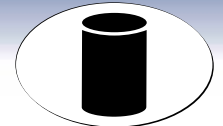


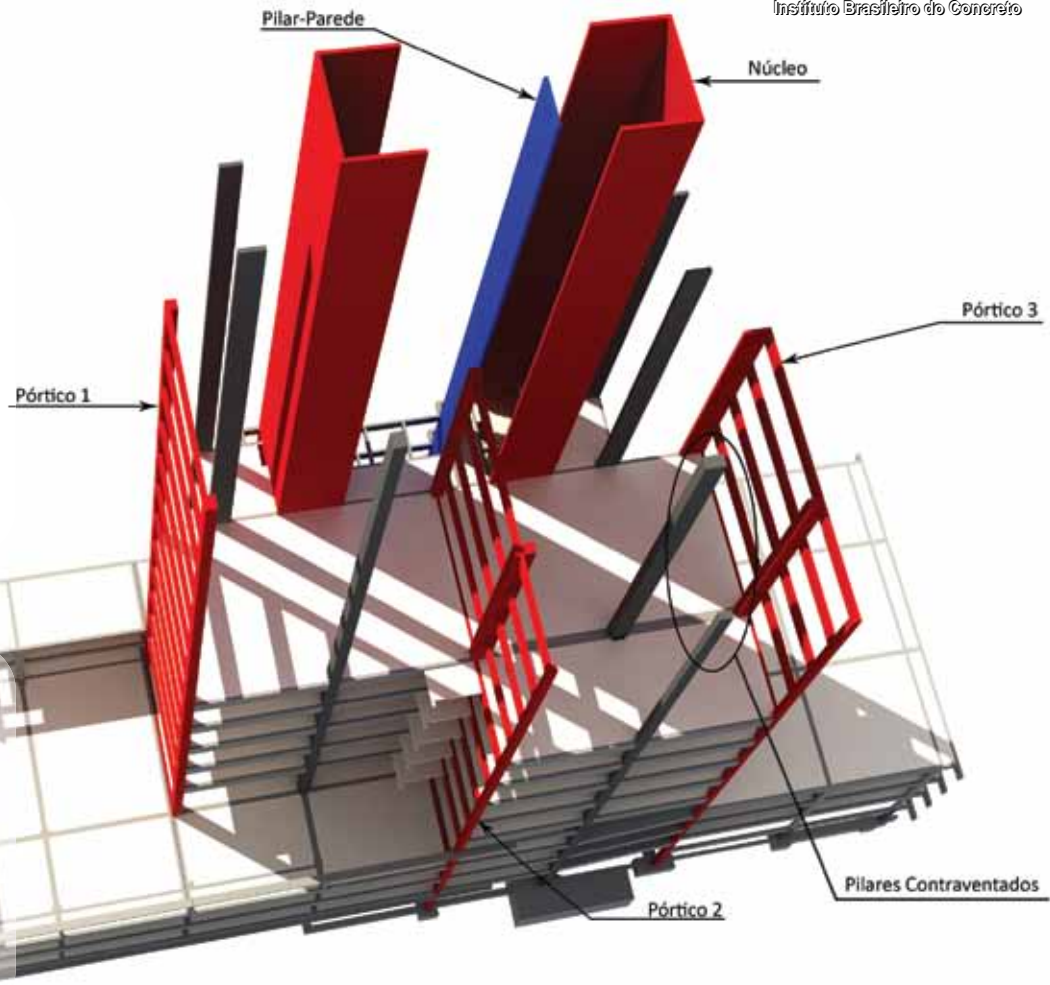
# CONCRETO

& Construções

Ano XXXIX | # 62  
Abr. • Mai. • Jun. | 2011  
ISSN 1809-7197  
www.ibracon.org.br



**IBRACON**  
Instituto Brasileiro do Concreto

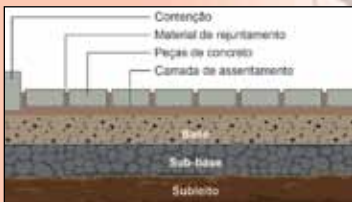


## PERSONALIDADE ENTREVISTADA



Prof. Paulo Monteiro: a durabilidade em escala nanométrica

## NORMALIZAÇÃO TÉCNICA



ABNT NBR 15938:2011 - Execução de pavimento intertravado

## MELHORES PRÁTICAS

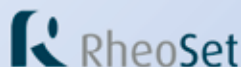


Centenário do concreto na ponte sobre Rio Potengi

# As melhores práticas no projeto e na construção de edificações

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

## ADITIVOS



## EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Ensaio



brasil máquinas

## ADIÇÕES



Concreto de Alto Desempenho

## JUNTAS



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



POPTICA UNIVERSIDADE CATÓLICA



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS



## ARMADURA



AMÉRICA LATINA



AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



ENGENHARIA



ENGENHARIA



engenharia



Tratamento de Filtrações

## JUNTE-SE A ELAS

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

### PRÉ-FABRICADOS



### CONTROLE TECNOLÓGICO



### CONSTRUTORAS



### FÔRMAS



### CIMENTO



### AGREGADOS



### GOVERNO



### CONCRETO



## 13 Perfil Profissional

Pesquisa revela as atribuições esperadas e os desvios mais comuns de função dos mestres de obras

## 20 Concreto Pozolânico

Ensaio experimental atestam durabilidade do concreto usado nas fundações da ponte sobre o Rio Potengi



## 27 Agregados reciclados

Estudo aponta a viabilidade econômica no uso de agregados reciclados em etapas de construção de edificações

## 37 Normalização técnica

Especificações da ABNT NBR 15938:2011, a norma para execução de pavimentos intertravados



## 45 Sistemas de revestimento

Comparativo entre três sistemas de revestimentos de paredes quanto ao custo e à produção

## 55 Lajes treliçadas

Os principais problemas na fabricação, no projeto e na execução de lajes treliçadas e recomendações para preveni-las

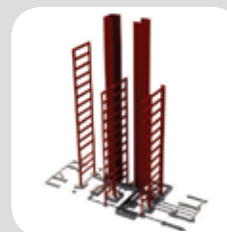


## 64 Novos materiais

Perspectivas do uso de nanotubos de carbono no cimento e no concreto

## 76 Análise estrutural

Avaliação das estruturas de contraventamento do edifício Norte-Sul de Campinas



### Créditos Capa:

Subestruturas de Contraventamento e elementos contraventados no Edifício Norte-Sul de Campinas

## SEÇÕES

- 5 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 7 Personalidade Entrevistada: *Paulo Monteiro*
- 19 Mantenedor
- 36 Entidades Parceiras
- 52 Mercado Nacional
- 61 Concreto Notícias
- 70 Acontece nas Regionais
- 86 Normas Técnicas
- 90 Mercado Editorial



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

**Diretor Presidente**  
José Marques Filho

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
(em aberto)

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor 1º Secretário**  
Nelson Covas

**Diretor 2º Secretário**  
Sonia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Carlos José Massucato

**Diretor Técnico**  
Carlos de Oliveira Campos

**Diretor de Eventos**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Ângela Masuero

**Diretor de Publicações e Divulgação Técnica**  
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

**Diretor de Marketing**  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Diretor de Relações Institucionais**  
Mário William Esper

**Diretor de Cursos**  
Flávio Moreira Salles

**Diretor de Certificação de Mão de obra**  
Júlio Timerman



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

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

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

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

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

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**  
office@ibracon.org.br

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



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

Copyright 2011 IBRACON. Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

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

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

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

editorial

## IBRACON: conquistas e desafios

**T**emos constatado, com grande satisfação, a constante evolução do nosso evento principal, o Congresso Brasileiro do Concreto, realizado anualmente em conjunto com a nossa FEIBRACON. No último ano, em Fortaleza, todos os recordes foram batidos, desde o número de artigos até o número de inscrições, além de uma forte participação de diversas empresas na nossa área de exposições. Diante desses últimos números, esperávamos que tivéssemos uma pequena queda este ano em Florianópolis. Mas, para nossa surpresa e satisfação, o número de resumos superou por larga margem nossas expectativas, o que indica que novamente poderemos ter um crescimento apreciável do evento, demonstrando a pujança do nosso setor e do nosso país. Esse evento significa uma conquista memorável para uma instituição como o nosso IBRACON, que, no ano que vem, completará 40 anos de existência. No nosso país, são pouquíssimos os exemplos de instituições que conseguiram continuar funcionando ou mesmo existindo depois de tanto tempo. Isso só foi possível devido à dedicação incansável de várias pessoas que, de forma voluntária e generosa, contribuíram e continuam contribuindo para consolidação do IBRACON. Seria até indelicado nominá-las porque são tantas que certamente faríamos alguma injustiça por esquecimento de alguém. Como todos podemos imaginar, não é fácil manter uma linha técnica independente e comprometida com a evolução do concreto em meio aos diversos interesses que estão representados no IBRACON. Mas temos conseguido e com muito êxito. Temos clareza de que o IBRACON representa e sua importância para evolução técnica na área da construção civil no Brasil, ao procurar harmonizar as diversas correntes de pensamento e diferentes setores que se respeitam e coexistem de forma construtiva no IBRACON. Talvez seja essa a maior conquista do IBRACON e não podemos perdê-la de vista para seguirmos em frente. Aliás, fazer com que o IBRACON progrida é uma das formas mais inteligentes de seguirmos homenageando a todos que tanto lutaram nos últimos 40 anos.

Este ano, em Florianópolis, estaremos recebendo as visitas dos Presidentes do ACI (American Concrete Institute), Prof. Ken Hover, e da RILEM (International Union of Labo-



ratories and Experts in Constructin Materials, Systems and Structures), Dr. Peter Richner. Com os primeiros, temos uma relação já bastante sedimentada pela nossa intensa colaboração nos últimos anos, inclusive no Comitê TC-71 da ISO (International Organization for Standardization) com o apoio da ABNT. Já com a RILEM, tivemos a oportunidade de celebrar recentemente um acordo de cooperação para desenvolvimento de atividades técnicas conjuntas. Esse acordo visa também permitir aos membros do IBRACON e da RILEM o acesso facilitado ao acervo técnico e científico de ambas instituições. Para o IBRACON, estas colaborações são fundamentais. O nível de nossos parceiros externos demonstra também o prestígio e o respeito que alcançamos internacionalmente ao longo de nossa história.

O IBRACON tem muito do que se orgulhar, mas também muito a conquistar em sua luta pelo Concreto no Brasil. São louváveis as recentes iniciativas na área de publicações (Revista Concreto & Construções, Revista IBRACON de Estruturas e Materias, e nossos diversos livros) e na área de certificação de mão de obra. Hoje já podemos vislumbrar a indexação científica de nossas revistas e também a consolidação do processo de certificação.

A nossa evolução passa necessariamente pelo fortalecimento das nossas regionais e dos nossos comitês técnicos. No ano passado, iniciamos uma reformulação dos procedimentos operacionais de nossas regionais que esperamos possa surtir efeitos significativos em breve, com a perspectiva do crescimento do número de nossos associados. A mesma revitalização está sendo implementada em relação aos comitês técnicos, na forma de parcerias com outras instituições, como a ABECE e a RILEM, por exemplo. Temos um longo caminho neste processo, mas, com a ajuda e participação de todos no IBRACON, cumpriremos nossa missão.

Tem sido árduo todo trabalho para alcançarmos os nossos objetivos. Com muita dedicação, humildade e respeito temos superado nossas dificuldades.

O IBRACON conta com sua participação e entusiasmo para avançarmos e construirmos um instituto cada vez melhor e mais forte. Participe!

**TÚLIO N. BITTENCOURT**  
VICE-PRESIDENTE DO IBRACON

# Converse com o IBRACON

Escreva para a  
**CONCRETO & Construções**

*Caros leitores,*

A revista CONCRETO & Construções é periódico impresso de divulgação técnica, científica e informativa do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON. Objetiva promover o uso correto do concreto, com vistas à segurança, produtividade, durabilidade e sustentabilidade e o intercâmbio entre os agentes do setor construtivo, em especial, desenvolvimento técnico-científico e a cadeia produtiva do concreto.

A cada edição, a revista traz artigos e matérias sobre temas, como: práticas consolidadas em projeto, execução, manutenção e gerenciamento de obras de concreto; tendências construtivas mais eficientes, competitivas e sustentáveis; novidades em termos de pesquisa e desenvolvimento de materiais construtivos e de sistemas construtivos à base de concreto; normalização técnica; informações e atividades de interesse social do setor construtivo.

Todos estão convidados a participar na produção das edições. As formas de participação podem ser:

- Sugestões de temas e enfoques a serem abordados na revista;
- Sugestões, críticas, curiosidades, questões e comentários gerais sobre a re-

vista, sobre o IBRACON, sobre o setor construtivo e sobre outros temas de interesse da comunidade técnica;

- Textos informativos sobre as atividades sociais e campanhas realizadas por instituições e empresas do setor construtivo;
- Informações sobre os eventos e atividades realizados nas Regionais do IBRACON ou programados para serem realizados;
- Artigo de análise da conjuntura econômica dos segmentos do setor construtivo;
- Artigo sobre as regulamentações legais do setor construtivo;
- Artigo técnico sobre obras, metodologias construtivas, pesquisas em geral, controle tecnológico, metodologias de recuperação estrutural e normas técnicas relacionadas ao concreto e aos seus sistemas construtivos.

As colaborações são avaliadas, a cada edição, pelo Comitê Editorial da CONCRETO & Construções, segundo critérios, como a pertinência da proposta ao projeto editorial da revista, a importância e o interesse do assunto ao leitor e à comunidade técnica em geral, a adequação da contribuição ao assunto de capa da edição, entre outros.

Participe! Envie sua colaboração para [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br) . ■



## Paulo Monteiro

PAULO MONTEIRO TEM SE DEDICADO, DESDE O INÍCIO DE SUA CARREIRA ACADÊMICA, NOS IDOS DOS ANOS 80, AO TEMA DA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. NESTE CAMPO, ELE PESQUISOU VÁRIOS DOS ASPECTOS QUE CONTRIBUEM PARA DIMINUIR A VIDA ÚTIL DAS OBRAS DE CONCRETO: A REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO; A CORROSÃO DE ARMADURAS; O ATAQUE DE SULFATOS; OS EFEITOS TÉRMICOS E A FISSURAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.

O ASSUNTO GANHOU RECENTEMENTE AINDA MAIS RELEVÂNCIA, DADA A PRIORIDADE ASSUMIDA PELO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NAS AGENDAS POLÍTICAS, SOCIAIS, ECONÔMICAS E CULTURAIS DE TODOS OS PAÍSES. DESENVOLVER NOVOS MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS QUE GARANTAM MAIOR VIDA ÚTIL AO AMBIENTE CONSTRUÍDO, CONTRIBUINDO, ASSIM, PARA REDUZIR O CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS LIMITADOS E PARA REDUZIR O VOLUME DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO MEIO AMBIENTE, É QUESTÃO INADIÁVEL, QUE TEM DEMANDADO GRANDES SOMAS DE DINHEIRO EM PESQUISAS.

NESTE CONTEXTO, A NANOTECNOLOGIA DESPONTA COMO SOLUÇÃO TÉCNICA DO FUTURO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. CONHECER OS PRODUTOS DA HIDRATAÇÃO DO CIMENTO E AS COMPLEXAS REAÇÕES DE DETERIORAÇÃO NO CONCRETO, EM ESCALA NANO, É A CHAVE PARA PROVER TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO E DE DESENVOLVIMENTO DESSES MATERIAIS QUE RESULTEM EM ESTRUTURAS MAIS RESISTENTES, DURÁVEIS E SUSTENTÁVEIS.

EM SEU GRUPO DE PESQUISA NA UNIVERSIDADE DE BERKELEY, NOS ESTADOS UNIDOS, O PROF. PAULO MONTEIRO TEM ESTUDADO OS PRODUTOS DE HIDRATAÇÃO E AS REAÇÕES DELETÉRIAS NO CONCRETO, EM ESCALA NANOMÉTRICA, E CORRELACIONADO AS DESCOBERTAS COM SEUS EFEITOS MECÂNICOS EM ESCALA NATURAL. ESSAS PESQUISAS TÊM SIDO POSSÍVEIS DEVIDO AO DESENVOLVIMENTO DE UMA NOVA GERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS: APARELHO DE LUZ SÍNCROTRON, MICROSCÓPIO DE RAIOS X E TOMOGRAFIA COM RESOLUÇÃO DE 20NM (NANÔMETROS).

PARA FALAR SOBRE O USO DA NANOTECNOLOGIA APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL, SUAS DESCOBERTAS E DESAFIOS, PAULO MONTEIRO, CONCEDEU ESTA ENTREVISTA NUM DOS INTERVALOS ENTRE SUAS PALESTRAS E CONSULTAS TÉCNICAS E ACADÊMICAS, DURANTE O 52º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO.

**IBRACON** - CONTE-NOS RESUMIDAMENTE SUA CARREIRA PROFISSIONAL. POR QUE ESCOLHEU CURSAR ENGENHARIA CIVIL? POR QUE A ESCOLHA DA ÁREA DE MATERIAIS? POR QUE DECIDIU SER PESQUISADOR E FAZER PESQUISA NOS ESTADOS UNIDOS? POR QUAIS INSTITUIÇÕES O SENHOR PASSOU E O QUE FEZ NESSAS INSTITUIÇÕES ANTES DE CHEGAR A BERKELEY?

**Monteiro** - Eu fiz a Escola Politécnica da USP, onde me formei em 79. Antes disso, eu trabalhei no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), a convite da doutora Yasuko Tesuka. No IPT, dividi a sala com o Paulo Helene e com o Carlos Tango.

Foi uma experiência fantástica! Uma época de ouro [para o segmento construtivo brasileiro], no qual pude fazer muita pesquisa. O Paulo Helene me deu muito apoio, falando que eu tinha boas idéias, e me orientou quanto ao campo de pesquisa para a pós-graduação, num período em que a pós-graduação em engenharia civil começava no Brasil e, por isso, o espaço de atuação em pesquisa era muito amplo. Nós montamos juntos um projeto de pesquisa.

Outra pessoa importante para mim foi o Prof. Paulon, que me apresentou ao Prof. Roy Carlsson, o grande consultor das barragens brasileiras, logo que me formei na USP. Eu e o Roy nos demos muito bem, ele acabou me convidando para ir aos Estados Unidos. Eu dei muita sorte! Eu havia ganho uma bolsa de estudos do Rotary Internacional e, apesar de a bolsa ter sido dada para cursar uma outra universidade, consegui convencê-los de que Berkeley seria uma ótima opção. Então, fiz o mestrado e, em seguida, fui convidado para fazer o doutorado em Berkeley. Quem fez este convite foi o Prof. Mehta. O convite mudou tudo. Você nunca tem o controle que imagina ter sobre sua carreira. Eu pensava em fazer toda pesquisa sobre tecnologia de barragens. Mas, já nos anos 80, não tinha mais barragens sendo

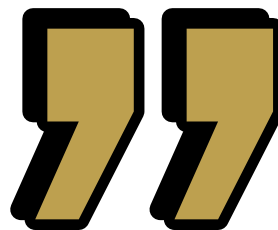
construídas nos Estados Unidos. O Mehta sugeriu, então, que eu estudasse a aderência entre os agregados e a pasta de cimento, o que foi ótimo, foi uma oportunidade fantástica. Acabei fazendo o pós-doutorado lá também, finalizado em 85.

Nesse mesmo ano voltei para o Brasil, indo trabalhar na Companhia de Cimento Paraíso. Como havia uma estabilidade na economia, era a época do Plano Cruzado, eu pensava que ficaria morando no Rio de Janeiro, trabalhando como consultor geral de cimento e concreto na indústria do doutor Paulo Freire.

Realmente, estava pensando em ficar pelo resto da vida no Rio de Janeiro! Mas, é aquela história de oportunidade, tem que se ter um pouco de sorte na vida! Um professor se aposentou e surgiu uma vaga em Berkeley. Era uma chance na vida! Teve uma competição, onde muitos concorreram, mas me escolheram. No entanto, foi um período difícil para mim. Quase que eu não fui. Por uma semana eu desapareci. Naquela época, isso era possível, porque o e-mail era bem restrito, mandava-se telegrama. Foi uma semana de crise. Falei com o doutor Paulo Freire, que tinha me dado o maior apoio para o doutorado, e ele me disse: 'Olha, eu entendo. É uma chance na sua vida. Vai lá! Se por acaso não der certo, você volta para a empresa'. Isso foi há 24 anos atrás!



VOCÊ NUNCA TEM O CONTROLE QUE IMAGINA TER SOBRE SUA CARREIRA.



**IBRACON** - POR QUE O SENHOR RESOLVEU IR PARA A ÁREA DE NANOTECNOLOGIA?

**Monteiro** - Antes de tomar este partido, eu estudei por vários anos a durabilidade. Esta foi a minha grande linha de pesquisa. Estudei todos os aspectos da durabilidade: desde a formação de gelo [em estruturas de concreto]; os ataques por sulfato; a corrosão de armaduras; a reação álcali-agregado; etc. Na pesquisa da reação álcali-agregado, tive grande apoio de Furnas (Furnas Centrais Elétricas). Na época, quem comandava os labo-



ratórios de Furnas era o Walton Pacelli. Desde aquela época, tivemos um bom e contínuo relacionamento profissional, que perdura até hoje. Nosso último projeto, da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), acabou o ano passado.

**IBRACON - HOJE EM DIA O SENHOR ESTÁ 100% NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA?**

**Monteiro** - Não. Seria uma bobagem pesquisar numa única linha. Continuo pesquisando os aspectos da durabilidade. Mesmo ao pesquisar nanotecnologia, não se fica apenas pesquisando isso, porque é preciso saber quais os impactos [da nanoestrutura] no comportamento mecânico [da estrutura]. É o que se chama os efeitos de multiescala. Na minha tese de doutorado, eu fui até a microestrutura. O que fiz, em seguida, foi expandir a pesquisa para a nanoestrutura. Não foi, então, uma mudança tão radical. Porque não tem sentido se pesquisar a nanoestrutura sem saber suas conseqüências na parte estrutural.

**IBRACON - HOJE EM DIA JÁ SE SABE OS IMPACTOS QUE A PESQUISA DA NANOESTRUTURA DO CONCRETO PODE TRAZER EM TERMOS ESTRUTURAIS?**

**Monteiro** - Ninguém tem certeza ainda. Está faltando uma aplicação específica [que seja impactante]. Na biologia e na química, há centenas de aplicações. Na área civil, têm algumas, mas não a ponto de se dizer que valeu a pena. No momento, a nanotecnologia está dando subsídios para se entender melhor o concreto. Mas, ainda não desenvolveu um produto específico, sobre o qual se possa dizer que foi 100% desenvolvido com os recursos da nanotecnologia.

**IBRACON - POR QUE AINDA NÃO SE CHEGOU LÁ?**

**Monteiro** - Começamos há pouco tempo e as pesquisas ainda são muito individuais. Eu acredito piamente que, para haver um gran-

de desenvolvimento [em termos tecnológicos], tem que haver uma grande coordenação neste sentido, com equipes multidisciplinares de pesquisadores na área civil, química, física, físico-química.

**IBRACON - QUE TIPO DE PRODUTO FOI TOTALMENTE DESENVOLVIDO COM NANOTECNOLOGIA?**

**Monteiro** - A indústria farmacêutica, por exemplo, está desenvolvendo remédios cujo princípio ativo é liberado ao longo do tempo ou atua especificamente numa célula agressiva. Então, nesta área, existem pesquisas sobre as quais se pode falar que realmente valeram a pena!



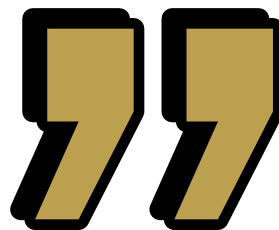
**IBRACON - QUAL É O FOCO HOJE EM DIA EM PESQUISA DA NANOESTRUTURA DO CONCRETO?**

**Monteiro** - Duas são as áreas de maior interesse. Os modelos matemáticos [aplicados à nanoestrutura do concreto], onde se simula a nanoestrutura ou a estrutura atômica por computador. Não é um processo fácil, pois, em alguns casos, são necessários supercomputadores. Esta seria uma pesquisa mais fundamental e teórica.

Uma outra linha de pesquisa, mais aplicada, é aquela que eu apresentei no 52º Congresso Brasileiro do Concreto (o entrevistado foi palestrante de uma das Conferências Plenárias no evento, onde apresentou as pesquisas sobre a nanoestrutura do concreto que vem desenvolvendo

na Universidade de Berkeley). Existe ainda as pesquisas desenvolvidas pelo NANOCEM (rede europeia de pesquisadores, formadas por 23 parceiros acadêmicos e 14 parceiros industriais, dedicados às pesquisas sobre a nanoestrutura do cimento e do concreto), cuja diretora é a Karen Scrivener, que agrega uma dezena de pesquisadores de vários países europeus, integrando vários aspectos da pesquisa em nanotecnologia.

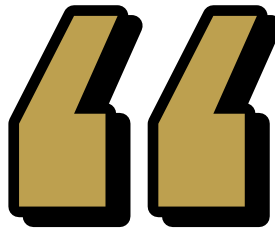
NO MOMENTO, A NANOTECNOLOGIA ESTÁ DANDO SUBSÍDIOS PARA SE ENTENDER MELHOR O CONCRETO.



na Universidade de Berkeley). Existe ainda as pesquisas desenvolvidas pelo NANOCEM (rede europeia de pesquisadores, formadas por 23 parceiros acadêmicos e 14 parceiros industriais, dedicados às pesquisas sobre a nanoestrutura do cimento e do concreto), cuja diretora é a Karen Scrivener, que agrega uma dezena de pesquisadores de vários países europeus, integrando vários aspectos da pesquisa em nanotecnologia.

**IBRACON - POR QUE O CONCRETO É O MATERIAL CONSTRUTIVO MAIS LARGAMENTE EMPREGADO NO MUNDO? O FUTURO DO MATERIAL É O DE MANTER SEU REINADO? POR QUÊ?**

**Monteiro** - Esta é simples. Por causa de uma combinação de fatores. A matéria-prima para fabricação do concreto e também do cimento, componente responsável pela propriedade aglomerante do concreto, está disponível em qualquer lugar do mundo. O carbonato de cálcio e a argila para fabricação do cimento são encontrados em quase todo mundo. O concreto é barato. No entanto, a fabricação de cimento libera elevada quantidade de CO<sub>2</sub>, motivo pelo qual se tem realizado tantas pesquisas buscando materiais substitutos ou formas de uso mais adequadas.



