e 7 de dezembro último, no campus da Unisinos, em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul.

O evento contou com palestras dos especialistas André Guimarães (FURG), Ângela Graeff (UFRGS), Ariela Torres (UCP), Claudio Kazmierzak (UNISINOS), Enio Pazzini Figueiredo (UFG), Everton Eltz (CEF), Acir Mércio Loredou-Souza (UFRGS), Luiz Carlos Pinto Silva Filho (ALCONPAT Brasil), Maria Angélica Covelo Silva (NGI), Nicole Pagan Hasparyk (Elektrobras Furnas), Paulo Helene (ALCONPAT



Internacional) e Vanderley John (USP).

Promovido pela ALCONPAT Brasil, Unisinos e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, o evento teve como patrocinadores as empresas Grace, MC-Bauchemie, Premold, Silcca Nobre, Britasinos, Concretus e Concretusul, e contou com apoio do IBRACON. ■

pesquisa aplicada
controle tecnológico

Influência dos fatores de ensaio que interferem na resistência à compressão do concreto

SUÉLIO DA SILVA ARAÚJO

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GILSON NATAL GUIMARÃES

PÓS-DOCTORADO EM CIVIL ENGINEERING PELA UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM

ANDRÉ LUIZ BORTOLACCI GEYER

DOCTORADO EM ENGENHARIA CIVIL PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

1. INTRODUÇÃO

A resistência de um material é sua habilidade para resistir à tensão sem se romper. Algumas vezes, a ruptura é identificada com o surgimento de fissuras. Porém, as averiguações microestruturais em concreto comum indicam que, diferentemente dos materiais estruturais, o concreto contém fissuras finas antes mesmo de ser submetido a tensões externas.

Diante do exposto, a pesquisa tem o objetivo de estudar e avaliar a influência das variáveis: influência do tipo de concreto (Classe C30 e CAR - Concreto de Alta Resistência), da dimensão do corpo de prova cilíndrico (100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm) e do tipo de laboratório no resultado da resistência à compressão em concreto endurecido e verificar a variabilidade do resultado experimental.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi desenvolvido a partir de uma avaliação interla-

boratorial de resistência à compressão do concreto, desenvolvido na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, na Empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda. e no Departamento de Apoio e Controle Técnico de Furnas Centrais Elétricas S.A., em Goiânia-Goiás.

Considerando as características do programa interlaboratorial, onde não é possível fixar todas as variáveis independentes, resolveu-se então pela seguinte situação de estudo:

- Tipo de concreto (em dois níveis: classe C30 e CAR);
 - Dimensões dos corpos de prova em dois níveis: 100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm;
 - Tipo de laboratório (em dois níveis: laboratório A e laboratório B).
- Como fatores limitantes do estudo têm-se:
- Mantiveram-se todos os corpos de prova na mesma condição de umidade;
 - Máquina de ensaio com controle de carregamento, com velocidade de aplicação de 0,6 MPa/s, na fase do estudo;

Tabela 2.1 – Traço do concreto de $f_c = 30$ MPa

| Proporção dos materiais (CCV f_c 30.0 MPa) por m^3 de concreto | | |
|--|---|--------|
| Materiais | Concreto convencional vibrado (CCV) | |
| | Quantidade por m^3 | |
| Cimento CP V ARI | 236 Kg | |
| Areia artificial | 891 Kg | |
| Brita I (19 mm) | 999 Kg | |
| Água | 172 Kg | |
| Aditivo polifuncional | 1,65 Kg (0,7% da massa do cimento) | |
| Aditivo superplastificante | 0,94 Kg (0,4% da massa do cimento) | |
| Adição de sílica ativa | 18,9 Kg (como substituição de 8% da massa do cimento) | |
| Ensaio concreto fresco | Consistência | 130 mm |
| | Ar incorporado | 2 % |

- Materiais utilizados na fabricação do concreto: cimento Portland CP V ARI (Alta Resistência Inicial), litologia e dimensão do agregado graúdo (granito de dimensão máxima de 19 mm) e tipo de areia (areia artificial);
- Resistência à compressão f_c (28dias) de 30 MPa e 60 MPa;
- Tipo de acabamento do topo dos corpos de prova (capeamento com enxofre).