**IBRACON - JÁ EXISTE ALGUM POSSÍVEL SUBSTITUTO DO CIMENTO?**

**Monteiro** - Há vários candidatos, o gel polímero, por exemplo, é um deles. Várias empresas estão tentando criar um substituto para o cimento, mas as perspectivas ainda são pequenas. Existe muito dinheiro envolvido nas pesquisas, centenas de milhões de dólares. No curto prazo, ninguém acredita que o cimento possa ser substituído. A médio prazo ou longo prazo, é possível visualizar uma solução parcial, mas com muito investimento financeiro. O gel polímero já é usado na construção civil. Tem uma companhia na Austrália que está fazendo isso regularmente. Mas, ninguém ainda o usa na área estrutural, porque o risco é muito grande. O primeiro acidente que ocorrer simplesmente elimina a companhia do mercado, não importando se é culpa do material, do projeto, da construção. O risco é muito grande! Então, usa-se o gel em aplicações não estruturais, embora tudo indique que será possível usá-lo também na área estrutural. Por isso, eu digo que o cimento Portland

A PESQUISA PRECISA LEVAR EM CONTA A INTERSECÇÃO ENTRE CUSTO BAIXO DO PRODUTO E MATÉRIA-PRIMA PRATICAMENTE ILIMITADA.



vai continuar a ser usado por longo tempo. Mesmo que surgisse um material ideal, seria necessário testá-lo. A engenharia civil é superconservadora e com razão. Pense, por exemplo, numa ponte Rio-Niterói, na barragem de Itaipu, onde se espera que a obra dure 100, 200 anos, como é que se vai ter certeza disso ao se usar um novo material construtivo? Nós já temos o histórico do cimento Portland. Quanto a outro material maravilhoso, pode ser que apareça, mas ainda estamos pesquisando. Então, a substituição do cimento Portland é uma expectativa de longo prazo. Por vários motivos. Um motivo: é preciso testar o novo material. É preciso testar, pelo menos, por uns cinco anos, antes que possa ser colocado na área estrutural com segurança e tudo o mais. Outro motivo é a abundância de matéria-prima. Mesmo que se descubra um material que funcione perfeitamente, pode ser que a matéria-prima necessária para sua fabricação seja um material exótico, não seja tão fácil de encontrar como o cálcio, o carbonato, o magnésio e, com isso, que seja uma matéria-prima cara. Quer dizer: a matéria-prima precisa ser disponível em quantidades gigantescas e espalhada por todo mundo. Isso limita muito a pesquisa, pois esta precisa levar em conta a intersecção entre custo baixo do produto e matéria-prima praticamente ilimitada.

**IBRACON - É POSSÍVEL ATRAVÉS DA NANOTECNOLOGIA SE DESENVOLVER O PRÓPRIO CIMENTO PORTLAND?**

**Monteiro** - Sem dúvida! Uma das atividades mais promissoras é a otimização do silicato de cálcio hidratado.

**IBRACON - QUAIS PRODUTOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL A NANOTECNOLOGIA JÁ DESENVOLVEU?**

**Monteiro** - Um produto que deu certo foi o

cimento branco com óxido de titânio: ele é autolimpante, continuando branco ao longo do tempo. Além disso, ele capta da atmosfera materiais tóxicos. Sua aplicação foi perfeita porque ele funciona a nível da nanoestrutura. O produto foi um desenvolvimento propiciado pela nanotecnologia.

Outra aplicação são as nanoargilas para controlar a reologia do concreto. Enquanto o concreto é vibrado, ele flui para todos os lados, como o concreto autoadensável. Mas, no momento em que cessa a vibração, o concreto fica mais viscoso.

Mas, são áreas de impacto total pequeno, quer dizer, funciona num determinado nicho.

**IBRACON - NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICA E COMPARATIVA, QUE AVANÇOS TECNOLÓGICOS TEMOS EXPERIMENTADO QUE NOS AJUDAM A MELHOR ENTENDER O COMPORTAMENTO DO CONCRETO E DE SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES?**

**Monteiro** - Basicamente, é que agora nós dispomos de técnicas para melhor caracterizar materiais complexos, como o cimento Portland e o concreto. Antigamente, as técnicas exigiam que as experimentações fossem feitas no vácuo. Mas, o concreto contém água. Então, ao se secar demais o concreto, o material se perde. Agora, as técnicas mais modernas eliminaram este requisito. Hoje, nós temos técnicas de caracterização do concreto que não tínhamos há dez anos, com precisão de nanômetros, sendo possível caracterizá-lo tal como ele acontece na natureza. Isso na parte experimental.

Na parte teórica, hoje em dia, os computadores ficaram muito poderosos. Se consegue fazer simulações avançadas, especialmente de materiais simples, como os metais. Mas, o concreto é muito complexo, de modo que o desenvolvimento na área de computação permitiu avançar nos modelos teóricos; mas, ainda, há muito para se trabalhar nessa área.

**IBRACON - QUAL É A QUESTÃO-CHAVE NO ESTUDO DAS NANOESTRUTURAS DO CONCRETO?**

**Monteiro** - São duas. Uma é entender realmente o desenvolvimento das reações. A outra é a utilização desse conhecimento. Por exemplo, para desenvolver aditivos químicos mais eficientes, é preciso saber onde eles estão atuando, o que está sendo absorvido, o que está sendo otimizado.

**IBRACON - PARA ONDE VÃO OS MAIORES INVESTIMENTOS NESTA ÁREA?**

**Monteiro** - Há dois tipos de investimentos. O investimento industrial é aplicado na pesquisa para criar um cimento mais sustentável. A indústria e os investidores estão tão ávidos por uma solução: se você tiver uma idéia boa, viável, você consegue bilhões de dólares. A companhia NANOCEM foi desenvolvida com a idéia de um aluno de doutorado.

Na área científica, aí vale tudo relacionado à nanotecnologia: aumentar a ductilidade; melhorar a hidratação do silicato de cálcio; etc. Não tem uma linha específica.

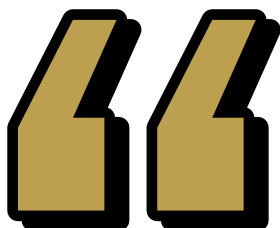
**IBRACON - DE QUE FORMA OS ESTUDOS NA ÁREA DE NANOTECNOLOGIA DO CONCRETO**

**PODEM CONTRIBUIR PARA RESPONDER AOS DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE E DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?**

**Monteiro** - Novamente, é utilizar o cimento Portland de uma maneira mais eficiente, ou seja, otimizando seu uso no concreto. Quer dizer, no aspecto global, usa-se o cimento Portland, mas de uma maneira mais inteligente.

Segundo, é desenvolver aditivos químicos ou adições que melhorem o comportamento do concreto, através de um entendimento mais refinado sobre o material.

**IBRACON - EM QUE PAÍSES A PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA DO CONCRETO ESTÁ MAIS AVANÇADA?**



HOJE, NÓS TEMOS TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO QUE NÃO TÍNHAMOS HÁ DEZ ANOS, COM PRECISÃO DE NANÔMETROS.



**Monteiro** - Na Europa, com o pessoal do NANOCEM. Nos Estados Unidos, com a universidade Berkeley e o MIT (Massachusetts Institute Technology). No Japão, com as companhias de cimento, onde não se sabe tanto o que está sendo feito.

#### **IBRACON - E NO BRASIL?**

**Monteiro** - Acredito que várias universidades têm feito pesquisas de ponta, mas não sei os detalhes. Dois dos meus alunos de doutorado, Maurício Mancio e Ana Paula Kirchheim (co-orientada pela Prof. Denise Dal Molin), pesquisaram aspectos de nanotecnologia em Berkeley e, agora, querem desenvolver essas técnicas no Brasil.

#### **IBRACON - QUANDO COMEÇARAM E QUEM FORAM OS PRECURSORES NA APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA DO ESTUDO DO CONCRETO?**

**Monteiro** - Basicamente, foi o grupo da Karen Scrivener, do NANOCEM. Nós, de Berkeley, que começamos a fazer a pesquisa em nanotecnologia do concreto há uns 15 anos. Mais recentemente, o grupo do MIT está desenvolvendo pesquisas muito interessantes. Há também, quase me esqueci, um grupo de pesquisadores no Canadá. São grupos pequenos, de quatro ou cinco pesquisadores, que têm desenvolvido a maior parte das pesquisas.

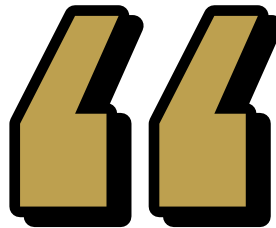
#### **IBRACON - QUE INVESTIMENTOS O PAÍS TERIA QUE FAZER PARA INGRESSAR NESTA ÁREA DE PESQUISA?**

**Monteiro** - O momento é perfeito para o investimento. O Brasil tem a infraestrutura (o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron na UNICAMP, em Campinas, por exemplo), tem alunos excelentes, tem o interesse de pesquisadores de várias outras áreas que não da engenharia civil. O que está faltando, na verdade, é um catalisador, uma pessoa ou um grupo pequeno que apresente um projeto compatível com a realidade do país.

Daria para fazer um centro de excelência. Está tudo perfeito para isso, tudo está alinhado: a economia está boa, o Brasil está com um entusiasmo grande, é possível criar novas linhas de pesquisa, existe flexibilidade para isso, e existe a disponibilidade de dinheiro de investidores. Por isso, que eu digo, que o momento é propício. Em termos de entendimento, de renome e de interesse, a indústria começa a ter a percepção de que para eles a pesquisa em nanotecnologia é muito importante. Não existe ainda um produto específico no mercado, mas

os benefícios gerados pela pesquisa são enormes: se entende melhor a estrutura do material, se vê as possibilidades do que é possível fazer.

É preciso fazer um projeto muito bem feito, enxuto, que não queira resolver tudo, pois a indústria é madura o suficiente para saber que não é viável. Um projeto que incorpore aspectos da realidade do país: materiais nacionais, rejeitos nacionais. Somente a caracterização detalhada dos rejeitos já poderia render benefícios muito grandes, econômicos, inclusive.



A INDÚSTRIA COMEÇA A TER A PERCEPÇÃO DE QUE A PESQUISA EM NANOTECNOLOGIA É MUITO IMPORTANTE.

#### **IBRACON - COMO O IBRACON PODERIA CONTRIBUIR PARA QUE**

O PAÍS AVANÇASSE NA PESQUISA COM NANOTECNOLOGIA NA ÁREA DO CONCRETO?

**Monteiro** - O IBRACON seria fundamental. Ele poderia criar uma carta de entendimento, um documento público, onde o instituto expusesse as linhas de

pesquisa fundamentais que pudessem ser desenvolvidas no país. Neste documento, o instituto afirmaria que a pesquisa em nanotecnologia é fundamental, vincularia a pesquisa ao conceito de sustentabilidade e sustentaria como crítica a infraestrutura na área de luz em Campinas. Por fim, pleitearia a captação de verbas para o desenvolvimento das linhas de pesquisa. ■



# Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras

MARCOS ROBERTO DA CRUZ FERREIRA - ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO CIVIL  
DANIEL GARCIA LAGO - ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO CIVIL  
ANDRÉ NAGALLI - PROFESSOR  
DEP. DE CONSTRUÇÃO CIVIL - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

## 1. INTRODUÇÃO

O atual reaquecimento do setor da construção coloca as empresas atuantes da área dentre as mais poderosas do país, apresentando um perfil de baixo risco para novos investimentos. Porém, problemas como desperdício e desorganização nos canteiros de obra ainda são marcantes. Dentre os principais problemas encontrados, destacam-se: o mau dimensionamento das atribuições dos profissionais envolvidos e seus desvios de função nas diversas fases de uma obra, o que caracteriza o sombreamento das atividades que, entre outros males, gera perdas de um dos mais escassos recursos da construção, o tempo. Tal fato deve-se, muitas vezes, à falta de liderança e de planejamento das equipes, à deficiência na integração do pessoal, à confiança exagerada em profissionais sem a adequada capacitação e à desvalorização da mão de obra.

A indústria da construção civil é extremamente dependente da mão de obra. Em virtude disso, a produtividade, os prazos e a qualidade intermediária e final dos ser-

viços dependem diretamente do nível de treinamento dos operários e do planejamento e controle da construção.

A relação entre operários especializados e não especializados é de quase um terço. E, como a forma predominante de qualificação continua ocorrendo no próprio ambiente de trabalho, o tempo mínimo de aprendizado seria de 5 a 7 anos. E apesar do longo período de aprendizado, nem todos os operários conseguem qualificação para atender a demanda das obras. De três operários não qualificados, somente um terá possibilidade de aprender o ofício; os outros dois, ou permanecem não qualificados, ou saem da atividade (MASCARÓ e MASCARÓ, 1981).

Segundo Franco (1995), a reprodução do trabalho na construção civil não é realizada por meio de uma seleção e treinamento formal e, com isso, as empresas acabam submetendo suas regras de comunicação e de estrutura organizacional aos hábitos provenientes da cultura de seus operários e pactuam com a hierarquia de poder estabelecido no interior da estrutura de ofícios, centralizada na figura do mestre de obras, o operário que ocupa a

posição máxima, desempenhando a função central da gestão da força de trabalho.

Segundo a Classificação Brasileira de Ocupações (MTE, 2002), são tarefas inerentes ao mestre de obras: supervisionar equipes de trabalhadores da construção civil que atuam em canteiros de obras civis;

elaborar documentação técnica; e controlar recursos produtivos da obra (arranjos físicos, equipamentos, materiais, insumos e equipes de trabalho). Para Vargas (1983), se é verdade que os operários da construção desenvolvem saber prático do trabalho e de seu ofício, pode-se também afirmar

Figura 1 – Rastreabilidade de problemas

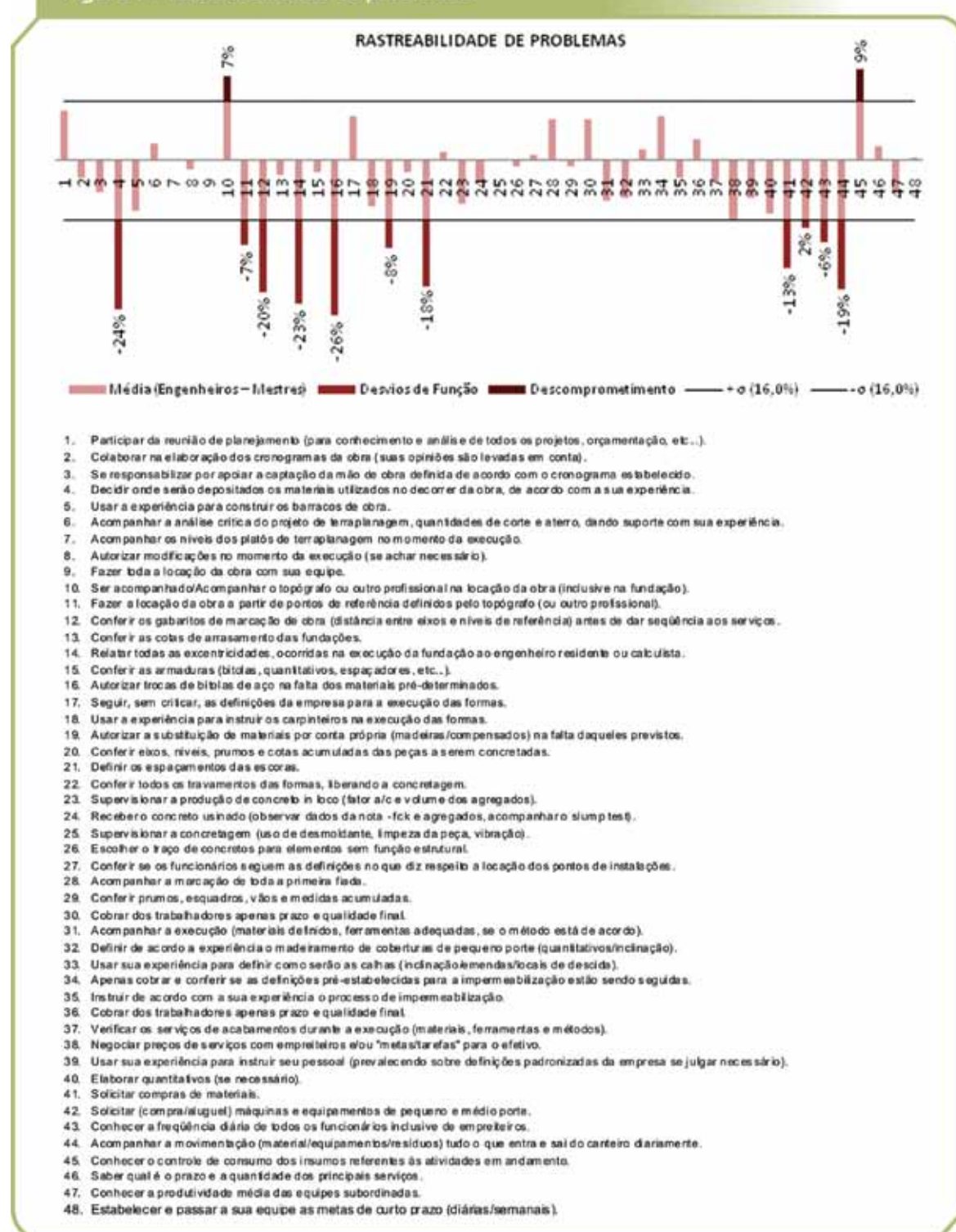
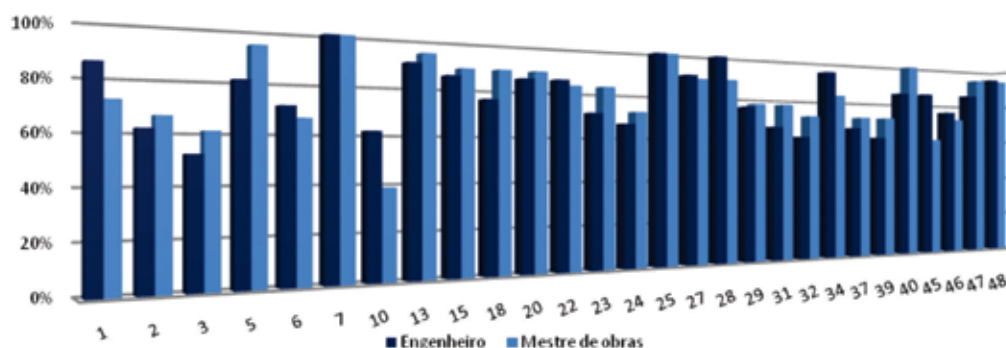


Figura 2 – Atribuições de um mestre de obras



- 1.Participar da reunião de planejamento (para conhecimento e análise de todos os projetos, orçamentação, etc...).
- 2.Colaborar na elaboração dos cronogramas da obra (suas opiniões são levadas em conta).
- 3.Se responsabilizar por apoiar a captação da mão de obra definida de acordo com o cronograma estabelecido.
- 5.Usar a experiência para construir os barracos de obra.
- 6.Acompanhar a análise crítica do projeto de terraplanagem, quantidades de corte e aterro, dando suporte com sua experiência.
- 7.Acompanhar os níveis dos platôs de terraplanagem no momento da execução.
- 10.Ser acompanhado/Acompanhar o topógrafo ou outro profissional na locação da obra (inclusive na fundação).
- 13.Conferir as cotas de arrasamento das fundações.
- 15.Conferir as armaduras (bitolas, quantitativos, espaçadores, etc...).
- 18.Usar a experiência para instruir os carpinteiros na execução das formas.
- 20.Conferir eixos, níveis, prumos e cotas acumuladas das peças a serem concretadas.
- 22.Conferir todos os travamentos das formas, liberando a concretagem.
- 23.Supervisionar a produção de concreto in loco (fator a/c e volume dos agregados).
- 24.Receber o concreto usinado (observar dados da nota - fck e agregados, acompanhar o slump test).
- 25.Supervisionar concretagens (uso de desmoldante, limpeza das peças, vibração).
- 27.Conferir se os funcionários seguem as definições no que diz respeito à locação dos pontos de instalações.
- 28.Acompanhar a marcação de toda a primeira fiada de alvenaria.
- 29.Conferir prumos, esquadros, vãos e medidas acumuladas da alvenaria.
- 31.Acompanhar a execução da alvenaria (materiais definidos, ferramentas adequadas, se o método está de acordo).
- 32.Definir de acordo a experiência o madeiramento de coberturas de pequeno porte (quantitativos/inclinação).
- 34.Cobrar e conferir se as definições pré-estabelecidas para a impermeabilização estão sendo seguidas.
- 37.Verificar os serviços de acabamentos durante a execução (materiais, ferramentas e métodos).
- 39.Usar sua experiência para instruir seu pessoal (prevalecendo sobre definições padronizadas da empresa se julgar necessário).
- 40.Elaborar quantitativos (se necessário).
- 45.Conhecer o controle de consumo dos insumos referentes às atividades em andamento.
- 46.Saber qual é o prazo e a quantidade dos principais serviços.
- 47.Conhecer a produtividade média das equipes subordinadas.
- 48.Estabelecer e passar a sua equipe as metas de curto prazo (diárias/semanais).

que os mestres desenvolvem o saber prático do poder técnico-social na produção, ou seja, desempenham liderança de equipes com base em um espaço hierárquico adquirido, em geral, por larga experiência prática, de caráter preponderantemente empírico. Sua habilidade específica consiste em gerenciar interesses, relações e conflitos.

O mestre de obras representa um custo elevado para a construção, principalmente por estar presente em todas as fases de uma obra. Com o intuito de desenvolver melhorias em todo o sistema produtivo, a presente pesquisa se propõe a estudar o mestre de obras em suas competências, atribuições e desvios, mapeando suas atribuições, listando seus desvios de função mais comuns e traçando o perfil deste trabalhador para obras residenciais de médio padrão em Curitiba.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir de uma visão geral das atividades desenvolvidas nas diferentes fases de uma obra, fez-se uma análise preliminar do que se julga função do mestre de obras, que serviu de base para um questionário de entrevista, direcionado aos envolvidos na obra, possibilitando o mapeamento prévio das atribuições deste cargo. Este formulário é composto por afirmações relativas às funções e aos desvios, às atividades cotidianas e às expectativas em relação ao profissional mestre de obras durante as diversas fases de uma obra. Ao entrevistado, pedia-se a análise das afirmações, optando por concordar ou discordar, sempre embasado na realidade da sua obra.

A aplicação desses questionários aconteceu em duas etapas. A primeira

etapa se desenvolveu em cinco canteiros de obra, por meio de entrevistas a engenheiros e mestres de obra visando à elaboração do questionário. Na segunda etapa, a nova versão do questionário foi aplicada a engenheiros e mestres de obras em 30 canteiros de obras, habitações coletivas e individuais, de perfil típico do atual mercado de imóveis, na cidade de Curitiba, PR. O detalhamento do método de pesquisa é descrito em Lago e Ferreira (2010).

Os dados coletados foram agrupados, por tipologia, adotando-se como padrões de comportamento as respostas de maior frequência (para engenheiros e mestres), com a geração de percentuais de frequência das respostas do tipo “concordo/discordo”.

Comparando-se as respostas, puderam-se evidenciar objetivamente as divergências entre as opiniões de engenheiros e mestres de obra. O critério de limites de controle estabelecido foi o próprio desvio padrão das diferenças, acima e abaixo do eixo zero, apontando como problema as afirmações que cruzaram as linhas de controle, indicando desvios de função quando ultrapassaram a linha negativa, ou descomprometimento do mestre com alguma tarefa em que o engenheiro esperava sua participação direta quando ultrapassaram a linha positiva.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico de compilação dos resultados obtidos nas entrevistas (Fig.1) foi a peça-chave para a análise do que se julga função do mestre de obras e seus desvios. Pode-se observar que o comprometimento dos mestres de obras com as atividades listadas pelos engenheiros corresponde à expectativa, uma vez que o profissional concorda com praticamente tudo que o engenheiro aponta como sua atribuição. No entanto, nota-se que, além do comprometimento com essas tarefas, em alguns casos, os mestres de obras se julgaram capacitados a atuar em diversas situações em que a maioria dos engenheiros não espera ou não autoriza a atuação

deste profissional, caracterizando-se, assim, os desvios de função da categoria. Observe-se, na Figura 1, a distorção entre os dois perfis apontados de acordo com as afirmações levantadas em campo.

Conhecer o controle de consumo dos insumos referentes às atividades em andamentos (item 45) foi algo que a maioria dos engenheiros acreditou ser de domínio dos seus respectivos mestres de obras; porém, não foi essa a resposta encontrada entrevistando-se os mestres. Cabe avaliar este problema não apenas como uma falha de comunicação, mas como uma falha do principal agente controlador de desperdícios.

Após o desmembramento do que se encontrou como desvio de função e retirando-se da lista aplicada em campo aquelas afirmações que ambos, mestres de obras e engenheiros, apontaram como não sendo funções relativas a este profissional, definiu-se a lista de atribuições de um mestre de obras. A Fig. 2 (lista de atribuições de um mestre de obras) apresenta, dentre as 48 afirmações que compuseram o questionário de entrevista, as 24 funções/atribuições do cargo mestre de obras.

A Fig. 3 ilustra os desvios de função encontrados nos mestres de obras analisados. O primeiro desvio de função observado foi o item 4, referente à organização para recebimento de materiais. Cerca de 60 % dos engenheiros entrevistados afirmaram que esta atividade não é responsabilidade do mestre de obras, cabendo ao próprio engenheiro, ou outro membro da equipe de engenharia, estabelecer os locais mais adequados para os estoques. No entanto, quando a própria categoria foi entrevistada, 83% responderam que são eles os responsáveis por esta atividade. Este desvio de função se deve provavelmente à falta de comunicação da parte dos engenheiros ou, muitas vezes, por problemas relacionados ao planejamento físico dos canteiros.

A falta de confiança nas informações passadas é outro problema (Fig. 3). Com certo receio de que as informações provenientes do mestre de obras não sejam



absolutamente confiáveis, apenas cerca de 30% dos engenheiros entrevistados delegam ao mestre a função de relatar o mapeamento das excentricidades ocorridas na fundação (item 14). A maioria dos engenheiros cita esta como uma atividade mais apropriada para um membro da equipe de engenharia, com mais conhecimentos técnicos sobre a importância da precisão destas medidas.

Voltando a abordar o assunto de locação de obra, observa-se o item 12 como um desvio de função: os mestres de obra se julgaram responsáveis pela conferência de gabaritos e níveis de referência. Entretanto, os engenheiros acreditam ser esta mais uma responsabilidade da equipe de engenharia, devendo ser realizada por um estagiário ou, em alguns casos, pelo próprio engenheiro, uma vez que erros na marcação de um empreendimento podem solicitar medidas extremamente onerosas, afirmaram eles.

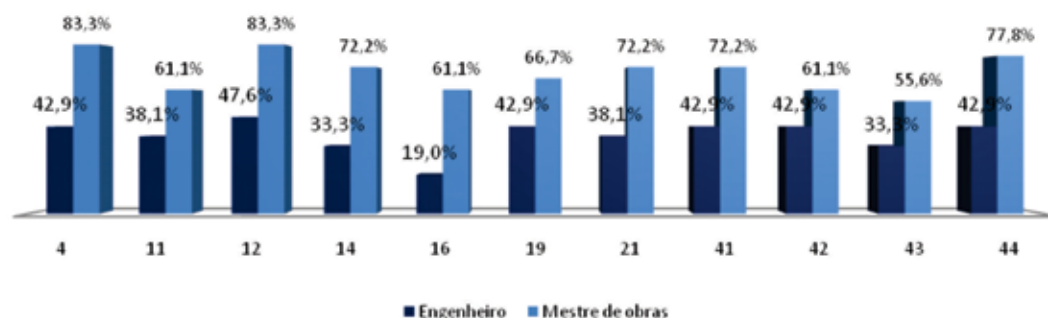
Ressalta-se, ainda, que alguns itens da lista de desvios, advêm da descrença que os engenheiros apresentaram com relação ao comprometimento e pró-atividade de seus mestres. Um exemplo é o item 43 (conhecer a frequência diária de todos os funcionários, inclusive de empreiteiros).

Praticamente, 2 em cada 3 engenheiros entrevistados afirmavam que gostariam que seus mestres tivessem esse conhecimento, mas que acreditavam que eles não teriam.

O item 16 (autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados) caracteriza um dos desvios de função mais sérios que podem ocorrer, a fim de não parar a produção. Quase 60% dos mestres de obras entrevistados admitiram que autorizam a troca de bitolas na armação de peças estruturais de concreto armado por conta própria, com a observação de que somente fazem isso quando se tem a opção de aumentar a taxa de armadura, ou seja, permitem a troca quando se substitui a bitola faltante por uma de maior diâmetro. Tal atitude proporciona problemas, não somente financeiros, como também de funcionalidade da estrutura. Uma vez que os mestres de obras, em geral, não possuem ou não lhe seriam inerentes tais conhecimentos técnicos (atribuição e/ou responsabilidade técnica), os engenheiros completam que nenhuma mudança na estrutura deve jamais ser feita sem a consulta do engenheiro projetista responsável.

Assim, como na questão das armaduras, os mestres de obras admitiram que

Figura 3 – Desvios de função



**DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS**

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar sequência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a frequência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

substituem materiais da carpintaria por conta própria, inclusive escoramentos (respectivamente, itens 19 e 21), sem levar em consideração todos os fatores envolvidos como custo, logística e resistência. Historicamente, a definição destes materiais, assim como suas quantidades e disposição, era uma função delegada aos mestres ou até mesmo aos próprios carpinteiros. Ainda que a segurança nesse caso seja preservada, devido ao superdimensionamento imposto pelo mestre, a maioria dos engenheiros alerta para esse desvio de função, sendo esta mais uma atividade de responsabilidade restrita à engenharia.

São de extrema importância a análise e o esclarecimento dos desvios de função junto ao mestre de obras, devendo-se propor treinamentos específicos de forma a extinguir as dificuldades de cada profissional. Alguns desses desvios representam apenas perdas de tempo e falhas de logística; outros podem gerar custos inesperados; porém, os mais preocupantes são aqueles que põem em risco a segurança de elementos estruturais e, por consequência, a segurança dos envolvidos.

#### 4. CONCLUSÕES

Nota-se que a questão das atribuições e competências dos mestres de obras, assim como seus desvios, tem sido tratada com certa superficialidade e subjetividade. A fim de implantar na constru-

ção civil o conceito de que as perdas nos processos produtivos são consequências cuja causa reside na incorreta utilização das pessoas nessa cadeia de produção, o presente estudo procurou destacar a importância de um agente gerenciador para a melhoria contínua dos processos, listando suas atividades nas diferentes fases de uma obra.

Vale ressaltar que, como não é comum que estes trabalhadores tenham frequentado cursos profissionalizantes, encontrou-se sérios problemas na conjuntura de atuação dos mestres de obras. Problemas foram evidenciados na fraca ou não atuação em determinada atividade (descomprometimento), ou por atuações em decisões que não lhes são inerentes (desvios de função). Esses fatos alertam para necessidade de uma intervenção imediata, a fim de se instruir esses trabalhadores, estabelecendo diretrizes adequadas ao papel a ser desempenhado pelo mestre de obras. Admite-se que o método proposto, desenvolvido e aplicado, gerou resultados adequados, suficientes para caracterizar as atribuições do profissional mestre de obras.

Há, inclusive, iniciativas pontuais de se balizar a atuação de profissionais da construção civil, tal como o projeto de norma técnica CB-90 (ABNT, 2011) - Qualificação de Pessoas para o Processo Construtivo de Edificações, que busca definir as atribuições do profissional pedreiro.

#### Referências Bibliográficas

- [01] FRANCO, E. M. *A ergonomia na construção civil: uma análise do posto do mestre de obras*. Dissertação de mestrado, UFSC. Florianópolis, 1995.
- [02] LAGO, D.G.; FERREIRA, M.R.C. *Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras*. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Produção Civil. UTFPR, Curitiba, 2010.
- [03] MASCARÓ, R.; MASCARÓ, J. *A construção na economia nacional*. São Paulo: Ed. Pini, 1981.
- [04] MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). *Classificação Brasileira de Ocupações - CBO 2002* Disponível em < <http://www.mtecbo.gov.br>>. Acesso em 30 de outubro de 2009.
- [05] VARGAS, N. *Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar, Sete casos brasileiros para estudo*. São Paulo: Ed. Atlas, 1983. ■

mantenedor

# Prêmio SH de Inovação recebe pré-projetos

**E**stão abertas as inscrições dos pré-projetos para a edição 2011 do Prêmio SH de Inovação. Voltado aos estudantes regularmente matriculados nos cursos brasileiros de nível superior em tecnologia, o concurso objetiva fomentar novas idéias na área de fôrmas, escoramentos e andaimes.

A premiação acontece em duas categorias:

- **Produtos e aplicações:** voltada aos projetos com soluções criativas e inovadoras em novos produtos ou novas aplicações que visem à industrialização da construção civil, que sejam tecnicamente viáveis para produção e implantação industrial ou comercial. Como critérios gerais de seleção, serão considerados: grau de inovação da proposta; viabilidade técnica e comercial; criatividade; e apresentação
- **Gestão da manutenção:** voltada aos projetos com soluções criativas e inovadoras para a gestão da manutenção de fôrmas, escoramentos e andaimes que agreguem valor, seja pelo aumento da produtividade ou pela redução de custos no processo. Como critérios gerais de seleção, serão considerados: relevância do produto ou processo; grau de inovação e originalidade; relação custo-benefício (baixo investimento x benefícios múltiplos); potencial de aplicabilidade e de sustentabilidade; e apresentação.

A inscrição do pré-projeto deve ser realizada obrigatoriamente pelo site



[www.sh.com.br](http://www.sh.com.br) até às 20h do dia 28 de agosto de 2011. É obrigatória a indicação de um professor-orientador, pertencente à mesma instituição de ensino do autor do pré-projeto ou da equipe.

## SEGUNDA ETAPA DO CONCURSO

Os pré-projetos inscritos e sem identificação de autoria serão analisados por comissões julgadoras, formadas por cinco profissionais de reconhecida experiência nas categorias da premiação. Os pré-projetos selecionados participarão da segunda etapa do Prêmio SH de Inovação, a ser realizada de 5 de setembro a 31 de dezembro, e que consistirá no seu desenvolvimento.

Os selecionados receberão ajuda de custo para despesas com deslocamento, material de pesquisa e protótipos, de até R\$ 500,00 por mês.

O melhor projeto participante da segunda etapa, para cada categoria, será contemplado com os prêmios de R\$ 10.000,00 para autor ou equipe e de R\$ 5.000,00 para o professor-orientador, além de troféus e diplomas.

**Mais informações:** [premiosh@sh.com.br](mailto:premiosh@sh.com.br). ■

# Cem anos de resistência do concreto na ponte sobre o Rio Potengi

MANOEL FERNANDES DE NEGREIROS NETO - DIRETOR  
CONSTRUTORA INTERNORTH LTDA.

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

## 1. HISTÓRICO DA PONTE METÁLICA

**E**m 1910, a Cleveland Bridge Engineering Co Ltd., empresa até hoje baseada em Darlington, Reino Unido, foi contratada para construir essa ponte ferroviária. Na época, o francês Georges Camille Imbault era o engenheiro-chefe da empresa e em seu currículo consta o projeto dessa ponte. Os trabalhos começaram em 1912 e terminaram em 1915, em Natal, sob a responsabilidade do engenheiro inglês F. Collier. Essa velha ponte é constituída em suas fundações de 11 blocos

Figura 1 - Vista aérea da ponte em treliça metálica.  
Foto: Esdras Rebouças Nobre  
[www.fotosdenatal.com.br](http://www.fotosdenatal.com.br)



Figura 2 - Vista do Bloco N° 01



em concreto armado. Esses blocos não são apoiados em estacas, eles descem até 15/17 metros após o fundo do rio, o que demonstra um trabalho tremendo para 1912. Foi inaugurada com grande festa em 20 de abril de 1916, com a presença maciça de políticos e vagões fortemente carregados para atestar sua capacidade de carga. Ela serviu por exatos 54 anos à população natalense, quando foi inaugurada, em 1970, uma outra ponte, a menos de 50 metros, em concreto protendido. Pelo exame visual, observa-se, imediatamente, o perfeito estado desses blocos de fundações, que se apresentam nivelados e sem trincas em toda a sua totalidade.

## 2. OBJETIVO DO ARTIGO

O presente artigo visa demonstrar, através de ensaios realizados no concreto de um desses blocos, o de Nº 01, a grande durabilidade e vida útil dos blocos de concreto armado da Ponte, após cem anos de sua execução.

## 3. ENSAIOS REALIZADOS NO BLOCO Nº 01

### 3.1 PRESENÇA E PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

A parte externa do bloco, exatamente na zona de maré, apresentou coloração incolor, indicando superfície carbonatada.

A parte interior apresentou a coloração rosa - carmim, a partir de 1cm de profundidade, indicando, obviamente, concreto não carbonatado a partir daí.

Em cem anos, só carbonatou até 1cm de profundidade: um feito!

### 3.2 PRESENÇA E PROFUNDIDADE DE CLORETOS

A parte externa do bloco, exatamente na zona de maré, apresentou coloração branca e marrom, indicando a presença de cloretos livres e combinados, respectivamente.

A parte interior apresentou coloração marrom até 4cm de profundidade, indicando que a superfície interna apresenta cloretos até essa profundidade. E pela cor marrom, conclui-se que são cloretos combinados, ou seja, dos tipos menos agressivos existentes.

Figura 3 e 4 - Saco de cimento petrificado da época da construção e a extração de seu pó para análise



Figuras 5 e 6 - Aspersão de Fenolftaleína na superfície do bloco e medição da profundidade de carbonatação (de 1 a 30cm no concreto)



Figuras 7 e 8 – Aspersão de Nitrato de Prata na superfície do bloco e a profundidade de penetração de cloretos



### 3.3 EXTRAÇÃO E ROMPIMENTO DE DOIS CORPOS DE PROVA DO BLOCO 01 DA FUNDAÇÃO, COM DIMENSÕES 10 X 20 CM

Seguindo a ABNT NBR 7680:2007, foram extraídos dois corpos de prova de 10 x 30cm, depois cortados para 10 x 20cm. Tomou-se o cuidado de preencher-se os furos com grout expansivo de 50MPa. Nos ensaios, foram obtidos os resultados de 25,85 e 35,66MPa, respectivamente. Resistências excelentes hoje, em se comparando com o padrão da época (1912) que era de apenas 15MPa.

### 3.4 ESCLEROMETRIA REALIZADA EM DOIS CORPOS DE PROVA

No CP 01, foram obtidos valores para  $f_{ck}$  máx = 37MPa e para  $f_{ck}$  min = 30,1MPa.

No CP 02, foram obtidos valores para  $f_{ck}$  máx = 31,8MPa e para  $f_{ck}$  min = 27,6MPa.

Observou-se, portanto, valores próximos aos obtidos no rompimento dos corpos de prova.

### 3.5 ENSAIO DE pH

O ensaio de pH, realizado com o lápis indicador, apresentou resultado em torno de  $pH = 6$ . Indicando uma redução, no tempo de cem anos de exposição, às intempéries, de 12,5 para 6. Sendo o valor acima de 12, a literatura técnica afirma que o concreto está protegendo as armaduras (passivado) da ação dos agentes agressivos (cloretos,  $CO_2$ , sulfatos...); sendo abaixo de 12, o concreto não está mais protegendo as armaduras (despassivado).

### 3.6 POROSIDADE

Os ensaios de porosidade - índices de vazios - apresentaram uma porcentagem de 6,82% para o CP 01, que apresentou maior resistência à compressão e 10,23% para o CP 02, que apresentou menor resistência à compressão. Esses índices são baixíssimos em se considerando o nível de controle tecnológico em 1912. Hoje esses índices estariam, segundo a ABNT NBR 9778:2005, classificados como: valor de porosidade abaixo de 10%, indicando um concreto de boa qualidade e bem compactado.

Figura 9 – Extração do CP no bloco N° 01



### 3.7 ABSORÇÃO

Os ensaios de absorção, conforme a ABNT NBR 9778:2005, apresentaram percentuais de 3,16 e 5,47%, respectivamente, para os corpos de prova 01 e 02.

### 3.8 TEOR DE CLORETOS

Pelo método APHA 4110, obteve-se uma porcentagem de cloretos de 0,175% na massa de cimento, correspondendo a um valor abaixo do limite especificado pela norma EH-88, que é de 0,4% , ficando evidente, neste ensaio, o cuidado adotado na confecção desse concreto com todos os limites tecnológicos de 1912. É de momen-

Figura 10 e 11 - Esclerometria realizada nos CPs



Figura 12 - Phs na faixa de 6



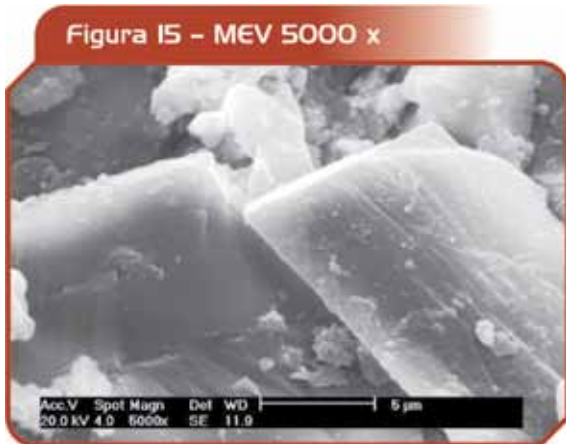
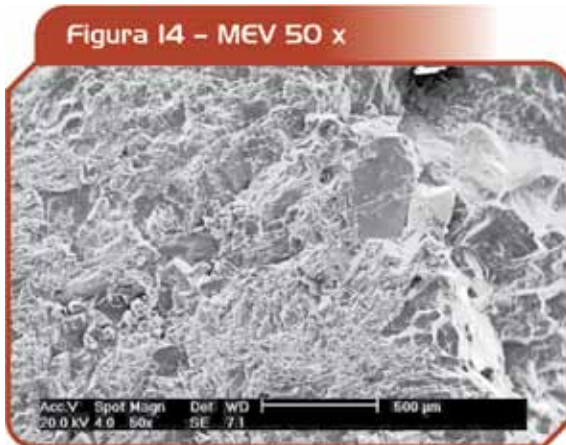
to esclarecer que a amostra-pó foi extraída na profundidade média de 4cm dos corpos de provas. Profundidade essa limite dos cloretos encontrados com o indicador nitrato de prata.

### 3.9 MEV - MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

No Microscópio Eletrônico de Varredura, as amostras de concreto foram analisadas em 50, 200, 500, 5.000 e 20.000 vezes. Nas imagens de 500x e 5.000x, nota-se a forte aderência na interface cimento-areia-brita. Comparada com os concretos convencionais, nota-se pequena quantidade de vazios, grande cristalização, mostrando uma superfície compacta, denotando a forma de um gel endurecido. Em sua totalidade confirmando os valores de porosidade e boa compacidade do concreto estudado.

Figura 13 - Face polida de um corpo de prova extraído

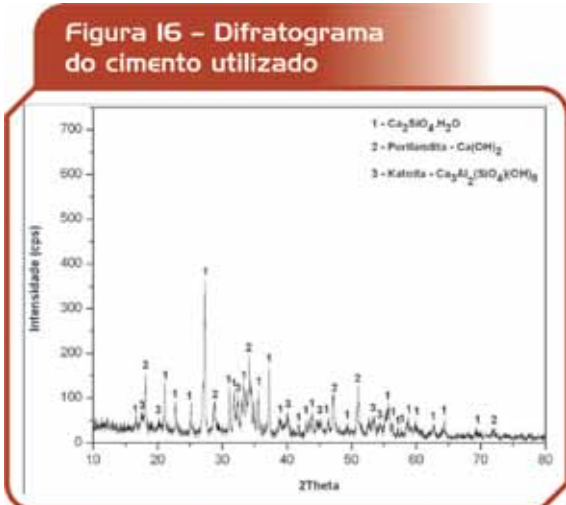




### 3.10 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X - DRX

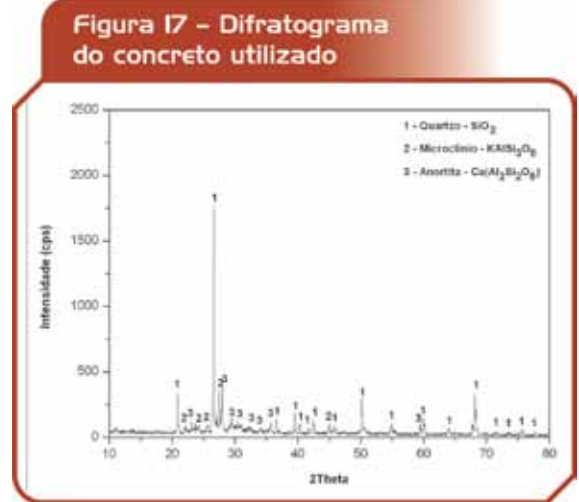
No Difratoograma, as fases principais do cimento utilizado foram, respectivamente:

- Hilebrandita: mineral a base de sílica;
- Portlandita: hidróxido de cálcio cristalino;
- Kafoita: material refratário que contém sílica e alumina.



No Difratoograma, as fases principais do concreto utilizado foram, respectivamente:

- Quartzo: mineral composto de tetraedros de sílica;
- Microclínio: cristal variante do feldspato, com origem de rochas vulcânicas;
- Anortita: mineral com grande quantidade de cálcio, originado na Itália no Vale de Fassa.



### 3.11 FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X - FRX

Na análise química do cimento utilizado, foi constatada a predominância de 60,6% de óxido de cálcio e de 12,95% de

**Tabela I - Cimentos**

Óxidos	%
CaO	60,60
SiO <sub>2</sub>	12,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,71
SO <sub>3</sub>	0,82
MgO	0,81
TiO <sub>2</sub>	0,34
K <sub>2</sub> O	0,13
MnO	0,13
SrO	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
ZrO <sub>2</sub>	0,03
NiO	0,03
CuO	0,02
ZnO	0,02
PF	17,22



Tabela 2 – Concreto

Óxidos	%
SiO <sub>2</sub>	43,59
CaO	28,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,15
K <sub>2</sub> O	3,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,35
Cl	0,69
MgO	0,60
SO <sub>3</sub>	0,49
TiO <sub>2</sub>	0,43
MnO	0,09
SrO	0,05
ZnO	0,03
NiO	0,03
ZrO <sub>2</sub>	0,03
CuO	0,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
Rb <sub>2</sub> O	0,02
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
PF	10,41

óxido de silício. Quando a relação entre óxido de cálcio e óxido de silício for entre 1 e 1,4, o cimento utilizado é pozolânico. A relação entre os dois, que deu  $60,6/12,95=4,67$ , apresenta um valor acima do intervalo do cimento pozolânico que é de 1-1,4, caracterizando um cimento altamente pozolânico. Vale salientar que este cimento analisado foi retirado de um saco petrificado utilizado na construção da ponte.

Na análise química do concreto, foi constatada a predominância de 43,59% de óxido de silício e de 28,28 de óxido de cálcio. A predominância na porcentagem dos óxidos de silício e cálcio, tanto no concreto como no cimento, comparada às dos outros elementos analisados, sugerem a utilização do mesmo cimento em ambos os casos. A predominância no concreto do óxido de silício deve-se, principalmente, às características obtidas com o uso da sílica nos concretos e conseqüente diminuição da quantidade de hidróxido de cálcio (cristal fraco e solúvel), formado no processo de hidratação do cimento, transformando-o em um cristal resistente, classificado como cálcio hidratado.

O cimento utilizado no Brasil normalmente tem uma porcentagem de 1% de óxido de cálcio e de 24% de óxido de silício, mostrando a diferença do nosso cimento para o utilizado na ponte. O cimento utilizado na ponte metálica, portanto, é um cimento pozolânico, que contém como principal material cimentício a pozolana, um material natural ou artificial, que contém sílica em forma ativa. A sílica proporciona a obtenção de um concreto com mais compacidade, com menor calor de hidratação, menor probabilidade de corrosão, maior resistência à compressão, menor porosidade, absorção e permeabilidade, reduzindo, assim, a penetração de CO<sub>2</sub> e Cl<sup>-</sup> na superfície do concreto e os riscos de reação álcali-agregado, aumentando consideravelmente sua durabilidade e vida útil.

Além da porcentagem de sílica contida no cimento, os agregados utilizados também continham sílica, conforme análise, aumentando ainda mais o efeito da sílica no concreto e sua porcentagem final obtida, de 43,59%, no concreto. A alumina presente na composição do cimento aumentou também a proteção do concreto à ação dos cloretos e contra a carbonatação, pelas ações de suas propriedades no concreto. A menor porcentagem de óxido de cálcio em relação ao óxido de silício no concreto evidencia uma menor produção de hidróxido de cálcio e, conseqüentemente, uma maior proteção quanto à carbonatação, já citada anteriormente pela ação da sílica.

Enfatizamos, ainda, que mais três ensaios estão em andamento para fechamento do conjunto de ensaios a serem realizados na Ponte:

- Os ensaios do PIT - *Pile Integrity Test*, para comprovar a profundidade e características do material concreto presente nas fundações;
- Os ensaios de campo, utilizando o Perfilador de Subfundo do tipo X-Star, que confirmará igualmente a profundidade, a forma e as características do material concreto presente nas fundações;
- O ultra-som, que confirmará certamente a excelente compacidade do concreto e a inexistência de fissuração, além

de determinar sua resistência à compressão e seu módulo de elasticidade.

#### 4. CONCLUSÕES

Como foi confirmado através dos ensaios mais modernos existentes atualmente, o concreto dos blocos de fundação da Ponte sobre o Rio Potengi tem uma alta resistência à compressão, baixa porosidade, boa compactidade e pequeno número de vazios.

Podemos, ainda, afirmar que esse concreto tem baixa permeabilidade e baixa absorção de água, produzindo uma baixa difusão de CO<sub>2</sub> e baixa penetração de íons Cl<sup>-</sup>.

Concluimos, então, que esse concreto produziu uma maior proteção às armaduras da Ponte, já que não há indícios de corrosão de armaduras no bloco de fundação e, conseqüentemente, conferiu uma maior durabilidade de sua estrutura.

Portanto, os construtores ingleses (leiam-se: o engenheiro projetista Georges Camille Imbault e o engenheiro residente F. Collier), dessa ponte sobre o rio Potengi uti-

lizaram, em 1912, na produção do concreto, materiais com excelentes propriedades, no tocante à durabilidade e vida útil, comprovados por resultados de ensaios “in-loco” e em laboratório normatizados, fato raro nas obras atuais, demonstrando a seriedade e preocupação com o futuro de suas obras.

Outro aspecto digno de registro é que as normas inglesas atuais, como a BS 146/2002, mostram uma porcentagem de pozolanas nos seus cimentos da ordem de 85%, ao contrário das normas brasileiras, que giram em torno de 50%.

A ABNT, na ABNT NBR 6118:2003, implantou várias melhorias, mas não abordou o tipo de cimento que deve ser utilizado em obras específicas.

Fica a sugestão aos projetistas e construtores brasileiros e, principalmente, à Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, de uma reflexão para utilização mais forte das pozolanas (sílica), vislumbrando uma maior durabilidade e vida útil, aqui comprovada em um concreto de cem anos. ■



## Revista CONCRETO & Construções



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

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

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

**Periodicidade:** Trimestral  
**Número de páginas:** 64 (mínimo)  
**Formato:** 21 x 28 cm  
**Papel:** couché 115 grs

**Capa plastificada:** couché 180 grs  
**Acabamento:** Lombada quadrada colada  
**Tiragem:** 5000 exemplares  
**Distribuição:** circulação dirigida auditada pelo IVC

Para consultar o perfil dos profissionais que recebem a revista, acesse o menu **Publicações – Revista Concreto & Construções** no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

**Para anunciar:**  
Tel. 11- 3735-0202 | e-mail: [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

### Lista de Preços

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

# Viabilidade econômica da utilização de resíduos reciclados “Classe A” em componentes construtivos

PAULO CÉSAR CORREIA GOMES - PROFESSOR DOUTOR  
KARLISSON ANDRÉ NUNES DA SILVA - MESTRANDO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

DAVID DE LIMA SANTOS - ENGENHEIRO CIVIL

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos “classe A”, de acordo com a resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis oriundos de: tijolos; blocos;

telhas; argamassa; concreto; tubos de argamassa, concreto ou cerâmico; meios-fios; etc. que podem ser usados na composição dos concretos e argamassas como agregados reciclados. Para isso, devem passar inicialmente por um processo de

Figura 1 - Diferentes granulometrias de agregados reciclados: (a) miúdo e (b) graúdo



beneficiamento, que consiste das etapas de limpeza (retirada de restos de resíduos de outra classe), cominuição e/ou trituração e peneiramento. Os agregados reciclados (RCC) podem ser classificados, de acordo com a NBR NM 248:2003, em miúdo, se as dimensões forem menores que 4,5 mm, e gráudo, se as dimensões forem maiores que 4,5 mm (Figura 1).

Atualmente, as normas que regulamentam o uso de agregados reciclados da construção civil no Brasil, são: ABNT NBR 15115:2004, para execução de camadas de pavimentação (procedimentos); e a ABNT NBR 15116: 2004, para utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (requisitos). Todavia, a variabilidade da composição do agregado reciclado e as diferenças de propriedades apresentadas em relação àquelas dos agregados naturais representam dificuldades, não só quanto à sua utilização, como também quanto à sua confiabilidade em aplicações de maior valor econômico, como é o caso de concreto e argamassas.

Nesse sentido, universidades e institutos de pesquisa têm desempenhado um importante papel investigativo, contribuindo para o conhecimento técnico sobre as principais propriedades dos agregados reciclados e a influência desses nas propriedades mecânicas e de durabilidade de componentes construtivos. Órgãos públicos, sindicatos e associações têm também se mobilizado no sentido de implantar po-

líticas de gestão, capazes de minimizar o desperdício e garantir um destino adequado desses resíduos.