A avaliação da variável independente da dimensão básica do corpo de prova justifica-se porque as resistências especificadas para o concreto são cada vez mais altas e as limitações de capacidade das máquinas de ensaio não acompanharam esta necessidade, obrigando os laboratórios a utilizarem a dimensão básica (100 x 200) mm nos ensaios de controle tecnológico. Sendo assim, é importante avaliar o impacto des-

te fator sobre o resultado experimental da resistência à compressão.

Para reduzir a influência da umidade dos corpos de prova, eles foram desmoldados 24 horas após a mistura, identificados e armazenados em tanques de armazenamento por 28 dias, com umidade e temperatura controladas conforme especificado pela norma ABNT NBR 5738:2008. Vencido este prazo de armazenamento, os corpos de prova foram retirados do tanque de armazenamento e estocados em um ambiente seco, à temperatura ambiente.

As dosagens de concreto definidas para a amostra concreto Classe C30 e CAR (Classe C60) foram obtidas por ajustes de traços de concreto com resistência (f_c) na ordem de 30 e 60 MPa.

Através dos gráficos de comportamento do concreto foram obtidos os traços

Tabela 2.2 – Traço do concreto de $f_c = 60$ MPa

| Proporção dos materiais (CAR f_c 60.0 MPa) por m^3 de concreto | | |
|--|--|--------|
| Materiais | Concreto de alta resistência (CAR) | |
| | Quantidade por m^3 | |
| Cimento CP V ARI | 398 Kg | |
| Areia artificial | 765 Kg | |
| Brita I (19 mm) | 1.028 Kg | |
| Água | 167 Kg | |
| Aditivo polifuncional | 2,79 Kg (0,7% da massa do cimento) | |
| Aditivo superplastificante | 1,59 Kg (0,4% da massa do cimento) | |
| Adição de sílica ativa | 31,87 Kg (como substituição de 8% da massa do cimento) | |
| Ensaio concreto fresco | Consistência | 120 mm |
| | Ar incorporado | 1,5% |

para concretos com resistências estimadas aos 28 dias em 30 MPa e 60 MPa. Esses traços estão apresentados nas TABELAS 2.1 e 2.2.

Foram moldados 10 (dez) corpos de prova para a resistência à compressão, para cada tipo de concreto, para cada dimensão de corpo de prova e para cada tipo de laboratório, visando atender os métodos de ensaio ABNT NBR 5739:2007.

2.1 TÉCNICA DE AVALIAÇÃO

Aplicou-se a técnica de análise estatística de variância (ANOVA), contido no software Statsoft Statistica 7, para os resultados individuais encontrados nos laboratórios para as amostras de concreto Classe C30 e de CAR (Classe C60), separadamente e em conjunto. A metodologia do teste consiste na aplicação do Teste de Fisher (F).

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Quanto à análise principal desse estudo, destaca-se que os corpos de prova foram ensaiados em réplicas (com 10 unidades por situação de estudo) e aleatorizados, antes da execução do ensaio de resistência à compressão. Essa aleatorização permite minimizar os efeitos de variáveis que não foram ou não puderam ser consideradas no experimento, tais como: processo de moldagem do corpo de prova, distribuição dos agregados no concreto, montagem do instrumento de medição, entre outros. Além disso, caso exista algum mecanismo de dependência entre os resultados de experimentos subsequentes, a aleatorização da execução dos experimentos permite que essa dependência seja diluída entre todas as situações de estudo e, assim, não privilegie uma ou outra situação.

Na TABELA 3.1, estão apresentadas as

Tabela 3.1 – Análise estatística dos resultados – resistência à compressão

| Situação de Estudo | | | | Resistência à Compressão (MPa) | | |
|--------------------|---------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Dimensão (mm) | Tipo de Laboratório | Tipo de Concreto | Nº de Corpos de Prova | Média (MPa) | Desvio Padrão (MPa) | Coefficiente de Variação (%) |
| – | – | CAR | 38 | 65,8 | 5,5 | 8,3 |
| – | – | C30 | 37 | 35,9 | 1,9 | 5,3 |
| 150X300 | – | CAR | 19 | 65,4 | 4,4 | 6,7 |
| 100X200 | – | CAR | 19 | 66,3 | 6,4 | 9,7 |
| 150X300 | – | C30 | 19 | 36,2 | 0,76 | 2,1 |
| 100X200 | – | C30 | 18 | 35,6 | 2,6 | 7,3 |
| – | LAB A | CAR | 19 | 69,3 | 4,03 | 5,8 |
| – | LAB B | CAR | 19 | 62,4 | 4,4 | 7,1 |
| – | LAB A | C30 | 19 | 34,6 | 1,6 | 4,6 |
| – | LAB B | C30 | 18 | 37,2 | 1,1 | 2,9 |
| 100X200 | LAB A | C30 | 9 | 33,2 | 1,2 | 3,5 |
| | LAB A | CAR | 9 | 71,1 | 2,4 | 3,4 |
| | LAB B | C30 | 9 | 37,9 | 0,94 | 2,5 |
| | LAB B | CAR | 10 | 61,9 | 5,8 | 9,4 |
| 150X300 | LAB A | C30 | 10 | 35,9 | 0,54 | 1,5 |
| | LAB A | CAR | 10 | 67,7 | 4,6 | 6,8 |
| | LAB B | C30 | 9 | 36,6 | 0,804 | 2,2 |
| | LAB B | CAR | 9 | 62,8 | 2,3 | 3,6 |

OBS.: - Tipos de concretos: concreto Classe C30 para dimensões 100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm e CAR (Concreto de Alta Resistência) para dimensões 100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm.
- Cinco dos resultados individuais foram considerados como valores espúrios.

Tabela 3.2 – ANOVA – Análise Global do Experimento – Resistência à Compressão

| Fatores Estudados | SQ | F | P | Resultado |
|--|----------|---------|-------|-------------------|
| Modelo de Estudo | 17409,46 | 273,49 | 0,000 | significativo |
| Erro (resíduo) | 609,29 | – | – | – |
| Total | 18018,8 | – | – | – |
| Coefficiente de Determinação do Modelo (R²) = 0,96 | | | | |
| Dimensão do CP | – | 0,17 | 0,682 | não significativo |
| Laboratório | – | 9,57 | 0,003 | significativo |
| Tipo de Concreto | – | 1848,56 | 0,000 | significativo |
| Dimensão do CP x Laboratório | – | 0,02 | 0,893 | não significativo |
| Dimensão do CP x Tipo de Concreto | – | 1,88 | 0,175 | não significativo |
| Laboratório x Tipo de Concreto | – | 48,47 | 0,000 | significativo |
| Dimensão x Laboratório x Tipo de Concreto | – | 8,56 | 0,005 | significativo |

Onde: SQ = soma dos quadrados; F = parâmetro de Fischer para o teste de significância dos efeitos; p = probabilidade de erro envolvida em aceitar o resultado observado como válido, isto é, como representativo da amostra; Resultado = resultado da análise, com a indicação se o efeito é significativo ou não, R² = (1 - SQerro/SQtotal).

médias, desvios padrão e coeficientes de variação dos resultados para todas as situações de estudo obtidas para as amostras moldadas com concretos C30 e CAR, com intervalo de confiança da média (para 95% de confiança) e com um nível de significância de 5% para a propriedade resistência à compressão.

Na TABELA 3.2, encontra-se a análise de significância dos fatores em estudo para a propriedade resistência à compressão.

A análise de variância da resistência à compressão mostrou que o valor resultante do coeficiente de determinação do modelo adotado (R²) foi de 0,96, o que significa dizer que 96% da variação total dos dados de resistência à compressão pode ser explicada pelas variáveis adotadas. Portanto, os fatores não controlados foram responsáveis por aproximadamente 4% das variações observadas no estudo.

Com respeito à intensidade de influência dos fatores, tomando-se como base a magnitude dos valores de F, pode-se constatar a grande influência do laboratório e do tipo de concreto nos resultados de resistência à compressão.

As interações dos efeitos também foram estatisticamente significativas, isto é, para cada tipo de laboratório utilizado, dependendo da dimensão do corpo de prova e tipo de concreto, a resistência à compressão do concreto apresenta diferença de resultado (comportamento distinto).

Na coluna dos valores F da TABELA 3.2, as interações que envolvem o efeito da dimensão do corpo de prova x laboratório apresentaram os menores valores, indicando a menor influência dessa variável nos resultados de resistência à compressão. Destaca-se, inclusive, que o efeito individual da variável dimensão do corpo de prova não é significativo, ou seja, as dimensões dos corpos de prova estudadas (100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm), isoladamente e interagidas com laboratório ou tipo de concreto, não influenciaram significativamente os resultados de resistência à compressão.