Em muitos municípios as construtoras, consideradas grandes geradoras, estão elaborando os projetos de gerenciamento (PGRCC) e buscando técnicas alternativas de reciclagem para o uso dos resíduos produzidos na obra. As construtoras alegam que o “bota-fora” dos resíduos gerados na obra tem um custo elevado e que um destino adequado é uma ação sustentável, quando o reciclado gera uma economia de custo considerável.

Dentro deste contexto, este artigo apresenta casos de algumas construtoras do mercado imobiliário de Maceió que constataram a viabilidade econômica ao agregarem valores ao RCC. Isso é, passaram a utilizar na própria obra agregados em componentes construtivos de menor responsabilidade.

## 2. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

Os casos de viabilidade econômica foram realizados em duas obras de edifícios residenciais de alto padrão de acabamento, com mais de 8 pavimentos, de diferentes construtoras do mercado imobiliário de Maceió (A e B), ambas com o PGRCC.

No edifício “A”, os resíduos reciclados foram oriundos de restos de concreto, alvenaria, tijolos cerâmicos e argamassas. Na Figura 2, são mostrados os blocos de dimensão 9 x 19 x 39 cm fabricados para o

Figura 2 – Blocos de concreto simples com agregados reciclados



Figura 3 – Produção do agregado reciclado



edifício “A”, com os agregados reciclados.

No edifício “B”, os resíduos foram provenientes de restos de argamassa, tijolos e das alvenarias de tijolos cerâmicos usados no fechamento das estruturas (Figura 3a). O beneficiamento foi feito por processo de esmagamento mecânico, através de um moinho argamassadeira (Figura 3b); depois, o agregado foi peneirado, deixando-se passar apenas os grãos de dimensão próxima ao da areia (Figura 3c). As argamassas fabricadas foram para uso em emboço interno e assentamento, com o resíduo substituindo a cal e parte da areia. Essas argamassas foram apenas utilizadas nas paredes internas e em ambientes secos.

Se os resíduos Classe “A” não fossem reciclados gerariam gastos para sua retirada da obra. Os outros tipos de resíduos são geralmente negociados com cooperativas ou vendidos, cujos ganhos são invertidos em premiação, no sentido de incentivar a produtividade. Quando o resíduo é proveniente de uma mesma etapa da obra diminuem as variabilidades existentes na composição do resíduo.

### 3. CUSTOS DE PRODUTOS OBTIDOS

O levantamento de custos engloba os gastos de transporte do resíduo, do seu

processo de beneficiamento, que tem por finalidade obter os agregados reciclados no tamanho e forma desejada, e do produto final obtido. Nesses custos, se leva em consideração o equipamento utilizado, energia consumida, mão de obra e material utilizado.

Para os edifícios, a previsão de gasto com “bota-fora” dos resíduos Classe “A” foi de R\$ 6.300,00. Esses valores são obtidos tomando a média de aluguel do contêiner, sua quantidade e capacidade de armazenamento, para uma previsão de meses em que o resíduo é gerado, correspondente a determinada etapa de geração do resíduo. Nos casos, um volume médio de resíduo gerado em torno de 540 m<sup>3</sup> e o aluguel do contêiner no valor de R\$ 11,67/m<sup>3</sup>.

Para se chegar aos coeficientes apresentados nas composições dos componentes construtivos utilizando agregado reciclado, foram obtidas informações dos profissionais envolvidos na execução, obtendo, assim, valores de produtividade e consumo dos insumos envolvidos no processo. Os valores foram obtidos na obra, em pesquisas de preços com fornecedores de materiais, tabelas do Sinduscon-AL (Sindicato da Indústria da Construção) e do livro TCPO - Tabelas de composições de preços para orçamentos.

Quadro I - Beneficiamento manual dos resíduos (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	3,00	4,35	13,05
			<b>TOTAL</b>	<b>13,05</b>

### 3.1 EDIFÍCIO “A” - CUSTO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS E CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS

Na confecção dos blocos de concreto com agregados reciclados (BCAR) com dimensões de 9 x 19 x 39 cm, foram computados os gastos com o beneficiamento manual, material, consumo de energia e mão de obra (Quadros 1 e 2).

Na obra, foi também executada alvenaria de vedação com BCAR; comparando-se os custos com os de uma alvenaria com blocos cerâmicos (BC) com dimensão de 9 x 19 x 19 cm, ambas espessura de 9 cm, chega-se aos Quadros 3 e 4.

Verifica-se, no Quadro 4, que o valor total de custo da alvenaria com blocos de agregados reciclados é menor devido à di-

menção do bloco, que proporcionou uma diminuição na mão de obra, na quantidade e na argamassa de assentamento. Todavia, o custo do valor unitário do BCAR chega a quase 3 vezes o valor unitário do BC.

Nos Quadros 5 e 6, são apresentados os custos dos concretos com agregados natural e reciclados, respectivamente. O custo do beneficiamento dos resíduos foi o mesmo do Quadro 1.

### 3.2 EDIFÍCIO “B” - CUSTO DE FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS COM AGREGADOS RECICLADOS

No Quadro 7, é apresentado o custo do processo de beneficiamento mecânico. Nos Quadros 8 e 9, são apresentadas as composições de preço unitário para fabricação das ar-

Quadro 2 – Custos dos blocos de concreto com agregado reciclado (Unidade)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	0,041	4,35	0,18
Cimento Portland CP32	kg	1,067	0,32	0,34
Betoneira Elétrica ZHP*	h	0,0024	6,67	0,02
Agregado Reciclado	m <sup>3</sup>	0,0082	13,05	0,10
			<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 0,64</b>

\* Para o valor unitário da hora da betoneira, está incluso o aluguel e o custo da energia elétrica consumida.

Quadro 3 - Custo da alvenaria com agregados naturais (m<sup>2</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Pedreiro	h	1,0000	6,97	6,97
Servente	h	1,0000	4,35	4,35
BC - 9 x 19 x 19cm	unidade	26,0000	0,24	6,24
Argamassa de assentamento	m <sup>3</sup>	0,0196	169,13	3,31
			<b>TOTAL</b>	<b>20,88</b>

Quadro 4 - Custo da alvenaria com agregados reciclados (m<sup>2</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Pedreiro	h	0,6600	6,97	4,60
Servente	h	0,6600	4,35	2,87
BCAR - 9 x 19 x 39cm	unidade	13,0000	0,64	8,36
Argamassa de assentamento	m <sup>3</sup>	0,0139	169,13	2,34
			<b>TOTAL</b>	<b>18,18</b>

Quadro 5 - Concreto simples sem função estrutural com agregado natural (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	6,25	4,35	27,19
Areia Lavada Média	m <sup>3</sup>	0,63	25,00	15,75
Cimento Portland CP32	Kg	229,00	0,32	73,28
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,35	6,67	2,33
Brita nº1	m <sup>3</sup>	1,00	60,00	60,00
			<b>TOTAL</b>	<b>178,55</b>

Quadro 6 - Concreto simples sem função estrutural com agregado reciclado (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	6,00	4,35	26,10
Areia Lavada Média	m <sup>3</sup>	0,89	25,00	22,15
Cimento Portland CP32	Kg	229,00	0,32	73,28
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,35	6,67	2,33
Agregado Reciclado	m <sup>3</sup>	0,84	13,05	10,96
			<b>TOTAL</b>	<b>134,82</b>

Quadro 7 - Beneficiamento mecânico dos resíduos (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	2,67	4,35	11,60
Moinho argamassadeiro	h	0,83	5,70	4,75
			<b>TOTAL</b>	<b>16,35</b>

Quadro 8 - Argamassa de assentamento com agregado natural (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	5,0000	4,35	21,75
Areia lavada média	m <sup>3</sup>	1,2155	25,00	30,3875
Cal hidratada	Kg	182,0000	0,31	56,42
Cimento Portland CP32	Kg	182,000	0,32	58,24
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,3500	6,67	2,33
			<b>TOTAL</b>	<b>169,13</b>

gamassas de assentamento de alvenaria com agregado natural e reciclado. E nos Quadros 10 e 11, são apresentadas as composições das argamassas de emboço interno com agregado natural e reciclado. Para se chegar aos coeficientes apresentados nas composições, o procedimento foi o mesmo adotado no edifi-

cio "A". Para fabricação das argamassas com agregado reciclado foi utilizada betoneira.

#### 4. COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Com o levantamento dos custos de "bota-fora", do beneficiamento e dos ma-

teriais usados com agregados reciclados, apresentados no item anterior, para cada obra, é possível obter os custos de produtos onde foi empregado o material em estudo, considerando o total de material usado. Em posse dos custos, é possível comparar com aqueles executados com materiais convencionais, dependendo da aplicação efetuada em cada edifício, e determinar a economia alcançada.

No edifício “A”, foram substituídos cerca de 600 m<sup>2</sup> de alvenaria de vedação convencional por alvenaria utilizando o bloco pré-fabricado de concreto com agregados reciclados beneficiados na própria construção. No Quadro 12, é determinado o valor total da economia usando diferentes materiais para os valores obtidos dos quadros 3 e 4. No Quadro 13, é mostrado o comparativo

Quadro 9 - Argamassa de assentamento com agregado reciclado (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	5,333	4,35	23,20
Areia lavada média	m <sup>3</sup>	0,5100	25,00	12,7500
Cimento Portland CP32	Kg	182,000	0,32	58,24
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,3500	6,67	2,33
Agregado Reciclado	m <sup>3</sup>	0,8000	16,35	13,0784
			<b>TOTAL</b>	<b>109,60</b>

Quadro 10 - Argamassa de emboço com agregado natural (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	5,000	4,35	21,75
Areia lavada média	m <sup>3</sup>	1,2160	25,00	30,4000
Cal Hidratada	Kg	162,000	0,31	50,2200
Cimento Portland CP32	Kg	162,000	0,32	51,84
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,3500	6,67	2,333
			<b>TOTAL</b>	<b>156,54</b>

Quadro 11 - Argamassa de emboço com agregado reciclado (m<sup>3</sup>)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Servente	h	5,333	2,18	11,60
Areia lavada média	m <sup>3</sup>	0,4290	25,00	10,7250
Cimento Portland CP32	Kg	171,000	0,32	54,72
Betoneira Elétrica 2HP	h	0,3500	6,67	2,33
Agregado Reciclado	m <sup>3</sup>	0,7140	16,35	11,6725
			<b>TOTAL</b>	<b>91,05</b>

Quadro 12 - Comparativo dos custos das alvenarias

Descrição	Aplicação (m <sup>2</sup> )	Custo (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo total (R\$)
Alvenaria de vedação c/ BC	600	20,88	12.526,29
Alvenaria de vedação c/ BCAR	600	18,18	10.906,23
		<b>Total economizado</b>	<b>1.620,05</b>



do custo dos concretos na aplicação de 450 m<sup>3</sup>.

Somando os valores totais economizados com a economia do bota-fora do resíduo usado, que foi de R\$ 6.300,96, tem-se uma economia de aproximadamente R\$ 27.600,00.

No edifício “B”, as argamassas com resíduos foram utilizadas nas alvenarias de vedação com três tipos de blocos diferentes e com consumos de argamassas por m<sup>2</sup> conseqüentemente também diferentes. Os consumos de argamassas com agregados naturais e reciclados e os cus-

Quadro 13 - Comparativo dos custos dos concretos simples sem função estrutural

Descrição (m <sup>3</sup> )	Aplicação (m <sup>3</sup> )	Custo (R\$/m <sup>3</sup> )	Custo total (R\$)
com agregado natural	450	178,55	80.347,88
com agregado reciclado	450	134,82	60.669,00
<b>Total economizado</b>			<b>19.678,88</b>

Quadro 14 - Custo da argamassa de assentamento por m<sup>2</sup> de alvenaria

Argamassa com agregado natural					
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	
Bloco (cm)	7x19x19cm	m <sup>3</sup>	0,0150	169,13	2,54
	9x19x19	m <sup>3</sup>	0,0196	169,13	3,31
	12x19x19	m <sup>3</sup>	0,0262	169,13	4,43
Argamassa com agregado reciclado					
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	
Bloco (cm)	7x19x19	m <sup>3</sup>	0,0150	109,60	1,64
	9x19x19	m <sup>3</sup>	0,0196	109,60	2,15
	12x19x19	m <sup>3</sup>	0,0262	109,60	2,87

Quadro 15 - Comparativo dos custos das argamassas de assentamento

Alvenaria com argamassa de agregado natural				
Descrição	Aplicação (m <sup>2</sup> )	Custo (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo total (R\$)	
Bloco (cm)	7x19x19	2.180,02	2,54	5.530,63
	9x19x19	5.294,21	3,31	17.550,12
	12x19x19	2.576,36	4,43	11.416,44
<b>Total gasto com argamassa de agregado natural</b>			<b>34.497,18</b>	
Alvenaria com argamassa de agregado reciclado				
Descrição	Aplicação (m <sup>2</sup> )	Custo (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo total (R\$)	
Bloco (cm)	7x19x19	2.180,02	1,64	3.584,01
	9x19x19	5.294,21	2,15	11.372,99
	12x19x19	2.576,36	2,87	7.398,19
<b>Total gasto com argamassa de agregado reciclado</b>			<b>22.355,19</b>	
<b>Total economizado</b>			<b>12.141,99</b>	

tos destes consumos por m<sup>2</sup> de alvenaria são mostrados no Quadro 14. No Quadro 15, mostra-se o comparativo do custo da argamassa para a quantidade total de m<sup>2</sup> aplicado.

No quadro 16, é determinado o valor de custo das argamassas de emboço para um m<sup>2</sup> de alvenaria, usando os dados dos quadros 10 e 11. No Quadro 17, é feita a comparação do custo total de cada argamassa aplicada no total de alvenaria construída.

No edifício “B”, somando-se os valores totais economizados com a economia do bota-fora do resíduo usado, que foi de R\$ 6.300,00, tem-se uma economia de aproximadamente R\$ 53.000,00.

Para os dois edifícios, não foram computados os gastos com a implantação do PGRCC no que diz respeito às etapas de gerenciamento do resíduo na obra; isso porque esses gastos já foram compensados em outras obras; por exemplo, muitos dos recipientes usados para estocagem dos resíduos são provenientes de outras obras concluídas e têm um grande reaproveitamento; além disso, alguns desses recipientes são provenientes da reciclagem de outros materiais, como, por exemplo, os latões de tintas. Outros gastos, segundo o responsável pela obra, são insignificantes e seria difícil de serem computados. Segundo informação

do engenheiro, responsável técnico da obra, os gastos com mão de obra e com a implantação do gerenciamento dos resíduos podem chegar a R\$ 12 mil reais.

Para o edifício que utilizou o moinho argamassadeira, o custo referente à aquisição do mesmo não foi computado nos custos de implantação, pois o equipamento foi adquirido em outra obra; porém, foi considerada a vida útil de dois anos e os gastos com energia elétrica e manutenção. O preço do moinho adquirido na época foi de aproximadamente R\$ 13.000,00.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas obras participantes, o PGRCC foi uma ferramenta importante. Os dados fornecidos pelos responsáveis da obra comprovaram a viabilidade econômica da reutilização dos resíduos de construção classe “A” em substituição de parte dos agregados naturais.

Para os casos em estudo, verificou-se que os gastos com a implantação do gerenciamento e a compra de equipamentos não foram computados, visto que estes foram reaproveitados de outras obras; porém, quando se realiza pela primeira vez essa utilização, os gastos devem ser considerados e, certamente, a economia não será tão significativa; no entanto, já

Quadro 16 - Custo da argamassa de emboço por m<sup>2</sup> de alvenaria - Esp=20 mm

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Argamassa com agregado natural	m <sup>3</sup>	0,0300	156,54	4,70
Argamassa com agregado reciclado	m <sup>3</sup>	0,0300	91,05	2,73

Quadro 17 - Comparativo dos custos das argamassas de emboço

Descrição	Aplicação (m <sup>3</sup> )	Custo (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo total (R\$)
Com agregados naturais	17.673,00	4,70	82.997,71
Com agregados reciclados	17.673,00	2,73	48.274,23
<b>Total economizado</b>			<b>34.723,48</b>

em segunda obra, este investimento poderá resultar nas economias que foram apresentadas.

Cabe sempre lembrar que os cuidados técnicos com a qualidade dos materiais utilizados em obras de edificação devem atender aos requisitos de resistência e durabilidade de norma. O uso des-

ses resíduos “Classe A” oriundos de uma mesma fonte de produção na obra minimiza problemas encontrados nos resíduos de construção oriundos de diferentes fontes. Porém, em nenhum caso, a verificação da influência dos agregados reciclados nas propriedades dos materiais fabricados deve ser descartada.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115, Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas em pavimentação, Rio de Janeiro, 2004.
- [02] \_\_\_\_\_. NBR 15116, Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concretos sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- [03] BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n° 136, 17/07/2007.
- [04] PINI. TCPO - Tabelas de composições de preços para orçamentos. São Paulo, PINI, 2003. ■



## 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](http://www.ibracon.org.br) | Ligue: 11-3735-0202 | Email: [qualificacao@ibracon.org.br](mailto:qualificacao@ibracon.org.br)

entidades parceiras

# Inscrições abertas para o Prêmio ANAPRE de Planicidade e Nivelamento

**E**stão abertas até 30 de junho as inscrições para o III Prêmio ANAPRE de Planicidade e Nivelamento, concurso de abrangência nacional voltado às empresas executoras de pisos industriais. Promovido pela Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho - ANAPRE, o concurso objetiva obter o reconhecimento de empresas e profissionais que buscam a qualidade e a inovação em seus projetos de engenharia.

Podem concorrer as empresas associadas que tenham construído, no período de 1º de junho de 2010 a 30 de maio de 2011, pisos com área mínima de 2000m<sup>2</sup>, cujos projetos apresentem os valores gerais de planicidade e nivelamento e os valores mínimos locais de planicidade e nivelamento. É necessário ainda que os pisos tenham FNumbers medidos por profissional certificado pelo fornecedor do equipamento de medição e que o piso esteja com 100% de sua área medida e avaliada. Serão desclassificadas as obras inscritas que não atingirem os valores globais de planicidade e nivelamento especificados no projeto.

A empresa participante pode inscrever mais de uma obra, concorrendo ao título de vencedora ou de ganhadora de men-



ção honrosa com todas as obras inscritas.

Vencerá o concurso a empresa executora que obtiver o maior índice de desempenho construtivo, obtido pela soma corrigida dos índices globais de planicidade e nivelamento. As informações de cada obra concorrente serão verificadas e avaliadas de acordo com os critérios estabelecidos no regulamento, sendo validadas por uma comissão julgadora constituída por membros da diretoria da ANAPRE e por profissionais do setor. A menção honrosa será concedida à empresa segunda colocada.

A premiação vai ocorrer durante o 5º Seminário de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho, promovido pela ANAPRE na Concrete Show South America 2011, que acontecerá de 31 de agosto a 2 de setembro no Centro de Exposições Imigrantes, em São Paulo.

As inscrições das obras são realizadas no endereço [www.anapre.org.br/premio2011](http://www.anapre.org.br/premio2011), onde constam as etapas da inscrição, os documentos requeridos e o regulamento do concurso.

O III Prêmio ANAPRE de Planicidade e Nivelamento conta com o apoio do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON. ■

normalização técnica  
pavimento intertravado

# Pavimento intertravado: nova normalização para sua execução

ENG. CLAUDIO OLIVEIRA SILVA - COORDENADOR DO COMITÊ  
DE ESTUDOS DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS E GERENTE DA ÁREA DE INDÚSTRIA DA ABCP

ENG<sup>a</sup>. MARIANA MARCHIONI - SECRETÁRIA DO COMITÊ DE ESTUDOS  
DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS E ENGENHEIRA DA ABCP  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP

## 1. INTRODUÇÃO

**E**m abril de 2009, foi aberta a Comissão de Estudos de Pavimentos Intertravado (CE-18:600.11) com o objetivo de elaborar uma norma inédita para execução do pavimento intertravado. A elaboração da norma teve a participação de fabri-

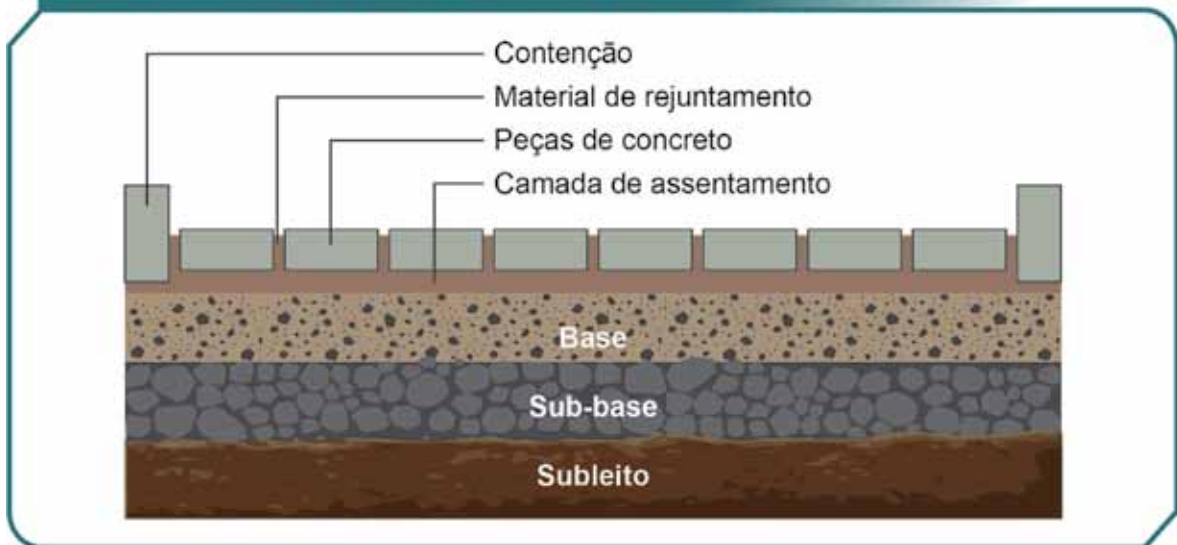
cantes de peças de concreto, empresa instaladoras, fabricantes de cimento, fabricantes de aditivos e pigmentos, universidades, especialistas em pavimentação e órgãos públicos.

Finalizada em janeiro de 2011, a nova norma ABNT NBR 15938:2011 Pavimento intertravado com peças de concreto

Figura 1 - a - Pavimento com pedra bruta (Via Ápia - Roma/Itália) b - Pavimento com pedra talhada (paralelepípedo - São Paulo/SP)



Figura 2 – Seção típica de um pavimento Intertravado



- Execução trata de todos os aspectos relevantes do sistema de pavimentação intertravada e sua importância está no fato de que, assim como noutros tipos de pavimentação que ainda não possuem uma norma de execução, a maioria dos problemas verificados nas obras está em falhas de execução, resultando em baixa qualidade dos serviços e consequente falta de durabilidade das obras, elevando os custos de manutenção, principalmente nas obras públicas, desperdiçando-se grandes somas de recursos e trazendo transtornos aos usuários.

## 2. PAVIMENTO INTERTRAVADO

O pavimento intertravado é uma evolução da pavimentação com pedras talhadas, conhecidas como paralelepípedos, que, por

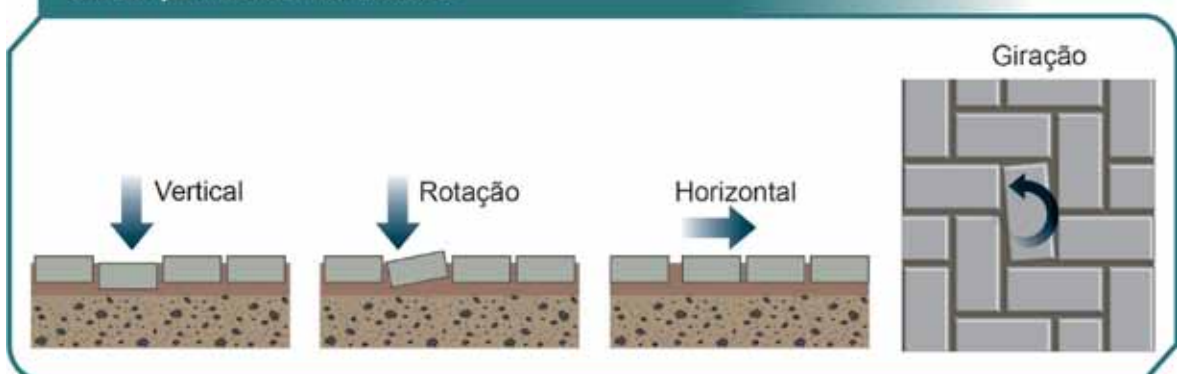
sua vez, surgiu para melhorar a capacidade de suporte e o conforto de rolamento dos ancestrais pavimentos com pedras brutas.

Contudo, com a crescente urbanização e aparecimento do automóvel no século XIX, o processo de talhar a pedra tornou-se inviável e, após a Segunda Guerra Mundial, com a necessidade de reconstruir a Europa, surgiram as peças pré-moldadas de concreto. O desenvolvimento das máquinas vibrocompressoras permitiu a fabricação em série dessas peças, ocorrendo, assim, sua difusão. No Brasil, o pavimento intertravado passou a ser utilizado na década de 70, com a chegada dos primeiros equipamentos de fabricação (HALLACK, 1998).

## 3. NORMA DE EXECUÇÃO

A nova norma ABNT NBR 15938:2011 Pavimento intertravado com peças de con-

Figura 3 – Deslocamentos das peças de concreto em um pavimento intertravado



creto - Execução para pavimentos se aplica à pavimentação intertravada com peças de concreto sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

A norma apresenta definições importantes para a uniformização dos termos técnicos relacionados à pavimentação intertravada e utilizados pelos profissionais. Neste artigo, são destacadas as principais definições estabelecidas na norma.

O pavimento intertravado é definido como um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto sobrepostas a uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento, sendo o intertravamento do sistema obtido pela contenção lateral.

O intertravamento, característica principal do pavimento, é definido como a capacidade das peças de concreto de resistir a deslocamentos individuais, sejam eles verticais, horizontais, de rotação ou giração, em relação às peças adjacentes.

#### 4. ATRIBUIÇÕES DE RESPONSABILIDADES

Uma importante contribuição da norma foi definir a responsabilidade de todos os envolvidos em uma obra de pavimentação, desde a contratação, elaboração do projeto, execução, fiscalização e fornecimento das peças. Isto facilita a relação entre as partes envolvidas na obra.

##### CONTRATAÇÃO

O proprietário ou representante legal deve:

- Cumprir as especificações da norma e do projeto;
- Manter toda documentação da obra à disposição da fiscalização.

##### PROJETO

O projetista deve definir:

- Condições de implantação, utilização e interferências em geral do pavimento;
- Condições de carregamento;
- Estrutura da fundação;
- Sistema de drenagem;

- Sistema de contenção
- Especificação das peças de concreto;
- Padrão de assentamento;
- Detalhamento de paginação.

##### EXECUÇÃO

A Construtora deve:

- Cumprir as especificações da norma e do projeto;
- Receber e aceitar os materiais;
- Receber a camada de subleito, sub-base e base;
- Utilizar equipamentos e ferramentas adequadas;
- Utilizar pessoal capacitado;
- Atender a legislação trabalhista;
- Informar ao projetista as dificuldades de atendimento ao projeto.

##### FABRICAÇÃO DAS PEÇAS DE CONCRETO

O fabricante deve:

- Fornecer peças de concreto que atendam às especificações da ABNT NBR 9781;
- Fornecer relatórios de controle de fabricação das peças.

##### FISCALIZAÇÃO

A fiscalização deve:

- Acompanhar a execução da obra com base no projeto e especificações da norma de execução;
- Interromper a execução, caso constate o não cumprimento destas especificações.

#### 5. ESTRUTURA DO PAVIMENTO

A estrutura do pavimento ou fundação é a combinação das camadas de subleito, sub-base, base, camada de assentamento e revestimento, e deve ser dimensionada para suportar o carregamento do tráfego, distribuindo os esforços no leito do pavimento.

A camada de subleito, que compreende o terreno de fundação do pavimento, pode ser constituída pelo solo natural do local ou proveniente de empréstimo, devendo cumprir as especificações da ABNT NBR 12307:1992 Regularização subleito, complementadas pelos seguintes requisitos mínimos:

- Índice de suporte Califórnia (CBR) > 2% e expansão volumétrica ≤ 2%;

Figura 4 - Guia utilizada como contenção de pavimento intertravado



- Caso seja necessário, o reforço do subleito, conforme ABNT NBR 12752:1992 - Execução de reforço do subleito de uma via;
- O subleito deve estar limpo, sem a presença de plantas, raízes e qualquer tipo de matéria orgânica;
- Lençol freático rebaixado, no mínimo, 1,5 m da cota final da superfície do pavimento acabado;
- O subleito deve apresentar os mesmos caimentos da camada de revestimento do pavimento pronto, sendo recomendado o caimento mínimo de 2%.

A camada de base é destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos e sobre ela se constrói o revestimento constituído pelas peças de concreto, camada de assentamento e material de rejuntamento. Já, a camada de sub-base, que pode existir ou não, se caracteriza como uma camada corretiva do subleito, ou complementar à base, quando, por qualquer circunstância, não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito do pavimento obtido pela terraplenagem.

### CONTENÇÕES

As contenções são estruturas ou dispositivos, permanentes ou provisórios, utilizados para manter as peças de concreto e o material de rejuntamento na posição apropriada, proporcionando o intertravamento, que distribui as cargas e evita que as peças se soltem.

### VIAS INCLINADAS

Quando o pavimento intertravado é utilizado em vias com inclinação superior a 8%, o projeto deve especificar o uso de vigas de contenção, que tem como objetivo manter a integridade do pavimento. Essas vigas devem ser constituídas de estrutura rígida, podendo-se utilizar soluções como vigas concreto armado ou concreto simples, entre outras soluções.

O espaçamento entre as vigas é projetado de acordo com a inclinação da via (CMA, 2009). É necessário também um sistema de drenagem entre a viga de contenção e a estrutura do pavimento, para evitar acúmulo de água na região da viga.

As vigas de contenção também devem ser utilizadas em todo encontro do pavimento intertravado com outro tipo de pavimentação (asfalto, por exemplo) ou com via sem pavimentação, mesmo em vias planas.

## 6. PEÇAS DE CONCRETO

As peças de concreto são os componentes mais importantes do pavimento intertravado. Sua especificação deve estar de acordo com o que está estabelecido na norma ABNT NBR 9781:1987 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação. Atualmente, essa norma está em revisão e a versão que ainda está em vigor estabelece os seguintes requisitos:

- Formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400 mm, largura míni-



ma 100 mm e espessura mínima de 60 mm;

- Variação dimensional de 3mm no comprimento e largura e 5mm na espessura;
- Resistência à compressão característica  $\geq 35\text{MPa}$  para solicitação de veículos comerciais de linha e  $\geq 50\text{MPa}$  para tráfego de veículos especiais.

## 7. EXECUÇÃO DA CAMADA DE REVESTIMENTO

Antes de iniciar a execução da camada de revestimento, que compreende a camada de assentamento, as peças de concreto e o material de rejuntamento, deve ser feito um reconhecimento do local com definição da área a ser pavimentada. Devem ser verificados os limites do pavimento, os acessos e locais para estocagem de materiais e equipamentos.

Os equipamentos e ferramentas necessários para o assentamento devem estar disponíveis e em condições de uso.

### LISTA MÍNIMA DE FERRAMENTAS

- trenas;
- nível de mangueira;
- colher de pedreiro;
- estacas de madeira;
- lápis;
- pá;
- enxada;
- placa vibratória;
- guias de madeira ou tubos metálicos (opcional);
- régua metálica;
- esquadro metálico;
- desempenadeira;
- fio de nylon (linhas guia);
- carrinho para transporte de peças de concreto;
- carrinho para transporte de areia;
- marreta de borracha;
- vassoura;
- rodos de madeira;
- serra de disco ou quilhotina.

O transporte das peças de concreto deve ser realizado com as peças paletizadas ou cubadas e cintadas. No recebimento das peças na obra, deve ser verificado se as informações da nota fiscal estão de acordo com o pedido, devendo-se realizar a verificação visual e dimensional antes da



liberação da descarga.

O transporte das peças de concreto na obra deve ser realizado de modo adequado, sem causar danos às mesmas. Isto implica não utilizar carrinhos de mão, evitando-se jogar as peças no chão.

### MATERIAL DA CAMADA DE ASSENTAMENTO

A camada de assentamento deve ser constituída de materiais pétreos granulares que cumpram as especificações da ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto - Especificação, quanto à presença de torrões de argila, materiais friáveis e impurezas orgânicas. Recomenda-se a distribuição granulométrica da Tabela 1.

A porcentagem de material retido na peneira  $75\ \mu\text{m}$  depende da natureza mineralógica do material. Sob determinadas condições de utilização do pavimento, o excesso de material retido nesta peneira pode acarretar uma compactação excessiva da camada de assentamento, resultando em deformações do pavimento.

No momento da aplicação, a umidade do material de assentamento deve estar entre 3% a 7%. A camada de assentamento deve ser uniforme e constante, com espessura de 5 cm, com variação máxima de mais ou menos 2 cm, na condição não compactada ou conforme especificação de projeto.

Antes de iniciar a execução da camada de assentamento, deve-se conferir se a camada de base (ou sub-base e base) foi executada corretamente, devendo estar bem compactada, inclusive ao redor

Figura 6 – a - Maneira correta de organizar a obra (esquerda).  
b - Peças de concreto transportadas e colocadas de modo inadequado (direita)



das interferências (poços de visita, caixas, etc.), com caimento para escoamento da água e superfície na cota prevista no projeto. A camada de assentamento só deve ser iniciada após verificação da limpeza do local, retirando os materiais inadequados e isolando e sinalizando a área.

O material de assentamento é espalhando na frente de serviço, em quantidade suficiente para cumprir com a jornada de trabalho. As mestras são executadas paralelamente à contenção principal, nivelando-as na espessura da camada de assentamento na condição não compactada, respeitando o caimento estabelecido em projeto. O material de assentamento pode ser aplicado manualmente por meio de régua metálica, correndo a régua sobre as mestras, ou de modo mecanizado, resultando em uma superfície sem irregularidades. Uma vez espalhado, o material de assentamento não deve ser deixado no local aguardando a colocação das peças, evitando-se deformações na camada causada por chuvas; neste caso, a camada deve ser refeita.

Tabela 1 – Distribuição granulométrica recomendada

Abertura de peneira (ABNT NBR NM ISO 3310-I)	Porcentagem retida, em massa %
6,3 mm	0 a 7
4,75 mm	0 a 10
2,36 mm	0 a 25
1,18 mm	5 a 50
600 µm	15 a 70
300 µm	50 a 95
150 µm	85 a 100
75 µm	90 a 100

## INÍCIO DO ASSENTAMENTO

Para garantir o alinhamento, deve ser feita a marcação do esquadro antes de iniciar o assentamento das peças. Após se marcar o esquadro da primeira fiada, posicionam-se as linhas guias ao longo da frente de serviço, indicando o alinhamento das peças, tanto na

direção transversal quanto na longitudinal.

A primeira fiada é assentada respeitando o padrão de assentamento estabelecido no projeto. As peças não devem ser arrastadas sobre a camada de assentamento até sua posição final, o que causa deformação da camada.

Após o assentamento das peças, são feitos os ajustes de alinhamento, devendo-se manter as espessuras das juntas uniformes. A utilização de peças de concreto com espaçadores já incorporados facilitam a obtenção de juntas com espessuras uniformes.

Após o assentamento das peças inteiras em cada trecho da frente de serviço, são feitos os ajustes e arremates, utilizando-se peças cortadas, preferencialmente com serra de disco diamantada.

## MATERIAL DE REJUNTAMENTO

Após esta etapa, deve-se realizar o rejuntamento com materiais pétreos granulares que cumpram com as especificações da ABNT NBR 7211, quanto à presença de torrões de argila, materiais friáveis e impurezas orgânicas e com a distribuição granulométrica da Tabela 2.

O material deve ser aplicado em juntas com espessura de 2 mm a 5 mm entre as peças de concreto. Casos específicos, como, por exemplo, trechos em curva, devem ser definidos em projeto.

É importante que o material de rejuntamento esteja seco para facilitar o preenchimento das juntas. O material é então espalhado sobre a camada de revestimento, formando uma camada fina e uniforme em toda a área executada. O preenchimento das juntas é feito através do processo de varrição do material até que as juntas sejam totalmente preenchidas.

## COMPACTAÇÃO

A compactação deve ser executada por placas vibratórias que proporcionem a acomodação das peças na camada de assentamento, mantendo-se a regularidade da camada de revestimento sem danificar as peças de concreto. A compactação é realizada sobrepondo-se, entre 15 cm a 20 cm, cada passada sobre a anterior, alternando a execução da compactação com o espalhamento do material de rejuntamento, até que as juntas tenham sido totalmente preenchidas.

Em cada frente de trabalho, a compactação é executada aproximadamente até 1,5 m de da área assentada e que não contenha algum tipo de contenção.

## INSPEÇÃO FINAL

Na inspeção final, verifica-se toda a área compactada, substituindo as peças eventualmente danificadas. Também se verifica o alinhamento e preenchimento das juntas.

A superfície do pavimento não deve apresentar, em nenhum ponto, desnível maior que 10 mm. Este desnível deve ser medido com uma régua metálica de 3 m de comprimento.

Uma prática comum, logo após a compactação final e liberação da inspeção, é manter uma fina camada de material de rejuntamento sobre o pavimento com o objetivo de repor o material que será adensado após a liberação ao tráfego.

## LIBERAÇÃO AO TRÁFEGO

A liberação ao tráfego será permitida após a aprovação dos requisitos da inspeção final, sendo que nenhum trecho do pavimento pode ser liberado ao tráfego sem a execução de contenções, compactação e rejuntamento.

## MANUTENÇÃO

Uma das características do pavimento intertravado é permitir o reaproveitamento das peças no caso de manutenção.

Seja para a execução de instalação subterrâneas ou reparos de alicerces em pavimentos prontos, deve-se primeiro identificar a área a ser trabalhada, considerando-se a retirada de, pelo menos, duas fiadas a mais de peças de cada lado, além da área a ser escavada.

Após isolar e sinalizar o local, remove-se a primeira peça de concreto, retirando-se o material de rejuntamento com a ajuda de uma espátula e, em seguida, retira-se a peça com um extrator ou outra ferramenta adequada. Depois, facilmente são removidas as demais peças de concreto que são empilhadas, se possível, próximo ao local da remoção.

Com isso, é possível remover então os materiais granulares das camadas de assentamento, base, sub-base e subleito, se necessário. Estes materiais devem

Tabela 2 - Distribuição granulométrica recomendada

Abertura da peneira	Porcentagem retida em massa %
4,75 mm	0
2,36 mm	0 a 25
1,18 mm	5 a 50
600 µm	15 a 70
300 µm	50 a 95
150 µm	85 a 100
75 µm	90 a 100

ser armazenados separadamente em local próximo ao de remoção, evitando a contaminação entre os mesmos para possibilitar sua reutilização.

Após os reparos, as camadas da estrutura que foram removidas devem ser refeitas, conforme as condições originais do pavimento, com especial atenção à compactação de cada camada, menos da camada de assentamento. Então, as peças removidas podem ser reassentadas sobre a camada de assentamento e o serviço é finalizado com o rejuntamento e compactação.

## LIMPEZA

A remoção de sujeiras e detritos em geral da superfície do pavimento deve ser feita com água morna e sabão neutro. Deve-se tomar cuidado para que a pressão da água não remova o material de rejuntamento, que deve ser repostado, caso necessário.

Manchas e outros materiais aderentes de remoção mais difícil podem ser removidos com a utilização de produtos específicos que não agredam a integridade e coloração das peças de concreto, devendo ser seguidas as recomendações do fabricante do produto.

## Referências Bibliográficas

- [01] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução. NBR 15938. Rio de Janeiro, 2011.
- [02] Concrete Manufacturers Association - CMA. Concrete Block Paving. Technical not for steep slopes. Midrand, 2009
- [03] HALLACK, A. Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais. 1998. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. ■

## Segunda Conferência Internacional sobre as Melhores Práticas em Pavimentos de Concreto



Florianópolis, Brasil

2 a 4 de Novembro 2011

### Objetivo

*Discutir as inovadoras tecnologias construtivas e de manutenção de pavimentos de concreto.*

### Temas

- Pavimentos de concreto sem juntas
- Técnicas de reciclagem de pavimentos de concreto
- Pavimentos de concreto pré-moldado
- Tecnologias inovadoras de construção e manutenção de pavimentos de concreto

### Datas importantes

- **Notificação de aceitação:** 31 de maio
- **Envio de artigos revisados:** 31 de julho

### Mais informações

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

# Avaliação da produtividade de processos construtivos para revestimentos de paredes

ALINY AMARAL TEBALDI - MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL  
JONAS ALEXANDRE - PROFESSOR DOUTOR  
GUSTAVO DE CASTRO XAVIER - PROFESSOR DOUTOR  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

JEAN MARIE DÉSIR - PROFESSOR DOUTOR  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por espaço no mercado da construção civil tem levado as empresas a investirem em técnicas e processos construtivos a fim de racionalizar as construções. Assim, surgiram melhorias nos materiais convencionais e novas técnicas de construção, como a utilização de gesso para revestimento interno e a projeção mecanizada de argamassa.

A aplicação de gesso como revestimento interno vem sendo utilizado devido à agilidade na execução e bom acabamento final, o que reduz o custo na aplicação de massa corrida PVA, uma vez que possui superfície lisa e branca. Porém, o curto período em que o material apresenta consistência adequada para aplicação gera um grande desperdício de material e entulho (PILEGGI *et.al.*, 2006).

A disseminação da argamassa industrializada na década de 90 proporcionou o desenvolvimento da projeção mecanizada de argamassa. A adoção de equipamentos de projeção é sinalizada como uma das soluções para diminuir a interferência da mão de obra nas construções, otimizando a execução dos revestimentos internos e externos, assim como para racionalizar o processo de produção e transporte, reduzindo perdas de materiais e prazo para execução do revestimento.

O conhecimento da produtividade e da qualidade dos materiais que têm sido utilizados como revestimento nas construções é de grande importância para a correta escolha, a fim de viabilizar custo com o bom desempenho dos revestimentos.

Assim, foi realizado um estudo em um edifício multifamiliar na cidade de

Tabela 1 – Massa específica dos materiais analisados

Material	Massa Específica
Gesso	1,20 kg/l
Argamassa industrializada	2,71 kg/l
Cal	2,20 kg/l
Cimento	3,10 kg/l
Areia	2,65 kg/l

Campos dos Goytacazes-RJ, comparando o sistema mecanizado de projeção de argamassa com o método de projeção manual convencional e com a aplicação de gesso em camada única, obtendo uma estimativa de custo e da produção por metro quadrado por homem hora ( $m^2/Hh$ ).

Durante o acompanhamento no ambiente construído, foram também coletadas amostras da argamassa projetada mecanicamente para a avaliação da consistência, resistência à compressão e resistência de aderência à tração, para maior controle das características e propriedades que influenciam no desempenho do revestimento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados, como gesso, argamassa industrializada para projeção mecanizada, cal e cimento, são encontrados no comércio local. A areia é proveniente do Rio Paraíba do Sul, de Campos-RJ.

A massa específica dos materiais utilizados para o revestimento, segundo sua embalagem, com exceção da areia, são mostrados na tabela 1. A massa específica da areia do Rio Paraíba do Sul foi obtida por BAHIENSE (2007).

### 2.2 MÉTODOS

Para o estudo, acompanhou-se a execução dos revestimentos internos de um edifício construído em Campos dos Goytacazes - RJ, a fim de obter a produtividade de cada tipo de revestimento: a argamassa convencional feita em obra para lançamento manual; o gesso em camada única; e a argamassa industrializada lançada por equipamentos de projeção. Assim, foram revestidos internamente 3 apartamentos de 250  $m^2$  cada, com espessura de, aproximadamente, 20 mm.

No primeiro apartamento, foi utilizada argamassa convencional de cimento, cal e areia (traço 1:2:9), e um grupo de 7 funcionários trabalhando no lançamento manual da argamassa; no segundo, as paredes foram revestidas com gesso em camada única nas espessuras de 1mm (camada fina) e 20 mm (direto parede), com 2 funcionários trabalhando. No último apartamento, foi utilizada argamassa industrializada lançada com equipamento de projeção (bomba tipo helicoidal e processo via úmido) e uma média de 5 funcionários (necessários para o lançamento da argamassa e para a preparação da massa).

Figura 1 – Aplicação da argamassa com colher de pedreiro



Figura 2 – a) Aplicação do gesso fino. b) Base preparada para aplicação do gesso direto na parede com espessura de 20 mm



## 2.2.1 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

### 2.2.1.1 Argamassa convencional

A argamassa convencional é aquela confeccionada na obra, transportada através de carrinho de mão ou “girica” e lançada manualmente com colher de pedreiro. Após o lançamento com a colher de pedreiro, o revestimento é sarrafeado e a superfície é nivelada. Para finalizar a execução do revestimento, é feito o desempeno, que é a movimentação circular com uma desempenadeira sobre a superfície do revestimento. O desempeno define o acabamento final do revestimento (SANTOS, 2003).

A Figura 1 mostra o lançamento da argamassa convencional com colher de pedreiro.

### 2.2.1.2 Gesso

Para iniciar o processo de execução, o

substrato deve estar concluído há, no mínimo, um mês. Após esse período, deve-se verificar o prumo das paredes, corrigindo com argamassas eventuais falhas que possam interferir no processo de aplicação. As faixas mestras e as taliscas permitem a execução de uma superfície mais rigorosa e plana, na qual a pasta de gesso é aplicada, posteriormente, entre as mestras. O gesso é sarrafeado com réguas de alumínio que cortam o excesso de pasta. Por fim, para eliminar as ondulações e falhas e obter uma superfície final lisa, usa-se a desempenadeira de aço.

A Figura 2 mostra a aplicação do gesso em espessura de 1 mm e a base do substrato preparada para a aplicação direta na parede, com espessura de 20mm.

### 2.2.1.3 Argamassa industrializada lançada por bomba de projeção

Primeiramente, a argamassa é confeccionada em betoneiras e, depois, é depositada no recipiente do equipamento, conforme Figura 3. A argamassa, através de uma hélice existente no recipiente, é empurrada para o mangote até o bico de projeção, por onde a argamassa é lançada (Figura 4). Após o lançamento, inicia-se o sarrafeamento inicial para retirar o excesso de material projetado. Após o enrijecimento da argamassa, realiza-se, novamente, o sarrafeamento e, depois, desempeno com desempenadeira.

Figura 3 – Argamassa depositada no recipiente do equipamento de projeção



## 3. RESULTADOS

### 3.1 AVALIAÇÃO DE CUSTO E PRODUÇÃO

Através de análise e acompanhamento

em obra, para cada método construtivo utilizado para revestir as paredes internas dos apartamentos em estudo, foram obtidos quantitativos de material por metro quadrado (m<sup>2</sup>). Os dados são mostrados na Tabela 2.

A produtividade foi obtida pela média ponderada entre a área revestida e a mão de obra necessária para a execução do serviço, contabilizado o tempo despendido em cada método, determinando, assim, a produção por metro quadrado por homem hora (m<sup>2</sup>/Hh).

Figura 4 – Lançamento por equipamento de projeção mecanizado



A Tabela 3 apresenta a produtividade de cada método analisado durante o estudo.

O custo relativo aos materiais utilizados em cada tipo de revestimento é mostrado na Tabela 4.

O custo da mão de obra utilizada é apresentado na Tabela 5. Os valores

correspondem a mão de obra local paga pela construtora mensalmente. Para efeito de cálculo, o valor foi transformado para dia. No custo obtido, não estão inclusos os encargos pagos aos fun-

Tabela 2 – Quantitativo de material por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento-Método construtivo	Material	Material/m <sup>2</sup>
Argamassa convencional	Traço – 1:2:9	0,14 traço/m <sup>2</sup>
Gesso (camada fina)	Saco de gesso – 40 kg	4 kg/m <sup>2</sup>
Gesso (direto parede)	Saco de gesso – 40 kg	17,2 kg/m <sup>2</sup>
Argamassa industrializada	Saco de argamassa – 50 kg	29 kg/m <sup>2</sup>

Tabela 3 – Produtividade em metro quadrado por homem hora (m<sup>2</sup>/H.h) dos métodos em estudo

Revestimento	Produtividade	Mão de obra	Área total	Prazo de execução
Argamassa convencional	1,16 m <sup>2</sup> /H.h	3 pedreiros, 2 meio-oficiais 2 serventes	250 m <sup>2</sup>	3,5 dias
Gesso (camada fina)	5,01 m <sup>2</sup> /H.h	2 gesseiros	250 m <sup>2</sup>	2,77 dias
Gesso (direto parede)	4,75 m <sup>2</sup> /H.h	2 gesseiros	250 m <sup>2</sup>	2,92 dias
Argamassa industrializada	1,75 m <sup>2</sup> /H.h	3 pedreiros e 2 serventes	250 m <sup>2</sup>	3,17 dias

Tabela 4 – Custo de material por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento	Custo - R\$/m <sup>2</sup>
Argamassa convencional	R\$ 3,07/m <sup>2</sup>
Gesso (camada fina)	R\$ 1,30/m <sup>2</sup>
Gesso (direto parede)	R\$ 5,59/m <sup>2</sup>
Argamassa industrializada	R\$ 5,51/m <sup>2</sup>

cionários e os custos dos equipamentos utilizados.

O valor do custo final (material + mão de obra), para cada método construtivo utilizado para revestir um apartamento de 250 m<sup>2</sup>, encontra-se na Tabela 6.

Foi analisado, também, um estudo de custos de acabamento para pintura, no caso da aplicação de gesso ou de argamassa in-



dustrializada projetada mecanicamente. A tabela 7 mostra as etapas em cada tipo de revestimento e o quantitativo de material e mão de obra despendida durante a execução, considerando somente um pintor.

Com os dados apresentados acima, juntamente com uma pesquisa de preço no comércio de Campos-RJ, é possível determinar o custo dos materiais e de mão de obra necessária para preparar

Tabela 5 – Custo de mão de obra por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento	Custo – mão de obra	Custo final da mão de obra – R\$/m <sup>2</sup>
Argamassa convencional	Pedreiro – R\$ 24,64/dia Meio-oficial – R\$ 17,45/dia Servente – R\$ 15,69/dia (+3 serventes na betoneira para carregar material e fazer a massa)	R\$ 2,62/m <sup>2</sup>
Gesso (camada fina)	Gesseiro – R\$ 2,40/m <sup>2</sup>	R\$ 2,40/m <sup>2</sup>
Gesso (direto parede)	Gesseiro – R\$ 4,00/m <sup>2</sup>	R\$ 4,00/m <sup>2</sup>
Argamassa industrializada	Pedreiro – R\$ 24,64/dia Servente – R\$ 15,69/dia (Servente para fazer a massa já incluso)	R\$ 1,34/m <sup>2</sup>

Tabela 6 – Custo de mão de obra em cada método por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento	Custo (Material + mão de obra)	Equipe
Argamassa convencional	R\$ 5,69/m <sup>2</sup>	7 funcionários executando o revestimento + 3 funcionários fazendo massa na betoneira
Gesso (camada fina)	R\$ 3,70/m <sup>2</sup>	2 gesseiros
Gesso (direto parede)	R\$ 9,59/m <sup>2</sup>	2 gesseiros
Argamassa industrializada	R\$ 6,85/m <sup>2</sup>	3 funcionários executando o revestimento, 1 funcionário projetando e 1 funcionário fazendo massa na betoneira

Tabela 7 – Quantitativo de material e mão de obra por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento	Etapas	Mão de obra	Material
gesso	Raspagem e lixamento do gesso	61,20 m <sup>2</sup> /h	-
	Passagem da tinta coral gesso	58,20 m <sup>2</sup> /h	8,82 m <sup>2</sup> /l
	Passagem da massa corrida PVA	9,71 m <sup>2</sup> /h	3,47 m <sup>2</sup> /l
Argamassa industrializada	Passagem de selador	55,92 m <sup>2</sup> /h	9,32 m <sup>2</sup> /l
	Passagem da massa corrida PVA	5,81 m <sup>2</sup> /h	1,62 m <sup>2</sup> /l

Tabela 8 – Custo de material e mão de obra por metro quadrado (m<sup>2</sup>)

Revestimento	Custo – Mão de obra	Custo – Material
gesso	R\$ 1,02/m <sup>2</sup>	R\$ 1,16/m <sup>2</sup>
Argamassa industrializada	R\$ 1,43/m <sup>2</sup>	R\$ 1,65/m <sup>2</sup>

Tabela 9 – Espalhamento na mesa de consistência

Material	Espalhamento (mm)	Índice de consistência (mm)
Argamassa industrializada	305 305 310	307

os revestimentos para a pintura. O custo calculado é mostrado na Tabela 8.

### 3.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA LANÇADA MECANICAMENTE

Durante as projeções, foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 5 cm e altura de 10 cm, para a realização do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias (ABNT NBR 13279, 1995\*), e retirados 8 corpos de prova de seção circular de 5 cm de diâmetro, das paredes revestidas, para o ensaio de resistência de aderência à tração (ABNT NBR 13528, 2010).

Com as relações água/argamassa utilizada no amassamento para as projeções, foi realizado, no laboratório de estruturas do LECIV/CCT/UENF (Laboratório de Engenharia Civil/CCT/UENF), o ensaio da mesa de espalhamento (ABNT 13276, 2005) para a obtenção do índice de consistência.