Em decorrência da análise ANOVA - Resistência à Compressão (TABELA 3.2) ter revelado os efeitos estatisticamente significativos das variáveis laboratório e tipo de concreto, realizou-se o agrupamento das médias homogêneas pelo método de Duncan, de forma a observar as semelhanças e diferenças dos resultados obtidos.

Neste método, ficou demonstrado que os laboratórios apresentam resultados próximos, porque a média geral de resistência à compressão do laboratório A foi de 52,0 MPa e a média geral de resistência à compressão do laboratório B foi de 50,1 MPa, isto é, o laboratório A teve apenas 4% a mais de média geral de resistência à compressão em relação ao laboratório B.

Portanto, dependendo do laboratório utilizado no ensaio, os valores da resistência à compressão aproximam-se.

Depois de fazer o agrupamento de médias do fator tipo de concreto pelo método de Duncan, ficou demonstrado, como era esperado, que o tipo de concreto influencia os valores da resistência à compressão, pois a média geral de resistência à compressão do concreto Classe C30 foi de 35,9 MPa e a média geral de resistência à compressão do CAR foi de 65,8 MPa, isto é, o CAR teve 83% a mais de média geral de resistência à compressão comparado com o concreto Classe C30.

A FIGURA 3.1 apresenta a análise gráfica do estudo, exibindo os resultados para cada variável analisada.

A FIGURA 3.1 mostra que os valores de resistência à compressão apresentam-se próximos para as duas dimensões dos corpos de prova.

Quanto aos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm, os resultados de resistência à compressão do concreto

Classe C30 e CAR no laboratório A, exibidos na FIGURA 3.1, apresentaram médias de 33,2 MPa e 71,1 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 3,5% e 3,4%. Já, no laboratório B, os resultados de resistência à compressão apresentaram médias de 37,9 MPa e 61,9 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 2,5% e 9,4%. Quanto à dimensão 100 mm x 200 mm, verificou-se que o concreto Classe C30 apresentou maior dispersão no laboratório A, isto é, o concreto Classe C30 teve 1% a mais de coeficiente de variação no laboratório A em relação ao laboratório B. Já, o CAR apresentou maior dispersão no laboratório B, ou seja, o CAR teve 6% a mais de coeficiente de variação no laboratório B comparado com o laboratório A.

Quanto aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm, os resultados de resistência à compressão do concreto Classe C30 e CAR no laboratório A, exibidos na FIGURA 3.1, apresentaram médias de 35,9 MPa e 67,7 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 1,5% e 6,8%. Já, no laboratório B, os resultados de resistência à compressão apresentaram médias de 36,6 MPa e 62,8 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 2,2% e 3,6%. Quanto à dimensão 150 mm x 300 mm, verificou-se que o concreto Classe C30 apresentou maior dispersão no laboratório B, isto é, o concreto Classe C30 teve 0,7% a mais de coeficiente de variação no laboratório B em relação ao laboratório A. Já, o CAR apresentou maior dispersão no laboratório A, ou seja, o CAR teve 3,2% a mais de coeficiente de variação no laboratório A comparado com o laboratório B.

Devido ao fato dos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentarem as maiores dispersões de resultados, a variável dimensão do corpo de prova foi destacada nas análises subsequentes, apresentadas pelas FIGURAS 3.2 e 3.3.

A FIGURA 3.2 mostra o efeito significativo do tipo de concreto, tendo o CAR apresentado os resultados de resistência à compressão média superiores. Quanto aos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm, os resultados de resistência à compressão do concreto Classe C30 e CAR, exibidos na FI-

Figura 3.1 – Resistência média à compressão, por dimensão do corpo de prova, classe de concreto e laboratório