O índice de consistência foi obtido através do valor médio de 3 determinações do espalhamento na mesa de consistência. Os valores são mostrados na Tabela 9.

Os valores da resistência média à compressão de 4 corpos de prova e da resistência média de aderência à tração dos 8 corpos de prova retirados encontram-se na Tabela 10.

A resistência de aderência à tração obtida atende também aos requisitos da ABNT NBR 13749 (1996), que especifica 0,20 MPa como limite inferior de resistência de aderência para revestimentos internos.

## 4. CONCLUSÕES

Os custos apresentados acima são resultados de análise e acompanhamento da execução dos revestimentos internos de 3 apartamentos de 250 m<sup>2</sup> cada, onde a produtividade dos métodos construtivos utilizados foi avaliada.

O gesso, por apresentar uma superfície lisa e branca, vem sendo utilizado na construção dos edifícios da cidade, não só em camada fina, mas também em espessuras maiores entre 20 a 25 mm, com a falsa idéia de que, apesar da espessura, tem-se economia na pintura, com redução da massa corrida PVA. Como a pesquisa mostra, há uma redução de R\$ 0,90/m<sup>2</sup> na pintura quando se utiliza o gesso, comparado à utilização de argamassa industrializada para projeção mecanizada. Porém, o aumento da espessura do revestimento, além de diminuir a resistência de aderência, aumentando a possibilidade de deslocamento, eleva o custo da produção.

O custo do material utilizado para a argamassa convencional é mais barato, devido, principalmente, ao custo da areia da região, que possui o valor de R\$ 12,00/m<sup>3</sup>. Porém, não se consegue obter um controle de qualidade do seu recebimento na obra, não podendo, assim, manter as propriedades da argamassa no revestimento.

A produtividade da argamassa lançada mecanicamente por bombas de projeção é maior 0,59 m<sup>2</sup>/H.h, o que,

Tabela 10 – Resistência média à compressão e de aderência à tração

Material	Resistência média à compressão aos 28 dias	Resistência média de aderência à tração
Argamassa industrializada	1,67 MPa	0,37 MPa

\*A ABNT NBR 13279 foi revisada em 2005 e o ensaio de resistência passou a ser realizado em corpos de prova prismáticos.

em um dia, equivale a um aumento de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>/Homem.

Considerando os encargos pagos aos funcionários, em torno de 77% do seu salário, o custo da mão de obra da execução da argamassa convencional aproxima-se do custo com a argamassa industrializada; porém, a argamassa projetada possui a vantagem de apresentar melhor qualidade e acabamento, uma vez que suas partículas são

finas, para que não haja entupimento do mangote e para a obtenção de uma superfície mais lisa.

Os custos do acabamento final, para a pintura, na argamassa convencional, não foram analisados; porém, acredita-se que, devido às características visíveis da superfície, sejam mais elevados do que aqueles da argamassa industrializada projetada mecanicamente.

## Referências Bibliográficas

- [01] BAHIENSE, A. V.; PEDROTI, L. G.; MANHÃES, R. T.; ALEXANDRE, J. Utilização do planejamento experimental na incorporação do resíduo da indústria cerâmica em argamassas. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Salvador, Ba, 2007.
- [02] PILEGGI, R. G.; CARDOSO, F. A.; AGOPYAN, A. K.; CARBONE, C.; JOHN, V. M.. Caracterização reológica de revestimentos à base de gesso por squeeze-flow. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, PR, 2006.
- [03] SANTOS, C. C. N. Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal. Universidade de Brasília - UNB, Brasília - DF, 2003. ■

# REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL



A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM objetiva divulgar os desenvolvimentos atuais e os avanços nas áreas de estruturas e materiais de concreto. A Revista incluirá artigos sobre:

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

Além de artigos científicos, a revista publica Comunicações Técnicas, Discussões e Réplicas. Para saber como colaborar, acesse a página da revista no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) (Menu Publicações/Revista de Estruturas e Materiais). A submissão de trabalhos é feita exclusivamente via internet.

Os artigos e demais trabalhos são revisados pelos membros do Conselho Editorial e da Banca Examinadora, compostas por profissionais nacionais e estrangeiros, selecionados dentre os associados do IBRACON, com reconhecida competência nos assuntos específicos.

# O varejo de material de construção no Brasil

**MÁRCIA SOLA - GERENTE DE ATENDIMENTO E PLANEJAMENTO**  
**IBOPE INTELIGÊNCIA**

O setor da construção é de grande importância para o desenvolvimento de um país, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista social. No Brasil, a importância deste setor para a economia pode ser mensurada por sua participação no PIB nacional: 13,7% das riquezas geradas no país provêm do setor da construção.

De modo geral, a cadeia produtiva da construção pode ser segmentada em quatro principais grupos: indústria de produção de bens, indústria da construção, comércio de material de construção e serviços especializados. Dentro desta cadeia, o comércio de material de construção representa 14% do total, contribuindo com 1,9% do PIB nacional.

## O DESEMPENHO DO COMÉRCIO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Impulsionado pelo bom desempenho do setor imobiliário ocorrido nos últimos anos, o

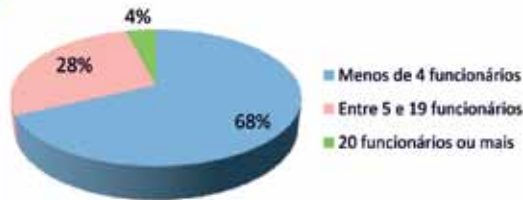


faturamento do varejo de material de construção também tem apresentado resultados acima da média. Entre 2003 e 2008, este setor do varejo cresceu 117%, ficando acima tanto do crescimento nominal do PIB (78% no mesmo período) quanto do crescimento total do varejo (106% entre 2003 e 2008).

Em 2011, a estimativa feita pelo IBOPE Inteligência é que o setor irá disputar um mercado potencial de R\$ 76,4 bilhões.

O potencial de consumo estimado para o varejo de material de construção tem como origem famílias de diferentes padrões econômicos. O segmento de maior peso e que deverá gerar o maior volume de consumo e vendas são as famílias de classe B. As famílias deste perfil econômico têm renda média mensal de aproximadamente R\$ 7.500 por mês e representam 23,5% do total de domicílios urbanos em todo o país. A estimativa é que este grupo seja responsável por 43% do faturamento do setor, o que representa em valores financeiros R\$ 33 bilhões no ano.

Lojas de material de construção por número de funcionários



Para atender este mercado potencial, o varejo de material de construção conta atualmente com 135 mil estabelecimentos comerciais, a maior parte (68%) são pequenos estabelecimentos com quatro funcionários ou menos, o que mostra o quão pulverizado ainda é este setor.

Região Sul

População	27.640.888
Renda Familiar Mensal (R\$)	R\$ 2.723
Taxa de crescimento anual de novos domicílios	2,21%
Potencial de consumo para material de construção (2011)	R\$ 13,1 bilhões
Número de lojas de material de construção	27 mil
Produtividade (Consumo/nº de lojas)	R\$ 480 mil

Fonte: Pyxis 2011 – IBOPE Inteligência e RAIS

de consumo para material de construção da ordem de R\$ 13,1 bilhões, que é disputado por 27 mil estabelecimentos comerciais. Trata-se de uma região de forte concorrência, o que pode ser comprovado pela produtividade do mercado: R\$ 480 mil para cada estabelecimento comercial, valor que está 15% abaixo da média nacional, que é de R\$ 567 mil para cada estabelecimento.

Região Sudeste

População	81.227.501
Renda familiar mensal (R\$)	R\$ 3.362
Taxa de crescimento anual de novos domicílios	2,29%
Potencial de consumo para material de construção (2011)	R\$ 41,7 bilhões
Lojas de material de construção	65 mil
Produtividade (Consumo/nº de lojas)	R\$ 640 mil/ano

Fonte: Pyxis 2011 – IBOPE Inteligência e RAIS

REGIÃO SUDESTE - O MAIOR VOLUME

A maior parte do mercado varejista de material de construção encontra-se na Região Sudeste. Os quatro estados que compõem esta região concentram 54,5% do potencial de consumo e 48% dos estabelecimentos comerciais. E, além de ser um mercado de volume, este é também um mercado qualificado: a renda média das famílias na Região Sudeste é 23% superior a média nacional. Não por acaso, é nesta região que estão instaladas a maior parte das lojas no formato “home center” existentes no país.

REGIÃO SUL - MAIOR CONCORRÊNCIA

A Região Sul apresenta um potencial

Região Norte e Nordeste

População	69.903.240
Renda Familiar Mensal (R\$)	R\$ 1.676
Taxa de crescimento anual de novos domicílios	3%
Potencial de consumo para material de construção (2011)	R\$ 14,93 bilhões
Número de lojas de material de construção	31 mil
Produtividade (Consumo/nº de lojas)	R\$ 490 mil

Fonte: Pyxis 2011 – IBOPE Inteligência e RAIS

REGIÃO NORTE E NORDESTE - MERCADO POTENCIAL NO SEGMENTO DE BAIXA RENDA

As Regiões Norte e Nordeste contam com uma população de 70 milhões de habitantes (36% da população total do país), mas apenas 20% do potencial de consumo de material de construção está localizado nestas duas regiões. Este é um mercado em desenvolvimento, com muito espaço para crescimento, mas que ainda apresenta maior oportunidade para os produtos que têm como foco o consumidor de baixa renda. Não por acaso, o número de pequenas lojas de material de construção é proporcionalmente maior nesta região (72%) do que o observado no total do país (68%).

## Região Centro Oeste

População	14.330.807
Renda Familiar Mensal (R\$)	R\$ 3.012
Taxa de crescimento anual de novos domicílios	3,4%
Potencial de consumo para material de construção (2011)	R\$ 6,7 bilhões
Número de lojas de material de construção	11,5 mil
Produtividade (Consumo/nº de lojas)	R\$ 582 mil

Fonte: Pyxis 2011 – IBOPE Inteligência e RAIS

## REGIÃO CENTRO-OESTE - MERCADO PROMISSOR

Sob vários aspectos a Região Centro-Oeste pode ser considerada um mercado promissor para o setor de material de construção:

- 1. O perfil de renda da população é o segundo mais alto do Brasil;
- 2. A região apresenta a maior taxa de crescimento de novos domicílios em todo o país;
- 3. É um mercado de média concorrência, a relação entre demanda e oferta está próxima da média nacional.

Porém, do ponto de vista de volume, a Região Centro-Oeste ainda é um mercado de pe-

queno porte, apenas 8% do potencial de consumo para material de construção do país provém desta região. Mesmo assim, de olho no futuro, grandes redes como a francesa Leroy Merlin já se instalaram na região e o esperado é que outras empresas do setor façam o mesmo.

## PERSPECTIVAS DE FUTURO

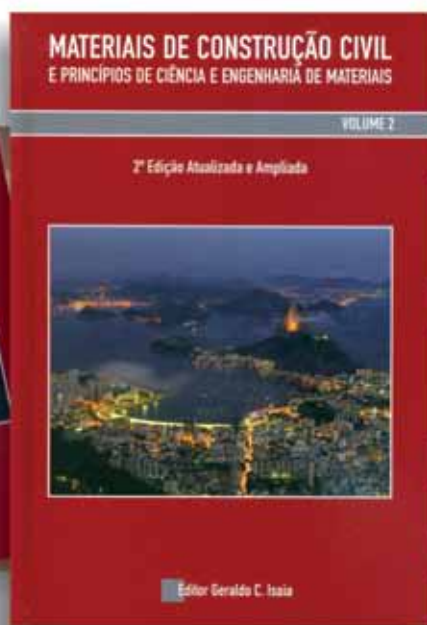
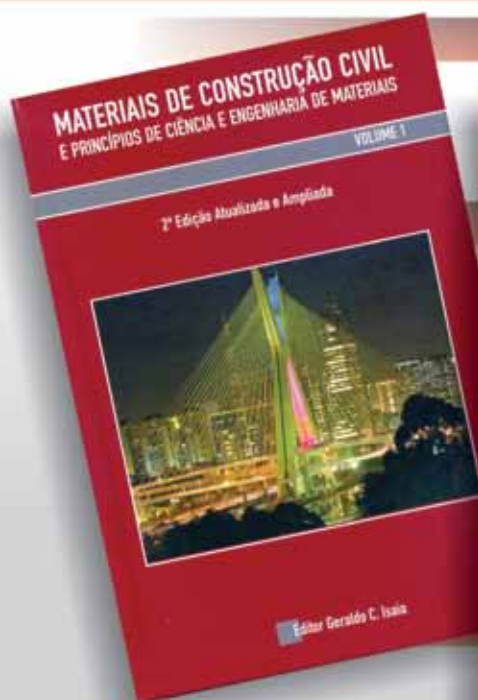
A atual conjuntura econômica tem favorecido bastante o varejo de material de construção. O aumento crescente da oferta de crédito para o setor imobiliário, aliado ao aumento real da renda do trabalhador e às baixas taxas de desemprego, impulsionou o setor nos dois últimos anos e deve mantê-lo aquecido também em 2011.

O maior desafio, no entanto, está na profissionalização das empresas deste mercado. Há alguns anos havia a expectativa que o varejo de material de construção seguisse os passos do ramo supermercadista, passando por um processo de profissionalização que resultaria no surgimento de grandes operadores de atuação nacional. Isto não aconteceu e o mercado ainda é dominado por pequenas empresas, muitas das quais ainda operam na informalidade. ■

# Livro “Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais”

Edição Revisada e Ampliada

Editor: Geraldo Cechella Isaia



### SINOPSE

Livro-texto sobre materiais de construção civil, escrito por profissionais brasileiros, referenciado nas normas brasileiras e nas práticas nacionais de engenharia.

### PÚBLICO

Estudantes de engenharia civil e de arquitetura; profissionais do setor construtivo; professores e pesquisadores

### FICHA TÉCNICA

- 2 Volumes
- 1776 páginas
- Capa dura

### VENDA

Loja Virtual no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

### INVESTIMENTO

Não-sócios: R\$ 250,00  
Sócios: R\$ 200,00

---

## solucionando problemas

lajes treliçadas

# Diagnóstico das condições de projeto e execução encontradas em edificações com lajes treliçadas

**JASSON R. FIGUEIREDO FILHO - PROFESSOR**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR

**ALEXANDRE K. H. SHIRAMIZU - ENGENHEIRO CIVIL**  
ENGENMIX

## 1. INTRODUÇÃO

**A**té alguns anos atrás, o sistema estrutural mais utilizado na execução de pavimentos de edifícios era a laje maciça de concreto armado que apresenta elevado consumo de fôrmas e escoramentos. Uma alternativa hoje são as lajes com vigotas pré-fabricadas com armadura treliçada. As lajes nervuradas pré-moldadas empregam vigotas pré-fabricadas, com elementos de enchimento de blocos cerâmicos, de EPS etc., solidarizadas por uma capa de concreto, moldada no local, com armadura de distribuição. Para a execução, é necessário escoramento apenas para suportar o peso próprio e a pequena carga de construção. Elas apresentam deslocamentos transversais em geral maiores que os das lajes maciças.

A indústria da construção civil, buscando racionalização e economia sem perda da qualidade, tem feito amplo uso desse tipo de laje, sobretudo, em edifícios de concreto armado, pois consome pouco con-

creto e madeira (apenas para um pequeno escoramento), é de fácil manuseio e execução e tem baixo custo. Por essas razões, têm surgido inúmeras fábricas dessas lajes, mas muitas apresentam pouca capacitação e empregam materiais de baixa qualidade. Isso leva ao surgimento de problemas de execução e conseqüentes patologias, com perda de qualidade e durabilidade.

Em virtude disso, foi feito um estudo sobre as condições encontradas em São Carlos, interior de São Paulo, em relação ao projeto, fabricação, execução e problemas observados nas edificações feitas com essa laje e de que forma os diversos agentes têm se portado frente ao sistema. Foram feitas visitas a obras e fábricas e realizadas entrevistas com projetistas, fabricantes, engenheiros de obra, construtores e trabalhadores. Foram analisadas algumas patologias apresentadas e as prováveis causas, com destaque para as relacionadas com os procedimentos inadequados de execução.

Figura 1 – Quebra de bloco cerâmico



No caso particular de execução dessas lajes, o quadro encontrado é preocupante, pois a maioria das práticas empregadas é rudimentar e a improvisação é frequente, certamente comprometendo a qualidade e a durabilidade das construções, o que ocorre tanto nas obras mais simples quanto nas mais complexas, inclusive de múltiplos pavimentos.

## 2. PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES DOS PRODUTORES DAS LAJES

Os fabricantes consideram que as lajes treliçadas são adequadas para 70% a 80% das obras. Afirmam que se cuidados não forem tomados já na fabricação das nervuras e lajotas, certamente problemas irão ocorrer, relacionados com: nervuras com comprimentos inadequados ou com dimensões padrão, sem projeto e cálculo para necessidades específicas; falta de padrão na qualidade e dimensões de lajotas; armazenamento inadequado de treliças e rupturas dos nós; resistência inadequada do concreto; ausência de espaçadores; lançamento e adensamento sem cuidados; cura inadequada; falta de cuidados no transporte e estocagem; falta de projeto de montagem e escoramento. Outros problemas com menores incidências observadas: deformação excessiva; destacamento do revestimento do teto; mau adensamento da capa; fissuras longitudi-

dinais entre a vigota e o enchimento; e corrosão da armadura.

## 3. ENTREVISTAS COM PROJETISTAS

Dos projetistas entrevistados, 60% trabalham apenas com projetos, enquanto que 40%, além do cálculo, também executam obras. Uma parcela (30%) realiza cálculos, executa obras e fabrica lajes. Muitos projetistas limitam-se a escolher uma altura para a laje; alguns também a armadura, sem cálculos. Alguns fazem projetos para as necessidades específicas. Vários não consideram carregamento nas vigas que são paralelas às nervuras; outros empregam percentuais muito baixos.

A maior parte (70%) afirmou detalhar o escoramento em projeto ou, ao menos, oferecer informações para a execução do serviço em obra.

O cálculo das flechas é feito por 80% dos profissionais, sendo que contraflecha é especificada por 75% destes.

Nenhum vê problemas na confecção de paredes sobre as lajes, desde que estas sejam previstas no cálculo. Como problemas, foram apontados: as fissuras longitudinais, as deformações excessivas, a dificuldade de adensamento, o destacamento do revestimento, a retração dos blocos de EPS, a dificuldade no transporte vertical, a falta de cobrimento da armadura de distribuição, o aparecimento de ninhos de concretagem e o desperdício de materiais.

Figura 2 – Descida de bloco cerâmico durante a concretagem





#### 4. ENTREVISTAS COM MESTRES DE OBRAS

Foram visitadas 35 obras, sendo que a maior parte dos mestres tinha boa experiência. Sempre utilizam a capa de concreto para embutir eletrodutos e outras tubulações; 80% preferem trabalhar com lajota cerâmica; os que usam EPS (20%) destacaram o fato de ser mais leve, mais prático e rápido de montar, mas reconhecem a dificuldade de aplicação do reboco e do transporte horizontal do concreto sobre a laje durante a operação de lançamento. O adensamento com vibrador é pouco adotado (34%), mas a cura é realizada por todos.

Quando executam paredes sobre as lajes, algumas vezes é colocada armadura de distribuição com tela soldada sob a parede; em outras ocasiões, são feitas vigas invertidas ou vigas planas ou chatas, ou ainda são justapostas mais de uma vigota.

Geralmente, é colocada armadura construtiva na capa. Os detalhes, quantidades e orientações de execução geralmente são fornecidos no projeto, mas, em alguns casos, são feitas alterações na obra.

Principais problemas observados: saliência na parte inferior da laje, caracterizada pela quebra, trinca ou descida do elemento de enchimento (Figuras 1, 2 e 3); fissuras sobre os apoios; ninhos de concretagem na capa; fissuras longitudinais; destacamento entre o reboco e o elemento de EPS; deslocamentos transversais acentuados e dificuldade na aplicação de contraflecha (Figura 4).

Figura 3 - Descida de bloco de EPS na concretagem



Figura 4 - Contraflecha exagerada erguendo as extremidades das vigotas



#### 5. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DE TODOS OS AGENTES EM RELAÇÃO ÀS DIFICULDADES OBSERVADAS

Das respostas de todos os envolvidos no processo, conclui-se que a quebra, trinca ou descida do elemento de enchimento é o principal problema. Isto acarreta um trabalho a mais na obra na etapa de realização do revestimento dos tetos.

A execução incorreta foi o item mais comentado pelos fabricantes e projetistas. Outros pontos bastante apontados foram: as fissuras longitudinais entre a vigota e o elemento de enchimento; o destacamento do reboco; a deformação excessiva; o aparecimento de ninhos na capa; e a dificuldade no adensamento da mesma.

#### 6. VISITAS A FÁBRICAS E OBRAS DE LAJES TRELIÇADAS

O número de fábricas na região é pequeno (quatro), porém, suficiente para atender à demanda. Pôde-se perceber que as diversas etapas da produção se davam sem organização (apenas uma apresentava estrutura mais organizada). Os materiais (cimento, brita, areia, água e treliças) geralmente ficam próximos aos leitos, estocados em instalações ventiladas, mas não protegidos. Apenas em uma fábrica as treliças metálicas encontravam-se em local adequado, empilhadas e separadas por tipos.

Figura 5 – Ausência de cinta de solidarização



Os fabricantes não empregam espaçadores para garantir o cobrimento da ferragem positiva. Alegam que as treliças se ajustam nas fôrmas na posição correta no instante da colocação.

Das 35 obras visitadas, em algumas, a laje estava sendo montada e, em outras, já havia sido concluída, restando o acabamento; em todas, só se empregam lajes treliçadas. A maior parte das obras era de edifícios residenciais térreos (82,86%), seguidos de prédios residenciais com quatro ou mais pavimentos (11,43%) e estabelecimentos comerciais (5,71%). As primeiras, sem exceção, tiveram a laje preenchida com lajota cerâmica, enquanto que, dos quatro edifícios, três usavam o EPS como elemento de enchimento. As principais observações estão nos próximos itens.

### 6.1 TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS

No transporte e manuseio das vigotas, devem-se evitar movimentos bruscos; se transportadas por duas pessoas, a ferragem positiva deve ficar para baixo; se por uma só pessoa, ela deve ficar para cima, procedimentos raramente seguidos.

Na maioria dos canteiros, as vigotas e os elementos de enchimento ficavam armazenados em locais inadequados, empilhadas sem cuidado, com grande quantidade de lajotas trincadas ou quebradas. Em alguns poucos casos, os materiais eram armazenados em locais seguros, cobertos e de maneira organizada.

### 6.2 ESCORAMENTO

O primeiro passo para a montagem da laje é a colocação e o travamento dos escoramentos. O piso deve estar devidamente acertado e nivelado e a base de apoio deve ser firme e resistente. Se a base for o próprio terreno, este deve ser bem compactado, mas não se deve apoiar as escoras diretamente sobre ele. Quando as escoras são esbeltas e têm baixa rigidez, é necessário contraventar o pontalete à meia altura.

### 6.3 COLOCAÇÃO DAS VIGOTAS, DOS ELEMENTOS DE ENCHIMENTO E DAS INSTALAÇÕES

Quando as vigotas são apoiadas sobre vigas de concreto, devem adentrar, pelo menos, 5cm, ou, no máximo, metade da largura da viga. Em quase todas as obras, isso não era observado. Nas situações em que as vigotas são apoiadas diretamente sobre a alvenaria (Figura 5), não era feito o respaldo da mesma e nem distribuída uma ferragem construtiva para formar uma cinta. Alternativamente, podem ser colocados blocos de concreto na última fiada da alvenaria (Figura 6).

Após a colocação das vigotas, procedeu-se à dos elementos de enchimento. Existem elementos fabricados com diferentes formatos e dimensões, especialmente para atender imposições construtivas e para evitar cortes na obra e desperdício de materiais.

As instalações elétricas e hidráulicas devem ser embutidas na laje sem reduzir sua capacidade resistente.

Figura 6 – Vigotas apoiadas sobre blocos de concreto



#### 6.4 APLICAÇÃO DA CONTRAFLECHA E COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS COMPLEMENTARES

Na execução da contraflecha, em alguns casos, o valor não seguiu o projeto, com nítida dificuldade em aplicá-la por parte da equipe responsável. O esforço aplicado pelos escoramentos foi tamanho que ergueu as extremidades das vigotas do apoio.

As armaduras complementares devem ser dispostas conforme o projeto (bitola, quantidade e posição); este nem sempre é bem detalhado. Deve-se impedir que as armaduras saiam de lugar na execução.

#### 6.5 LIMPEZA, INSPEÇÃO FINAL, CONCRETAGEM DA CAPA E RETIRADA DO ESCORAMENTO

Antes da concretagem, deve ser realizada a limpeza dos elementos, principalmente da interface entre as nervuras e o concreto a ser lançado. O engenheiro responsável pela obra deve também proceder a uma vistoria dos serviços executados para então liberar a concretagem. Esses cuidados nem sempre são observados.

Na concretagem, foram observados procedimentos incorretos na maioria das obras. Antes da aplicação do concreto, deve-se molhar todos os componentes da laje, mas não se deve lançar o concreto até que a superfície esteja visivelmente seca. É aconselhável que o concreto seja aplicado de uma só vez e no mesmo dia. Quando isso não ocorreu, não foram tomadas providências para a adequada aderência entre o concreto novo e o velho. Aconselha-se colocar passadiços de madeira sobre a laje, providência nem sempre observada.

Em quase todas as obras, não foi feito o adensamento da capa, prejudicando a solidarização com a vigota e possibilitando a formação de vazios, de ninhos, surgimento de fissuras e falta de cobertura.

A cura deve ser iniciada logo após o lançamento do concreto e efetuada por, pelo menos, três dias, mantendo a superfície molhada.

A retirada do escoramento deve se dar preferencialmente após 21 dias da concretagem e nunca antes de 15 dias. Sua remoção não pode ser feita de maneira desordenada e, em edifícios de múltiplos

pavimentos, não se deve retirar o escoramento do piso inferior antes do término da laje imediatamente superior. Esses cuidados nem sempre são seguidos.

### 7. CONCLUSÕES

A maioria dos mestres observou que o tempo de execução e a quantidade de madeira diminuem com o uso das lajes treliçadas, em comparação com as lajes maciças. Embora os projetistas e mestres considerem a laje treliçada competitiva para vãos acima de seis metros, a maioria dos fabricantes declarou que a faixa de vãos mais comercializada é a de 3m a 6m.

O principal problema observado foi a saliência formada na face inferior das lajes, característica da quebra ou descida do elemento de enchimento. As fissuras na laje, o aparecimento de ninhos de concretagem e as deformações excessivas também foram apontados.