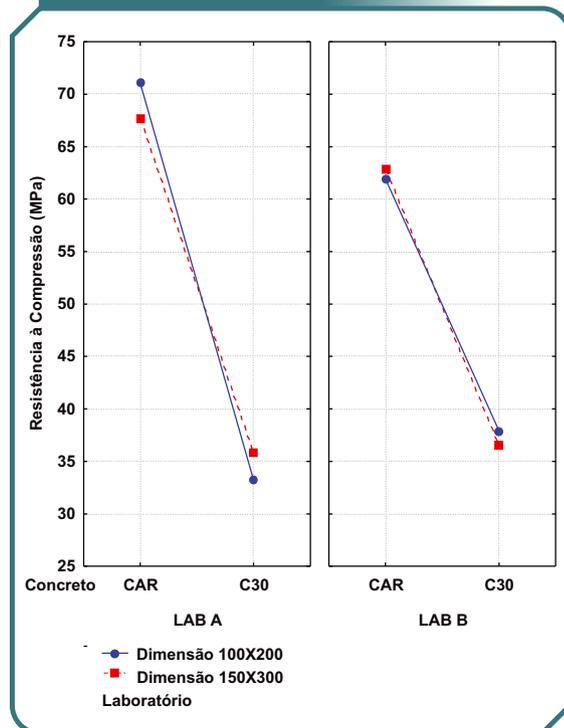
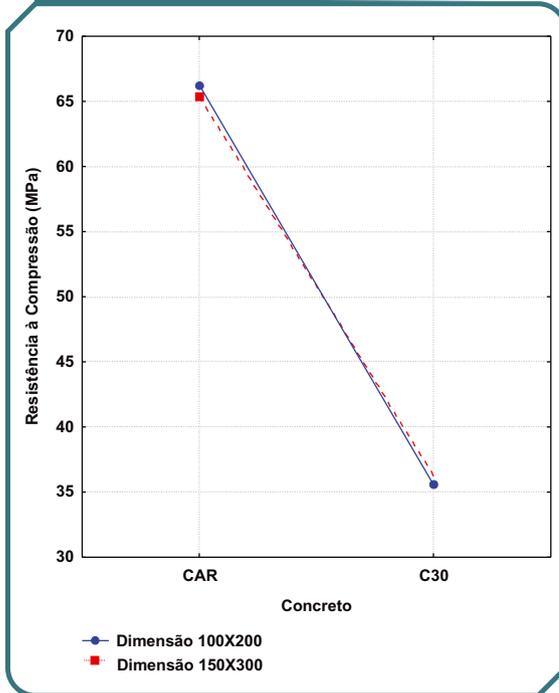


Figura 3.2 – Resistência média à compressão: efeito do tipo de concreto e da dimensão do corpo de prova, englobando os valores obtidos por todos os laboratórios



GURA 3.2, apresentaram médias de 35,6 MPa e 66,3 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 7,3% e 9,7%. Já, quanto aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm, os resultados de resistência à compressão apresentaram médias de 36,2 MPa e 65,4 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 2,1% e 6,7%.

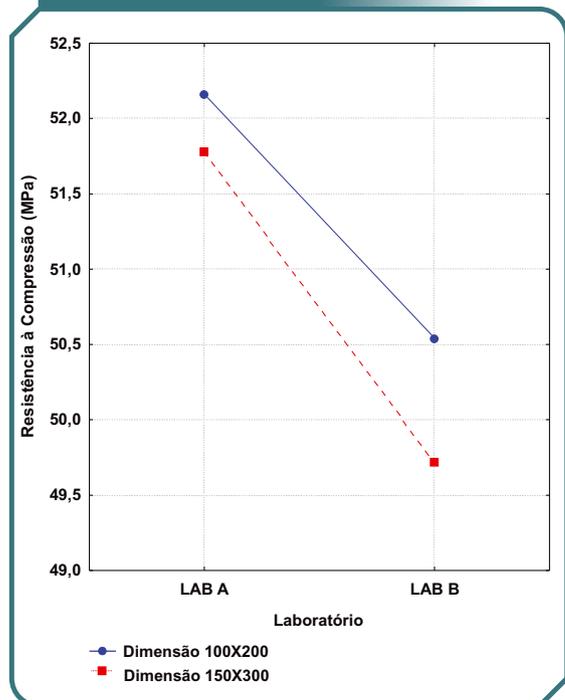
Quanto ao concreto Classe C30, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 5,2% maior) em relação aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm. Quanto ao CAR, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 3% maior) comparado aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm.

A FIGURA 3.3 mostra o efeito significativo do tipo de laboratório e da dimensão do corpo de prova, tendo o laboratório A apresentado os resultados de resistência à compressão maiores.

Quanto aos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm, os resultados de resistência à compressão nos laboratórios A e B, exibidos na FIGURA 3.3, apresentaram médias de 52,2 MPa e 50,5 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 37,5% e 25,8%. Já, quanto aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm, os resultados de resistência à compressão nos laboratórios A e B apresentaram médias de 51,8 MPa e 49,7 MPa, e os respectivos coeficientes de variação foram de 32,1% e 27,3%.