Outros problemas podem ser evitados, se forem seguidos procedimentos simples desde o momento da fabricação das vigotas. Nas fábricas, se os materiais forem armazenados em locais adequados, protegidos, identificados e empilhados corretamente, serão obtidas peças de melhor qualidade. A utilização de espaçadores garante o cobertura e evita a corrosão da armadura.

A organização do canteiro de obras é primordial. Na maior parte das obras, os elementos eram mal conservados, ficando espalhados em locais impróprios e desprotegidos. O correto é empilhá-los, identificá-los e abrigá-los em lugares fechados. Na montagem, a verificação do tamanho do trecho das vigotas que se apóiam sobre a estrutura e a execução de uma cinta de concreto armado na extremidade superior de paredes podem evitar fissuras na ligação laje-viga e a torção das regiões de apoio. Quase nunca é feito o adensamento da capa.

Devem ser evitadas tomadas de decisões no canteiro que modifiquem indicações do projeto, mesmo que justificadas por experiências acumuladas de outras obras. Verificou-se, nas visitas, a necessidade de uma melhor assessoria por parte dos fabricantes e projetistas no procedimento de montagem das lajes.

Os fabricantes sugerem o desenvolvimento de um elemento de enchimento mais resistente, leve e econômico. Os projetistas se preocupam com o comportamento conjunto da laje treliçada com a estrutura e as deformações sofridas. Os mestres de obras apontam a necessidade de métodos que facilitem a montagem e aplicação de contraflechas (sugerem que os projetos sejam elaborados de forma a não prevê-las, pois não é simples executá-las).

Para que as lajes treliçadas sejam competitivas, são necessários estudos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas, procedimentos, tecnologias e materiais. Além disso, todos

os envolvidos no processo de produção devem tomar medidas cabíveis para diminuir as dificuldades e evitar os erros que levem ao surgimento de problemas patológicos. É fundamental que todas as etapas sejam feitas por profissionais capacitados e que os materiais e equipamentos empregados sejam de qualidade. Durante sua vida útil, a laje treliçada deve desempenhar sua função sem manifestar patologias ou problemas, garantindo segurança e conforto aos usuários.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro.

## Referências Bibliográficas

- [01] ABNT NBR 14859-1/2002 - Laje pré-fabricada - Requisitos: Lajes unidirecionais
- [02] ABNT NBR 14859-2/2002 - Laje pré-fabricada - Requisitos: Lajes bidirecionais
- [03] ABNT NBR 14860-1/2002 - Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos: Lajes unidirecionais
- [04] ABNT NBR 14860-2/2002 - Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos: Lajes bidirecionais ■



## Pesquisas e inovações para a construção sustentável.

01 a 04 de novembro de 2011  
CENTROSUL - Florianópolis/SC



### TEMAS

- 1 | **Gestão e Normalização**  
*Management and Standardization*
- 2 | **Materiais e Propriedades**  
*Materials and Properties*
- 3 | **Projeto de Estruturas**  
*Structural Design*
- 4 | **Métodos Construtivos**  
*Construction Methods*
- 5 | **Análise Estrutural**  
*Structural Analysis*
- 6 | **Materiais e Produtos Específicos**  
*Specific Products*
- 7 | **Sistemas Construtivos Específicos**  
*Specific Construction Systems*

### DATAS IMPORTANTES

- Envio de Artigos** → até 27/Junho/2011
- Aceitação de Artigos** → até 30/agosto/2011
- Envio de Revisão de Artigos** → até 12/setembro/2011
- Evento** → 01/11 a 04/11/2011

**Fique atento para não perder os prazos! As datas estabelecidas não serão prorrogadas!**

### INFORMAÇÕES

Site → [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
email → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

### COMISSÃO ORGANIZADORA

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68 Fone/Fax → +55 11 3735-0202  
Bairro Jardim Olímpia Fax → +55 11 3733-2190  
São Paulo - SP - Brasil e-mail → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)  
05542-120

# Pesquisa traça radiografia do novo trabalhador na construção civil

O apagão de mão de obra na construção civil é efeito da baixa escolaridade do brasileiro ou, ao contrário, os jovens agora mais escolarizados têm escolhido ocupações mais promissoras que as oferecidas pelo setor construtivo brasileiro?

Pesquisa realizada pelo Centro de Políticas Sociais da Fundação Getúlio Vargas no Rio de Janeiro (“Trabalho, Educação e Juventude na Construção Civil”), sob coordenação do professor Marcelo Neri, apoiada pelo Instituto Votorantim, que traçou uma radiografia do novo trabalhador na construção civil, oferece algumas pistas para responder a questão. Lançado em abril, o trabalho levou ao desenvolvimento de um conjunto de recursos interativos on line, disponível no site [www.fgv.br/cps/construcao](http://www.fgv.br/cps/construcao), que possibilita que cada um responda suas próprias perguntas em seu grupo de referência.

Dados da última PNAD (2009), compilados na pesquisa, informam que a construção civil abriga 6,8 milhões de trabalhadores, o que representa 7,8% da população brasileira economicamente ativa. As famílias dos trabalhadores da construção civil elevaram seu padrão de renda nos últimos anos: em 1996, 51,28% estavam nas classes D e E (renda familiar mensal inferior a R\$ 1.100,00); em 2009, eram apenas 36,2%. O setor não acompanhou, entretanto, o aumento da participação feminina no mercado de trabalho: em 1996, 97,6% dos ocupados na construção civil eram homens contra 60,7% no total dos ocupados; em 2009, estes números

eram, respectivamente, 97,2% e 56,5%.

A presença de migrantes no setor construtivo tem caído ao longo do tempo, chegando a 52,5% em 2009. Segundo a pesquisa, a queda é explicada pela profusão de políticas de transferência de renda, em especial no Nordeste, tradicional celeiro de trabalhadores da construção que migravam para o Sudeste. A pesquisa faz um alerta: tais políticas de transferência de renda podem reduzir a oferta de trabalhadores pouco qualificados e aumentar o salário requerido pelo trabalhador para participar do mercado de trabalho.

A composição geográfica dos trabalhadores da construção civil também mudou. Com o crescimento mais acelerado da economia nordestina e da nortista, tais regiões, que representavam 27% dos ocupados no setor, em 1996, passaram, em 2009, a representar 32% dos ocupados. A metrópole com maior participação de seus trabalhadores na construção civil, hoje, é Salvador, com 10,2%; Brasília é a com menor participação, 7,13%.

A renda média auferida por quem trabalha na construção é 14,7% menor do que a renda do conjunto de ocupados: R\$ 933 contra R\$ 1094. Neste ponto, os pesquisadores perguntam-se: se há escassez de mão de obra na construção civil, como se explica a diferença de renda?

Como fator mais importante destaca-se o baixo nível de escolaridade dos trabalhadores da construção: em média, eles possuem dois anos a menos (6,3 anos de estudos contra 8,4 anos para o conjunto dos ocupados). Como

indicadores da escassez relativa de trabalhadores no segmento construtivo, citam-se: o maior prêmio por nível educacional (o salário-hora por anos de estudo na construção civil é de R\$ 3,3 contra R\$ 3,14 no total dos ocupados); o maior crescimento do nível educacional entre 2003 e 2009 (2,47% contra 2,31% ao ano); o maior salário-hora por ano de estudos completos no período (1,38% contra 0,38% ao ano); o maior crescimento dos rendimentos individuais, no período (3,2% contra 2,58% ao ano); e a maior queda da jornada de trabalho no período (0,49% ao ano contra 0,34% ao ano), que, no entanto, continua sendo maior do que a jornada do total dos ocupados (43,9 horas semanais contra 41 horas semanais).

Duas constatações preocupantes feitas pela pesquisa: apesar da construção ainda empregar mais pessoas que iniciaram precocemente sua carreira trabalhista (58,7% na construção contra 50,8% para os trabalhadores em geral), o trabalho precoce tem caído

mais fortemente na construção; a construção já não é, há algum tempo, um setor de jovens (em 1996, 34,2% dos seus trabalhadores tinham entre 15 e 29 anos, índice próximo aos 34,6% do total de ocupados; já, em 2009, apenas 28% dos ocupados na construção tinha entre 15 e 29 anos, contra 31,1% do total de ocupados). Explicação: os jovens brasileiros, na busca por melhorar seu baixo nível educacional, têm optado por começar a trabalhar mais tarde e escolhido ocupações menos braçais e mais qualificadas do que aquelas oferecidas tradicionalmente no setor da construção civil.

Para os pesquisadores, apesar da construção civil ter se alinhado com as novas tendências trabalhistas, aumentando a escolaridade de seus trabalhadores e reduzindo a ocupação precoce e a informalidade, houve aumento da escassez trabalhista relativa aos demais setores, quadro que tende a se acirrar justamente porque os mais escolarizados não tem optado pelo trabalho na construção.

## Primeiros pilares são instalados na Arena Pantanal

A construção da Arena Pantanal, um dos palcos para a Copa do Mundo de 2014, iniciou a implantação de seus pilares pré-moldados. Montados no próprio canteiro, com altura entre 14 e 22 metros, os pilares têm sido produzidos ao ritmo de 50 peças por dia.

No total, a fábrica de pré-moldados instalada no canteiro de obras já produziu 650 peças, entre lajes, vigas e arquibancadas, estas últimas de três degraus e oito metros de comprimento. A expectativa é que sejam fabricadas, em todas as fases de execução da obra, 8,5 mil peças.

Os pilares são içados e fixados por meio de guindastes e guias. Paralelamente à sua instalação, 32 caminhões finalizam a fase de terraplanagem da obra, sendo que as últimas estacas de concreto vêm sendo instaladas.

A Arena Pantanal terá uma área de 300 mil m<sup>2</sup> e capacidade para 43 mil especta-



Fotos: Dinalte Miranda



dores. O estádio ocupará o lugar do antigo “Verdão”, cujo entulho de demolição foi reaproveitado na execução do aterro do novo estádio. A construção está a cargo do Consórcio Santa Bárbara/Mendes Júnior.

# Obras da Arena da Amazônia iniciam produção de pré-moldados de concreto

As obras na Arena da Amazônia, estádio que vai receber os jogos da Copa do Mundo de 2014 em Manaus, iniciaram, em abril, a produção das estruturas de concreto da arquibancada inferior do lado leste, próximo à Avenida Constantino Nery.

As arquibancadas serão executadas utilizando um sistema composto por dois tipos de peças pré-moldadas de concreto armado: degraus e vigas inclinadas. Serão, ao todo, 2,5 mil peças de formatos diversos, cada uma com peso de até 12 toneladas, volume de cerca de 3,5 m<sup>3</sup> de concreto, com resistência de 40MPa, para comporem os degraus. Já, as vigas inclinadas serão formadas por três seções, cada uma com 7m de comprimento, 9 t de peso e consumo médio de 4 m<sup>3</sup> de concreto. No total, serão 108 vigas desse tipo.

Na atual fase das obras, a construtora Andrade Gutierrez, responsável pela execução da obra, fabricou 132 peças de degrau pré-moldado de 6 formatos diferentes, a partir de 4 formas em operação. As alturas dos degraus variam de 30 a 37 centímetros para a arquibancada inferior e de 55 a 60 centímetros para a arquibancada superior. Isso para atender às recomendações da FIFA, que exigem perfeita visibilidade do campo em qualquer ponto da arquibancada do estádio.

Por conta da variação dos degraus, a equipe de engenheiros da obra desenhou uma forma metálica específica, que permite ajustes milimétricos, garantindo dimensões precisas, economia de materiais e de tempo de execução. Por seu caráter inovador, a fôrma desenvolvida deverá ser patenteada, até o final do ano, pela Construtora.

Atualmente, a frente de pré-

-moldados da obra opera com quatro fôrmas metálicas. A expectativa é que, no pico da produção cheguem a ser utilizadas 12 fôrmas, com a fabricação de 24 peças por dia. Já, a fabricação de vigas inclinadas deverá utilizar cinco jogos de fôrmas metálicas, no pico da produção. Até o momento, foram produzidas 10 vigas. A obra encontra-se ainda na fase de terraplanagem e fundações, que apresentam, no total, evolução de 91,5% e 37,9%, respectivamente. A movimentação do solo para nivelamento do campo concentra-se no lado oeste da obra. No lado leste, 96% das estacas tipo hélice contínua e 40% dos blocos previstos já estão concluídos.

Serão investidos R\$ 499 milhões na obra, com recursos do BNDES (R\$ 400 milhões) e do Governo do Amazonas (R\$ 99 milhões). Os trabalhos começaram em julho de 2010 e deverão ser concluídos em junho de 2013.



# Nanotubos de Carbono (NTC) na tecnologia do concreto: uma revolução possível

CARLOS GUSTAVO N. MARCONDES - MESTRANDO  
ANA PAULA BOROWSKY DE BORBA - GRADUANDA  
MARCELO H. F. DE MEDEIROS - PROFESSOR DOUTOR  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material formado originalmente por cimento Portland, água, areia, pedra britada e atualmente aditivos e/ou adições. Ele é o segundo material mais usado pela humanidade, perdendo apenas para a água. Devido à sua ampla utilização, muitos esforços têm sido dedicados ao melhoramento desse material tão importante para a vida do ser humano. Isso impulsionou, nas últimas décadas, a pesquisa e o descobrimento de novos materiais para emprego na dosagem do concreto. Dentre eles, existem alguns já bem consolidados no mercado, como os aditivos fluidificantes, adições minerais, fibras de aço ou poliméricas.

O surgimento de uma tendência recente de desenvolvimento da nanotecnologia abriu uma nova possibilidade para a otimização dos materiais cimentícios, como concretos e argamassas. Trata-se dos nanomateriais, representados atualmente pela nanossílica e pelos nanotubos de carbono (NTC). É uma nova área de pesquisa, que tem estimulado atividades em muitas

universidades nacionais e internacionais, como ilustra a Tabela 1.

## 2. NANOTUBOS DE CARBONO

No início da década de 90, o pesquisador japonês Sumio Iijima descobriu os agora denominados nanotubos de carbono (NTC): pequenos cilindros ocos formados por átomos de carbono. Eles possuem escala nanométrica e medem, aproximadamente, 3nm de diâmetro por 1000nm de comprimento, sendo que um nanômetro corresponde a um bilionésimo do metro. A Figura 1 mostra uma imagem de nanotubos de carbono gerada por micrografia TEM (Micrografia Eletrônica de Transmissão).

Os nanotubos de carbono são formados apenas por átomos de carbono em um arranjo hexagonal, os quais se enrolam em forma de cilindro. Segundo o CDTN (Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear), a ligação carbono-carbono é a mais forte encontrada na natureza. Estima-se que os NTC apresentem uma resistência à tração cerca de cem vezes maior que a do aço, sendo que seu peso é, aproximadamente, cem vezes menor. A Figura 2 apre-



Tabela I – Algumas das principais universidades atuantes na pesquisa de nanomateriais aplicados a compostos cimentícios

Instituição	Departamento	Pesquisadores
<b>Brasil</b>		
Universidade Federal de Minas Gerais – MG	Departamento de Física / Departamento de Engenharia de Estruturas	M. Pimenta; Luis Orlando Ladeira; André F. Ferlauto e José M. Fonseca Calixto
Universidade Federal do Paraná - PR	Departamento de Construção Civil	Carlos G. Nastari Marcondes e Marcelo H. F. de Medeiros
Universidade Federal de Santa Catarina - SC	Departamento de Engenharia Civil	Philippe J. P. Gleize e Wellington L. Repettel
<b>Internacional</b>		
University of Minnesota Duluth, USA	Department of Mechanical and Industrial Engineering / Department of Civil Engineering	Xun Yu; Eil Kwon
Chiang Mai University, Tailândia	Department of Physics and Materials Science	Arnon Chaipanich
The State University of New Jersey, USA	Department of Civil and Environmental Engineering	P.N. Balaguru
Universidade de Berkeley, USA	Department of Civil Engineering, Structural Engineering and Structural Mechanics (SESM)	Paulo Monteiro
University Shanto, China	Department of Civil Engineering, Shantou	Geng Ying Li; Pei Ming Wang; Xiaohua Zhao
Politecnico di Torino, Itália	Physics Department / Structural Engineering Department	Simone Musso; Giuseppe Ferro
Northwestern University, USA	Center for Advanced-based Materials	Surendra P. Shah
Democritus University, Grécia	Department of Civil Engineering	Maria S. Konsta-Gdoutos

senta a disposição dos átomos de carbono, representados por esferas que, interligadas, formam uma estrutura cilíndrica de dimensões nanométricas.

Há vários modos de os átomos de carbono se interligarem para a formação dos

nanotubos e essa forma de ligação é responsável pelo desempenho do material e pela conseqüente melhoria em suas propriedades. Sob o ponto de vista da geometria, propriedades importantes dos nanotubos são determinadas pelo seu diâmetro e pela sua quiralidade, ou seja, pela forma como os hexágonos de átomos se orientam em relação ao eixo do tubo.

Figura 1 – Imagem por TEM de nanotubos de carbono de paredes múltiplas (Li et al., 2005)

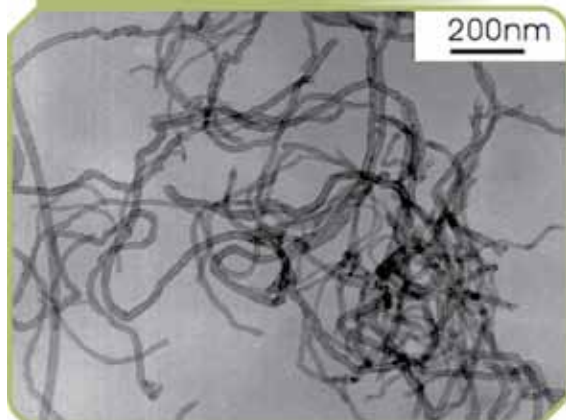


Figura 2 – Estruturas de nanotubos de carbono (à esquerda por B. Piropo e à direita pela OZONIC)

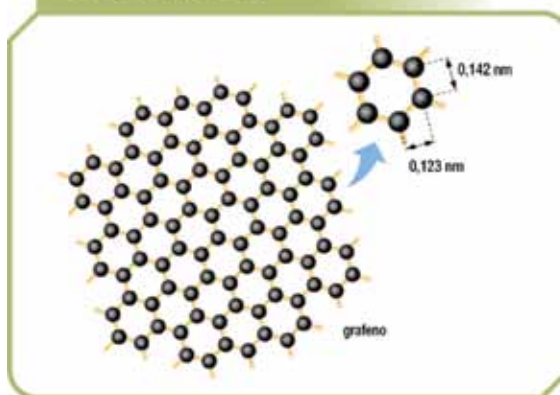


Vários estudos estão sendo desenvolvidos com o intuito de se controlar tais propriedades, tanto no processo de síntese quanto na seleção posterior a esse processo. Para a formação dos nanotubos, uma folha de grafeno<sup>1</sup> é enrolada em dimensões nanométricas, com a cavidade interna oca, conforme ilustrado na Figura 3 e Figura 4 (a).

Existem muitas maneiras de se enrolar uma folha de grafeno para se formar um nanotubo de parede simples, como é mostrado na Figura 5. Cada uma destas maneiras de enrolar gera nanotubos classificados de forma diferente e com propriedades distintas. O resultado disso é a classificação dos nanotubos em tipos “armchair”, “zig-zag” e “chiral”, como ilustrado na Figura 6.

A direção de formação dos nanotubos está relacionada à propriedade denominada quiralidade. Esta pode ser entendida como a forma pela qual os átomos se ligam, deixando pontas (ou não) nas extremidades do nanotubo. O ângulo formado por essas pontas é conhecido por ângulo quiral e pode variar de 0 (zero) - nanotubo perfeitamente enrolado (tipo zig-zag) - a 30° (tipo “armchair”). Sendo assim, a quiralidade, que retrata o enrolamento intrínseco da folha de grafeno,

Figura 3 - Ilustração do grafeno (PERUSSO e CANTO, 2010)



é responsável, em grande parte, pelo mecanismo de quebra de um nanotubo de carbono. A Figura 7 mostra diferentes configurações dos NTCs para diferentes ângulos quirais.

Pelo ponto de vista estrutural, existem dois tipos de nanotubos de carbono: os de pa-

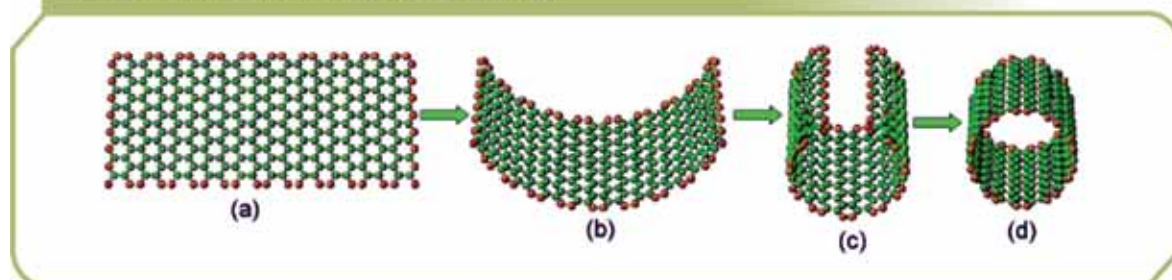
rede simples, constituídos por uma única folha de grafeno enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico, e os de paredes múltiplas, que compreendem um conjunto de nanotubos coaxiais, com várias folhas de grafeno enroladas em forma de tubo, como ilustrado na Figura 8.

### 3. APLICAÇÃO NO CONCRETO

Com o avanço da tecnologia em concretos e argamassas, uma nova tendência vem chamando atenção dos pesquisadores. Trata-se dos denominados concretos de terceira geração. De acordo com Sanchez e Sobolev (2010), o concreto pode ser classificado pela escala dos materiais que o compõem. Desta forma, o concreto com adição de nanomateriais seria considerado um concreto de terceira geração, como sugere a Figura 9.

A aplicação dos nanotubos de carbono na dosagem dos concretos ainda é um horizonte a ser perseguido. Os estudos

Figura 4 - Formação de nanotubos de carbono. - (a) Folha de grafeno. (b), (c) Folha de grafeno se enrolando. (d) Nanotubo formado (COUTO, 2006)



<sup>1</sup> Consiste em uma monocamada de átomos de carbono ligados em arranjo hexagonal. É um novo material, mais forte que o diamante, condutor de calor e em determinadas condições, superflexível.

Figura 5 – Sentidos de enrolamento de uma folha de grafeno

(<http://academic.pgccc.edu/~ssinev/nanotubes/>)

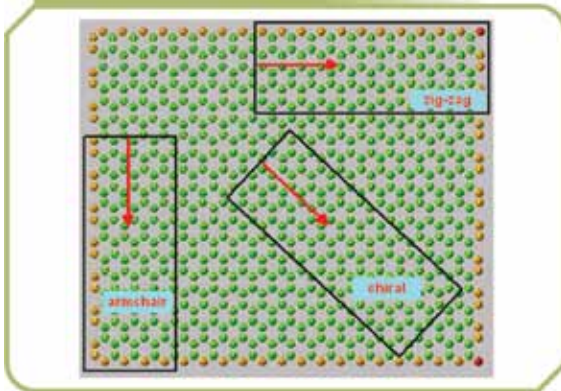
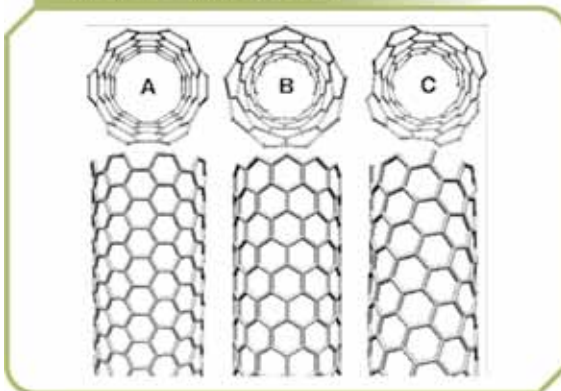


Figura 6 - (A) Nanotubo tipo "armchair", (B) Nanotubo tipo "zig-zag", (C) Nanotubo tipo "chiral"

([http://rickwilsondmd.typepad.com/rick\\_wilson\\_dmds\\_blog/2010/10/nanotubes-are-a-girls-best-friend.html](http://rickwilsondmd.typepad.com/rick_wilson_dmds_blog/2010/10/nanotubes-are-a-girls-best-friend.html))



atuais se concentram na interação dos NTC com o cimento, de modo que as pesquisas têm se restringido a pastas e a argamassas.

Alguns trabalhos indicam melhorias em concretos com adição dos nanotubos de carbono. Li *et al.* (2005) empregaram um procedimento de carboxilação para melhorar a ligação entre nanotubos de carbono de paredes múltiplas e a matriz de cimento, e obtiveram melhorias com relação à resistência à compressão e à flexão.

De acordo com Batiston (2007), os NTC atuam também como fibras e servem para redistribuir os esforços que são aplicados. Proporcionam também um ganho de resistência à tração e uma

diminuição da retração autógena do material cimentício.

Li *et al.* (2005) afirmam que os nanotubos de carbono agem como pontes através de pequenos poros e fissuras. Além disso, os NTCs são fortemente empacotados com o C-S-H. O resultado disso é a alta resistência de aderência entre o NTC e a matriz de cimento. Esses autores também mostraram, usando a técnica de porosimetria por intrusão de mercúrio, que a adição de NTC refina os poros de compostos cimentícios.

Segundo Batiston (2007), a adição de NTC ao cimento Portland gera um ganho significativo na resistência à compressão e à tração do concreto, tornando o concreto menos permeável e mais resistente à contaminação por cloretos. Possivelmente, o ganho de resistência à com-

Figura 7 - Nanotubos de carbono de diferentes quiralidades

([www.fisica.unam.mx/ceclia](http://www.fisica.unam.mx/ceclia))

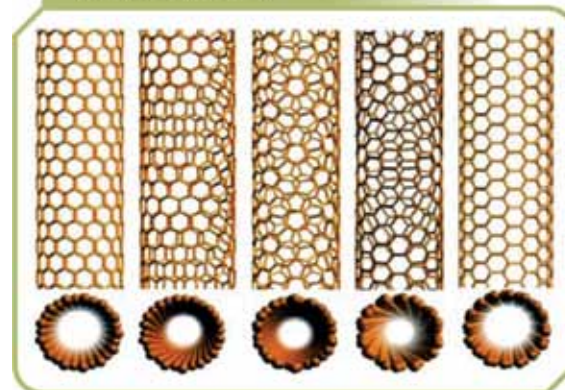
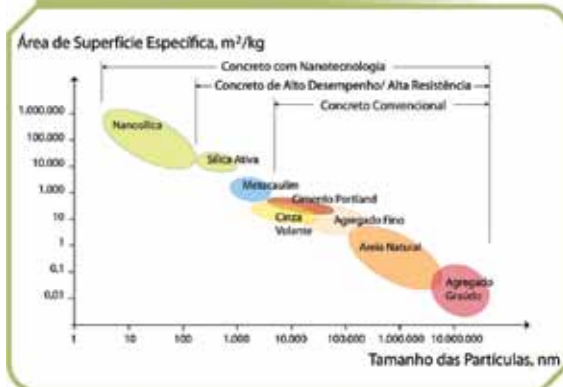


Figura 8 - Nanotubo de carbono de paredes múltiplas (MELO, 2009 apud CAPAZ e CHACHAM, 2003)



Figura 9 – Tamanho de partículas e superfície específicas relacionadas com o concreto [Sobolev e Gutiérrez, (2005) adaptado por Sanchez e Sobolev (2010)]



pressão se deve à redução da porosidade da pasta na presença de NTC. Por sua vez, a resistência à flexão é aumentada, provavelmente, porque a estrutura de cimento é reforçada por meio de pontes de NTC formadas entre as partículas do material hidratado, o que dificultaria a propagação de macro-fissuras. Também neste sentido, Batiston (2007) descobriu que concretos com adição de nanotubos de carbono apresentam menor tendência à ocorrência de fissuras.