Quanto ao laboratório A, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 5,4% maior) em relação aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm. Quanto ao laboratório B, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 1,5% maior) comparado aos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm.

Figura 3.3 – Resistência média à compressão: efeito do tipo de laboratório e efeito da dimensão do corpo de prova, englobando os valores médios obtidos nos tipos de concreto



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O verdadeiro escopo de uma pesquisa consiste em fornecer dados capazes de subsidiar respostas e soluções para as incógnitas existentes nos vários campos do conhecimento humano. Assim, as considerações finais visam compilar as informações mais importantes, arrematar os resultados e assentar os aspectos práticos do estudo, facilitando o acesso do meio técnico às descobertas científicas.

As considerações finais retiradas da apresentação e análise dos resultados expostos anteriormente consideraram: a influência da classe do concreto, a dimensão do corpo de prova, o tipo de laboratório de ensaio, bem como a comparação entre estas variáveis obtidas no estudo e sua aplicabilidade na análise e inspeção das estruturas de concreto.

O conhecimento da resistência à compressão do concreto é matéria de fundamental importância, tanto nas etapas de projeto e execução como no caso de avaliações sobre a qualidade das estruturas em uso. Faz-se necessário compreender os conceitos relativos, as prescrições de ensaio e as variáveis que exercem influência, para interpretar os resultados e descartar possíveis discrepâncias ocasionadas por deficiências do equipamento de ensaio ou do operador.

1. Quanto ao concreto Classe C30, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 5,2% maior) em relação aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm. Quanto ao concreto Classe C60, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 3% maior) comparado aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm (FIGURA 3.2). Portanto, os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão. Este comportamento também foi obtido pela pesquisa de Martins (2008).
2. Quanto ao laboratório A, verificou-

-se que os corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 5,4% maior) em relação aos corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm. Quanto ao laboratório B, verificou-se que os corpos de prova com dimensão 150 mm x 300 mm apresentaram maior dispersão (coeficiente de variação 1,5% maior) comparado aos corpos de prova com dimensão 100 mm x 200 mm (Figura 3.3).

3. Apesar dos resultados obtidos a partir dos corpos de prova 100 mm x 200 mm apresentarem maior dispersão (maior coeficiente de variação), não é significativa a diferença destes com relação aos resultados obtidos a partir de corpos de prova 150 mm x 300 mm (evidenciado na Tabela 3.2).
4. Os laboratórios participantes do ensaio mostraram grande divergência de resultados, embora estivessem seguindo as diretrizes de norma. Isto serve de alerta da necessidade do aprofundamento das investigações, principalmente no que tange à influência dos tipos de concreto, dimensões de corpos de prova e aos diferentes processos utilizados pelos laboratórios envolvidos no estudo.

De um modo geral, as etapas de inspeção das estruturas de concreto envolvem uma série de atividades que vão desde a análise e coleta de projetos e especificações até o planejamento e desenvolvimento da metodologia de investigação. Além disso, a eficácia da avaliação depende de conhecimento e experiência por parte do investigador. O sucesso da aplicação das correlações obtidas neste estudo está profundamente associado à perícia do profissional e ao conhecimento prévio sobre o método de determinação da resistência à compressão do concreto.

Salienta-se que os resultados aqui obtidos são válidos para os materiais e condições de ensaios adotadas; portanto, deve-se considerar este limite da pesquisa.

5. AGRADECIMENTOS

A todos do Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

A todos da Empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda., pelo incondicional apoio e auxílio na execução do programa experimental.

A todos do corpo técnico de Furnas Centrais Elétricas, pelas sugestões, disponibilidade, boa vontade e presteza que sempre demonstraram.

A todos da Realmix e a todos da Pedreira Anhanguera, pela disponibilidade em fornecer agregados e cimento, que, a cada dúvida ou pedido, estiveram sempre prontos a ajudar.

Ao professor orientador Gilson Natal Guimarães e ao professor co-orientador

André Luiz Bortolacci Geyer, pelos ensinamentos transmitidos. E aos professores do Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (CMEC - EEC - UFG), pelas valiosas informações fornecidas.

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Universidade Federal de Goiás e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.

À sociedade brasileira, que, por meio da Universidade Federal de Goiás, do CNPq e o Procad/Capes, disponibilizaram minha bolsa de estudos e financiaram os materiais necessários para a pesquisa.

Referências Bibliográficas

- [01] ARAÚJO, SUÉLIO DA SILVA. Influência do tipo de medição na determinação do módulo estático de elasticidade do concreto [manuscrito] / Suélio da Silva Araújo. - 2011. xxxv, 212 f.: il., figs, tabs. Orientador: Prof. PhD. Gilson Natal Guimarães; Co-orientador: Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2011.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- [03] _____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- [04] _____. NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro, 2009.
- [05] BEER, F. P.; JOHNSTON Jr, E. R. J. Resistência dos Materiais. 3. ed. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., 1995. 1255 p.
- [06] CUPERTINO, A. L. L., CASTRO, A., INÁCIO, J. J., ANDRADE, M. A. S. Avaliação de fatores de ensaio que interferem na resistência à compressão e na resistência à tração simples do concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 49º., 2007a, Bento Gonçalves - RJ. Anais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007a. CD-ROM.
- [07] JACINTHO, A.E.P.G. de Ávila; GIONGO, J.S. Resistência Mecânica do Concreto. In: IBRACON, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: ISAIA, G. S. IBRACON, São Paulo, 2005. cap. 20, p. 605-632. ISBN 85-98576-03-4.
- [08] MARTINS, DANILO GOMES. Influência do tamanho do corpo de prova nos resultados de ensaios de módulo de deformação e resistência à compressão e suas correlações para concretos produzidos em Goiânia-GO [manuscrito] / Danilo Gomes Martins. - 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2008. METHA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. "Concreto-Microestrutura, Propriedades e Materiais." 1ª Ed. Português, IBRACON, São Paulo, 2008.
- [09] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. Adam M. Neville; tradução Salvador E. Giannusso. - 2. ed. rev. atual. - São Paulo: Pini, 1997-b. 182.
- [10] RODRIGUES, G. S. S. Módulo de deformação estático do concreto pelo método ultra-sônico: estudo da correlação e fatores influentes. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. 2003. 234 p.
- [11] SHEHATA, L. D. Deformações Instantâneas do Concreto. In: IBRACON, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: ISAIA, G. S. IBRACON, São Paulo, 2005. cap. 21, p. 633-654. ISBN 85-98576-03-4. ■



Fórum técnico nacional
de debates sobre a
tecnologia do concreto
e seus sistemas construtivos

08 a 11 de outubro de 2012

Centro Cultural e de
Exposições Ruth Cardoso
Maceió - Alagoas

[TEMAS]

- 1 - Gestão e Normalização
- 2 - Materiais e Propriedades
- 3 - Projeto de Estruturas
- 4 - Métodos Construtivos
- 5 - Análise Estrutural
- 6 - Materiais e Produtos Específicos
- 7 - Sistemas Construtivos Específicos
- 8 - Sustentabilidade

[ENVIO DE RESUMOS E TRABALHOS]

Pesquisadores, estudantes, empreendedores e profissionais em geral do setor construtivo estão convidados a participar do 54º Congresso Brasileiro do Concreto, apresentando seus trabalhos, pesquisas e realizações sobre o concreto, seus materiais constituintes e suas metodologias construtivas.

[DATAS IMPORTANTES]

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Envio de Resumos | até 19/março/2012 |
| Aceitação de Resumos | até 09/abril/2012 |
| Envio de Artigos | até 07/maio/2012 |
| Aceitação de Artigos | até 18/junho/2012 |
| Envio de Revisão de Artigos | até 06/julho/2012 |
| Aceitação Final de Artigos | 10/agosto/2012 |
| Evento | 08/10 a 11/10/2012 |

[PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO]

Empresas, órgãos governamentais e instituições da cadeia produtiva do concreto estão convidados a participar do evento, expondo seus produtos e serviços na VIII FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto, nas modalidades de patrocinadores e expositores.

Informações sobre estandes e patrocínios:

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

[EVENTOS PARALELOS]

**I Simpósio Latino-Americano sobre Concreto Autoadensável
SILAMCAA**

Seminário sobre Infraestrutura Metroviária e Ferroviária

Dam World Conference

**PAV 2012 - 3º Workshop IBRACON sobre Pavimentos
de Concreto**

[INFORMAÇÕES]

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68 | Bairro Jardim Olímpia – São Paulo – SP | CEP: 05542-120
Fone/Fax: +55 11 3735-0202 | Fax: +55 11 3733-2190
office@ibracon.org.br | www.ibracon.org.br