Com relação à resistência à compressão, Batiston (2007), com 0,5% de adição de NTC em relação à massa de cimento, aumentou em 25% a resistência à compressão de uma matriz cimentícia.

Apesar de promissora, a adição NTC em concretos encontra uma barreira comercial devido ao custo do produto. Mas, para o Professor Luiz Orlando Ladeira, da UFMG, essa limitação será superada em breve. Ele desenvolveu e patenteou um processo de produção de cimento por meio do qual o nanotubo de carbono é formado no clínquer. Isso reduz substancialmente o custo do cimento contendo o material em escala nanométrica. A Figura 10 ilustra o cimento produzido por este pesquisador.

No Brasil, existem algumas universidades que já estão habilitadas a produzir os

nanotubos de carbono em escala reduzida (não industrial), tais como: UFPR (Universidade Federal do Paraná), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) e USP (Universidade de São Paulo).

#### 4. A IMPORTÂNCIA DA DISPERSÃO

Apesar dessa possibilidade de produção de cimento com nanotubos incorporados na própria fabricação, a grande maioria dos pesquisadores têm trabalhado com a adição de NCTs à massa do cimento.

Neste caso, um dos pontos chave para o emprego de nanopartículas na tecnologia de concreto é a questão da dispersão. Como se trata da adição de um material muito fino, adicionado em pequena quantidade, é importantíssimo que ele seja usado de forma a resultar em uma dispersão homogênea em toda

Figura 10 – Cimento produzido com nanotubos de carbono já incorporados, confeccionados na UFMG ([www.ufmg.br/boletim\\_bol1622/index.shtml](http://www.ufmg.br/boletim_bol1622/index.shtml))



a massa do concreto ou argamassa em que será empregado. Por este motivo, a questão da dispersão tem sido foco de pesquisa na área de aplicação de nanotubos de carbono na confecção de compostos cimentícios. Neste campo, Gdoutos et al. (2010) utilizaram goma arábica como agente de dispersão e registraram ganhos na resistência à compressão e no módulo de elasticidade. Estes autores também conseguiram uma dispersão eficaz por meio da aplicação de energia ultra-sônica e com a utilização de um surfactante. De acordo com esta pesquisa, os resultados sugerem fortemente que os nanotubos de carbono de paredes múltiplas, dispersos com surfactante e energia ultra-sônica, podem reforçar a matriz de cimento na nanoescala, aumentando a quantidade de C-S-H e diminuindo a porosidade. Outros autores dispersam os NTCs em acetona aplicando energia ultra-sônica e consideraram o resultado adequado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de nanomateriais é algo relativamente novo na tecnologia do concreto e seu potencial no aumento da resistência mecânica e na durabilidade do

concreto precisa ser mais estudado para ampliar a dimensão dos benefícios que este tipo de material pode proporcionar. As novas perspectivas e possibilidades conferidas pelos nanomateriais podem vir a revolucionar a tecnologia do concreto e, neste sentido, a atuação das universidades tem sido primordial para o avanço na fronteira do conhecimento sobre o uso de nanotubos de carbono no concreto.

Os estudos, na área de engenharia civil, ainda estão em estado incipiente e caminham no sentido da investigação da viabilidade técnica do emprego dos nanotubos de carbono em materiais cimentícios. A viabilidade econômica do seu uso é uma questão a ser levada em consideração. Porém, o preço do quilo do NTC deverá sofrer redução com o passar dos anos, devido à elevação da escala de produção deste material impulsionada pela abertura do mercado para a aplicação do NTC em diversos setores industriais. Infelizmente, o preço futuro do quilograma do NTC é imprevisível. Atualmente, pode-se adquirir este tipo de material por 95€/kg, lembrando que as pesquisas atuais sugerem o uso de NTCs em teor por volta de 0,5% em relação à massa de cimento, ou seja, 250 g para cada saco de cimento de 50 kg.

## Referências Bibliográficas

- [01] BATISTON, E. R. Estudo exploratório dos efeitos de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland. Santa Catarina, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2007.
- [02] GDOUTOS, MARIA S. KONSTA; ZOI S. METAXA; SURENDRA, P. SHAH, Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA - Cement and Concrete Research, 2010.
- [03] LI GY, WANG PM, ZHAO X., Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes. ScienceDirect, China, Carbon 43 (6) 1239-1245, 2005.
- [04] MELO, VALQUIRIA SILVA, Nanotecnologia aplicada ao concreto: efeito da mistura física dos nanotubos de carbono em matrizes de cimento portland. Minas Gerais, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2009.
- [05] SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in Concrete - A review. Construction and Building Materials, Nashville, v.24, p.2060-2071, 2010. ■

# 53º Congresso Brasileiro do Concreto - novo recorde em resumos inscritos!

O número de resumos inscritos no 53º Congresso Brasileiro do Concreto atingiu a marca de 944, um novo recorde. A cada edição, o evento tem recebido um número cada vez maior de resumos. Na edição passada, foram 738 resumos recebidos.

Fórum de debates sobre o cálculo, a construção e a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis, o evento tem o objetivo de divulgar as pesquisas científicas e tecnológicas sobre o material e as estruturas de concreto, bem como as inovações e as melhores práticas em projeto, execução, controle de qualidade, recuperação e normalização.

A distribuição dos resumos por temas ficou assim:

Temas	Número de artigos
Gestão e Normalização	28
Materiais e Propriedades	479
Projeto de Estruturas	91
Métodos Construtivos	26
Análise Estrutural	202
Materiais e Produtos Específicos	75
Sistemas Construtivos Específicos	24

O número acima contabiliza ainda os resumos inscritos no Seminário sobre

Infraestrutura Metroviária e Ferroviária, evento que integra o Congresso: 19 resumos.

Estão representados 24 estados mais o Distrito Federal, sendo que São Paulo, Rio Grande do Sul e Pará são os estados com maior número de autores. Estão inscritos ainda autores da Argentina, China, Colômbia, Espanha, Estados Unidos, França, Grã-Bretanha, Paraguai, Portugal e República Dominicana.

Mais um dado interessante: 39% dos trabalhos contam com mais de três autores; 27% têm três autores; 25%, dois autores; e apenas 9%, um único autor. Indicação de que a maior parte dos artigos é feita em equipe, muitas das quais interdisciplinares e interinstitucionais.

Os autores cujos resumos foram aprovados pela Comissão Científica do evento têm até o dia 27 de junho para enviarem os trabalhos completos.

O 53º Congresso Brasileiro do Concreto vai acontecer, em Florianópolis, de 01 a 04 de novembro, no CentroSul. Integra o evento a *Second International Conference on Best Practices for Concrete Pavements*, que recebeu 30 artigos para apresentação.

## II Encontro Regional do IBRACON em Sergipe

Com o objetivo de promover a atualização profissional, a discussão técnica e científica sobre temas atuais da engenharia e da arquitetura e o estreitamento de relações entre os sócios da região, será realizado, em Aracaju, dias 9 e 10 de junho, o II Encontro Regional do IBRACON em Sergipe.

A programação do evento incluirá, além das apresentações técnicas e científicas, as palestras:

- “Aumento da vida útil e redução do impacto ambiental de estruturas de concreto armado”, proferida pelo Prof. Luiz Carlos Pinto (UFRGS);
- “Reação Álcali-Agregado: uma abordagem geral”, ministrada pelo Prof. David de Paiva Gomes Neto (IFS);
- “Compósitos a base de cimento”, proferida pelo Eng. Fábio Pereira (Engecal);
- “O avanço da tecnologia do concreto e a prática brasileira”, ministrada pela Prof<sup>a</sup> Lídia Shehata (UFRJ).

As inscrições podem ser feitas pessoalmente no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS), no Instituto Federal de Sergipe (IFS) ou na Faculdade Pio Décimo, ou pelo e-mail [ibracon.sergipe@globomail.com](mailto:ibracon.sergipe@globomail.com).

Mais informações: tel. (79) 2105-6700.

## Regional IBRACON-RS realiza curso para preparação de inspetores em controle tecnológico do concreto

A Regional IBRACON no Rio Grande do Sul fechou a primeira turma do Curso Desenvolvimento e preparação para Inspetor em Controle Tecnológico do Concreto, curso preparatório para a qualificação de inspetores e tecnologistas em controle tecnológico do concreto pelo Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP).

O programa abrange as áreas do conhecimento requisitadas para a obtenção da certificação junto ao NQCP, mesclando aulas teóricas e práticas sobre agregados, cimento, concreto fresco, concreto endurecido, concreto protendido, controle tecnológico, aço para concreto armado e protendido, fôr-



São Leopoldo - RS

mas e escoramentos, concreto dosado em central, execução de estruturas de concreto e patologia das estruturas.

Voltado aos profissionais, acadêmicos e

técnicos em edificações, engenharia civil e arquitetura, o curso objetiva preparar e aperfeiçoar os profissionais para o controle tecnológico de agregados, do cimento, do concreto, de fôrmas e escoramentos e do aço para concreto. As aulas estão a cargo dos professores Jonas Cesar Delazeri, engenheiro civil, analista de desenvolvimento e qualidade e instrutor de curso de inspetor em controle tecnológico do concreto; e Emerson Cremm Busnello, mestre em tecnologia da construção de edifícios e tecnologia nível II pelo NQCP.

Com carga horária de 144 horas, distribuídas em 18 aulas presenciais aos sábados, das 8:30 às 17:30h, o curso é realizado no auditório do Laboratório da Unisinos, em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul. A primeira turma conta com 27 alunos.

O curso é promovido pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e conta com o apoio do Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul (Senge-RS).

Fique atento! A segunda turma vai ini-

ciar o curso em agosto e cerca de 30% da carga horária será dada à distância, facilitando a participação de profissionais de outros estados.

#### **Mais informações:**

##### Coordenador do curso

Prof. Bernardo F Tutikian

Tel. (51) 8428-3600

email: [bftutikian@unisinos.br](mailto:bftutikian@unisinos.br)

Site: <http://www.unisinos.br/educacaocontinuada>

## **SEMINÁRIO DE VENTOS NAS EDIFICAÇÕES**

A Regional do Rio Grande do Sul realizou, conjuntamente com a Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, em março, o Seminário de Ventos nas Edificações no auditório central da universidade, que contou com a participação de 350 profissionais. Os palestrantes foram os professores Bernardo Tutikian, Ozi José Noel Júnior, Joaquim Blessmann; e Acir Mércio Loredo Souza.

# Regionais do Paraná e Santa Catarina iniciam parceria

No dia 13 de maio de 2011, os representantes da regional do IBRACON-PR, Cesar Henrique Daher e Luis César De Luca, reuniram-se com os representantes da regional Santa Catarina Joelcio Luiz Stocco e Denis Weidmann, em Florianópolis, para assinar o protocolo de parceria entre as regionais.

Esta parceria visa a união de esforços das regionais do sul do país, para a realização de eventos conjuntos, publicações, troca de experiências e a captação de associados. Como primeiro fruto da parceria, os diretores regionais Stocco e Weidmann irão coordenar a pós-graduação “*lato-sensu*” em Tecnologia do



*Luis Cesar De Luca (Diretor Financeiro do IBRACON-PR), Joelcio Stocco (Diretor do IBRACON-SC), Denis Weidmann (Diretor Técnico do IBRACON-SC) e Cesar Henrique Daher (Diretor Técnico do IBRACON-PR)*

Concreto em Florianópolis-SC, do Instituto IDD, que conta com o apoio institucional do IBRACON e tem previsão de iniciar a primeira turma em março de 2012.



# Atividades da Regional do Paraná

Para difundir práticas de sustentabilidade relacionadas à produção do concreto e discutir a necessidade de infraestrutura no país e como a indústria do concreto pode contribuir com o processo de sua implementação, com práticas sustentáveis, a Regional IBRACON do Paraná organizou a palestra técnica “Concreto, Infraestrutura e Sustentabilidade”, ocorrida no último 26 de abril, no Instituto Ermínia Santana, em Curitiba.



A cargo do presidente do IBRACON, Prof. José Marques Filho, que abordou a situação do mercado nacional e mundial da construção civil, a importância e necessidade de obras de infraestrutura, as diretrizes para sua execução e as soluções sustentáveis na produção do concreto.

Estiveram presentes 30 convidados, professores, empresários e executivos, que tiveram a oportunidade de debater o tema em sessão final de discussões. Vale destacar a presença de executivos das empresas Copel, Cimentos Itambé, Grupo Bom Jesus e dos diretores da Regional Paraná, Prof. Cezar Luis Sato Daher e Prof. Mauricio Bianchini.

## PALESTRAS DE ABERTURA

No último dia 25 de março, a regional do IBRACON-PR promoveu as palestras de abertura de três cursos de pós-graduação “*lato-sensu*” do Instituto IDD: “Gerenciamento e Execução de Obras - 2ª Edição Curiti-

ba”; “Patologia nas Obras Civis - 2ª. Edição São Paulo”; e o lançamento “Tecnologia da Pré-Fabricação - 1ª Edição São Paulo” (este último contou com o apoio institucional da ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto).

As palestras de abertura foram ministradas respectivamente pelos engenheiros Jorge Mikaldo Júnior (JS Engenharia - PR), Pedro Castro Borges (CINVESTAV - México) e Íria Doniak (ABCIC). Contaram com a participação de 180 pessoas, entre estudantes e profissionais.



# 4º Workshop IBRACON Ilha Solteira

Foi realizado nos dias 25 e 26 de maio, no campus de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista - UNESP, o 4º Workshop IBRACON de Concreto, com o tema “Práticas na aplicação do concreto, controle de qualidade e patologias”.

Estiveram presentes cerca de 120 pessoas.

O evento é promovido pela Regional IBRACON de Ilha Solteira, pela UNESP e pelo Laboratório CESP de Engenharia Civil.



## Diretor regional de Natal visita IBRACON paulista

No dia 19 de abril, a sede do IBRACON em São Paulo recebeu a visita do diretor regional do Rio Grande do Norte, Prof. Hênio da Fonseca Tinoco. Na ocasião, o diretor teve a oportunidade de conhecer a estrutura física da sede paulista, sua biblioteca

técnica e seu quadro de funcionários, estreitando relações.

### WORKSHOP DA ESCOLA DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS DE NATAL

A Regional IBRACON do Rio Grande do Norte apoiou o Workshop da Escola de Engenharia e Ciências Exatas de Natal, ocorrido de 25 a 27 de maio, na Unidade Nascimento de Castro da Universidade Potiguar (UnP).

O objetivo do workshop foi promover a integração das diferentes áreas que compõem a Escola de Engenharia e Ciências Exatas, apresentando temas, tais como: Copa do Mundo de 2014; panorama atual do mercado da construção civil; cidades planejadas; legalização de obras; saneamento e saúde pública; protensão com cordoalhas não aderentes; construção de parques eólicos; concreto autoadensável; qualificação de mão de obra na construção civil; alvenaria estrutural; entre outros. ■





# ICCX Latin America 2012

A mais importante conferência internacional sobre concreto no mundo pela primeira vez nas Américas!

## 20-23 de março de 2012

CentroSul e Hotel Majestic - Florianópolis

marque na agenda!



Em março de 2012 palestrantes renomados brasileiros e de todo o mundo se encontrarão na bela Florianópolis para trazer a você as mais avançadas descobertas, as oportunidades e tendências da indústria de concreto e pré-moldados de concreto.

> Cursos técnicos

> Apresentações

> Exposição

> Visita a fábricas



As ICCX International Concrete Conferences & Exhibitions são organizadas pela CPI worldwide, a revista líder na indústria de concreto mundial. Elas oferecem a plataforma perfeita para fazer contatos, troca de experiências e oportunidade de escutar os mais renomados profissionais do mundo em seu campo de atuação.

### Faça já sua inscrição!

Mais informações no site:

[www.iccx.org](http://www.iccx.org)

Organização:



**FCI Fábrica de Concreto Internacional**  
Daniela Luck  
+55 11 3034-5521 / 8415-6881  
latinamerica@cpi-worldwide.com

Agência oficial:



**Arco Verde Turismo**  
Taís Motta  
+55 11 5084-8868  
tais@arcoverde.tur.br  
www.arcoverde.tur.br

Principal apoiadora:



**Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto**

Apoio:



# Avaliação da estabilidade global do Edifício Norte Sul em Campinas

CARLOS HENRIQUE RODRIGUES - GRADUAÇÃO  
ANA ELISABETE P.G.A JACINTHO - PROFESSORA DOUTORA  
MARCO ANTONIO CARNIO - PROFESSOR DOUTOR  
LIA L. PIMENTEL - PROFESSORA DOUTORA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

## RESUMO

Neste trabalho foram analisadas as estruturas de contraventamento do edifício empresarial Norte-Sul, formados por dois núcleos de rigidez e três pórticos. Apresentam-se dois processos recomendados pela NBR-6118:2007 para avaliar o grau de instabilidade da estrutura frente às combinações de carregamento os quais nos permitem verificar a possibilidade de dispensa da consideração dos esforços de segunda ordem global, que é o parâmetro de instabilidade  $\alpha$  e o coeficiente  $\gamma_z$ , que além de indicar o mesmo que o parâmetro  $\alpha$ , serve como um majorador dos esforços de primeira ordem, propiciando assim a determinação dos esforços finais de cálculo. Por fim, analisou-se as imperfeições geométricas (desaprumo) que geram deslocamentos horizontais as quais devem ser consideradas na análise da estabilidade da estrutura. Utilizou-se, para tanto, um programa computacional para o cálculo dos deslocamentos\*.

**Palavras-chave:** *instabilidade global; segunda ordem; parâmetros de instabilidade; contraventamento.*

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura do edifício Norte-Sul, da Cidade de Campinas - SP, apresenta uma peculiaridade: as escadas e os elevadores posicionados em locais não muito comuns, dificultando a análise da sua estabilidade global e a distribuição dos pilares para compor a rigidez global do edifício.

Desta forma, aborda-se o assunto sucintamente. Mostrar-se-á que o núcleo de rigidez idealizado inicialmente não foi capaz de contraventar o edifício, sendo capaz, entretanto, de absorver grande parte dos esforços, com a necessidade do auxílio de pórticos interligados. Apresentam-se, neste estudo, dois processos recomendados pela NBR 6118:2007: o parâmetro  $\alpha$  e o coeficiente  $\gamma_z$ . Considera-se, também, a análise das imperfeições geométricas.

## 2. ANÁLISE ESTRUTURAL (ESTABILIDADE GLOBAL)

### 2.1 PARÂMETRO DE INSTABILIDADE $\alpha$

Segundo a NBR 6118:2007, uma estrutura reticulada simétrica pode ser conside-

\* Sistrut

rada como sendo de nós fixos, se seu parâmetro de instabilidade  $\alpha$  for menor que o valor  $\alpha_1$ , conforme a expressão:

$$\alpha = H \cdot \sqrt{\frac{N_k}{E_c I_c}} \quad (1)$$

onde:

$H$ : Altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação;

$N_k$ : É a somatória de todas as cargas verticais atuantes na estrutura (a partir do nível considerado para o cálculo de  $H$ );

$E_c I_c$ : Representa a somatória dos valores de rigidez de todos os pilares na direção considerada.

Para que os efeitos de segunda ordem global possam ser desprezados, têm-se a seguinte condição:

$$\alpha \leq \alpha_1 \quad (2)$$

Considerando a formulação para instabilidade das estruturas, chega-se à conclusão de que um valor fixo igual a  $\alpha_1 = 0,6$  como limite (GIONGO,2007), para o caso de um pilar engastado na base e livre no topo, não é satisfatório para edifícios usuais com qualquer número de pavimentos.

Em trabalho apresentado em “Colóquio sobre Estruturas de Concreto”, realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (GIONGO,2007) propõe que o valor de  $\alpha_1$  seja dado pela expressão.

$$\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{1,2}} (0,88 - 0,44 \cdot 10^{-0,144n}) \quad (3)$$

sendo:

$n$ : número de pavimentos do edifício.

O valor da expressão acima converge para 0,8, quando  $n \geq 13$ . Desta maneira, pode-se tomar  $\alpha_1 = 0,8$  para  $n \geq 13$ , (GIONGO,2007).

## 2.2 COEFICIENTE $\gamma_z$

Considera-se que a estrutura é de nós fixos, se for obedecida a condição  $\gamma_z \leq 1,1$ , sendo que, neste caso, é possível desconsiderar os efeitos de segunda ordem global.

A NBR 6118:2007 apresenta uma so-

lução aproximada para a determinação dos esforços globais de 2º ordem: consiste na avaliação dos esforços finais (1º ordem + 2º ordem) a partir da majoração adicional dos esforços horizontais da combinação de carregamento considerada por  $0,95 \gamma_z$ . Esse processo só é válido para  $\gamma_z < 1,3$ .

Para valores de  $\gamma_z \geq 1,3$ , é necessária a análise de segunda ordem adequada, permitindo-se a adoção do processo  $P - \Delta$  (ou N-a), Processo Rigoroso ou Processo Simplificado, não abordados neste trabalho, tendo que avaliar a não-linearidade geométrica e a não-linearidade física.

O valor de  $\gamma_z$  é determinado pela seguinte expressão:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (4)$$

em que:

$M_{1,tot,d}$ : momento de tombamento.

Segundo CARVALHO e PINHEIRO (2009), para o cálculo de momento de tombamento e momento de segunda ordem, devem ser empregados os esforços no estado limite último.

**Vento**

$$\Delta M_{tot,d} = \sum_{i=1}^n (\gamma_g \cdot P_{gi} + \gamma_q \cdot P_{qi}) \cdot \delta_{hi} \quad (5)$$

**Desaprumo**

$$\Delta M_{tot,d} = \sum_{i=1}^n (\gamma_g \cdot P_{gi} + \gamma_q \cdot P_{qi}) \cdot (0,84 \cdot \delta_{hi}) \quad (6)$$

sendo:

$i$ : número de andares considerado;

$n$ : número total de andares do edifício;

$P_{gi}$ : resultante vertical da carga permanente no andar  $i$ ;

$P_{qi}$ : resultante vertical da ação acidental considerada principal no andar  $i$ ;

$\delta_{hi}$ : deslocamento horizontal na direção considerada do andar  $i$ .

O momento de tombamento devido ao vento é obtido multiplicando a força do vento em cada andar pela respectiva altura em relação ao nível da fundação  $h_i$ .

## Vento

$$M_{1,tot,d} = \sum F_h \cdot h_i \quad (7)$$

## Desaprumo

$$M_{1,tot,d} = \sum 0,84 F_h \cdot h_i \quad (8)$$

### 2.3 CONSIDERAÇÃO DE IMPERFEIÇÕES GEOMÉTRICAS

A NBR 6118:2007 trata das imperfeições globais e estabelece que, nas estruturas reticuladas, contraventadas ou não, deve ser considerado um desaprumo dos seus elementos verticais. O deslocamento máximo ( $\alpha_{m\acute{a}x}$ ) no topo do edifício é dado por:

$$a_{m\acute{a}x} = \theta_a \cdot H \quad (9)$$

com:

$$\theta_a = \theta_1 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1}{n}\right)}{2}} \quad (10)$$

e

$$\theta_1 = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{H}} \quad (11)$$

onde:

$H$ : é a altura total da edificação, em metros;  
 $N$ : é o número de prumadas de pilares do pórtico.

Nas equações 10 e 11, devem ser obedecidos os seguintes limites para  $\theta_1$ :

$\theta_{1,min} = 1/400$  para estruturas de nós fixos;

$\theta_{1,min} = 1/300$  para estruturas de nós móveis ou imperfeições locais;

$\theta_{1,m\acute{a}x} = 1/200$ .

Quando a estrutura for considerada de nós móveis, permite-se, em alguns casos, considerar os esforços de segunda ordem globais a partir da majoração (por  $\gamma_z$ ) dos esforços de vento e dos oriundos do desaprumo.

As ações horizontais fictícias  $\Delta H_i$  para cada nível de um pórtico são mostradas na

Figura 3, sendo determinadas pela expressão abaixo.

$$\Delta H_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \cdot tg\theta_a \quad (12)$$

sendo:

$n$ : número de pilares contínuos do pórtico;  
 $V_{ij}$ : ação vertical aplicada ao pilar  $j$  somente pelo andar  $i$ ;

$\theta_a$ : ângulo de desaprumo do pórtico, em radianos.

## 3. ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL DO EDIFÍCIO EMPRESARIAL NORTE-SUL

### 3.1 CARGAS VERTICAIS

Na Tabela 1, são apresentadas as cargas consideradas na edificação em estudo. Elas estão separadas em: ações *acidentais* (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos), de 3kN/m<sup>2</sup>; e ações *permanentes* (peso próprio da laje, viga, pilar, revestimento e alvenaria), cujos valores são função de entendimento prévio com o empreendedor, uma vez que a NBR 6120/1980 estipula valores de 2kN/m<sup>2</sup> para caso de edifícios comerciais.

Na Figura 1 é apresentada a planta de forma do pavimento tipo do edifício.

### 3.2 ANÁLISE DOS NÚCLEOS (PILARES-PAREDE) P1/P2

A escada do edifício em estudo é envolvida por pilares-parede (chamados núcleos estruturais), conforme a Figura 2, que apresenta uma grande rigidez. Pode ocorrer que, considerando somente o somatório das rigidezes das seções brutas desses elementos, como sendo  $EI_{eq}$ , para o cálculo do parâmetro de instabilidade  $\alpha$ , se obtenha  $\alpha \leq \alpha_1$ ; mas, na análise feita sem levar em conta o efeito de vento para os núcleos, formado pelos pilares P1 e P2, não foi possível respeitar a tolerância do parâmetro.

Os momentos de inércia para o pilar da Figura 2 foram calculados: ficaram em  $I_x = 10,50m^4$  e  $I_y = 2,02m^4$ . O módulo de elas-

Tabela I – Cargas verticais atuantes na edificação

DESCRIÇÃO	CARGA	TIPO	VALOR kN	PARCIAL	TOTAL
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1866	24,6%	
1º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	5705	75,4%	
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1889	25,5%	
2º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	5527	74,5%	
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1889	25,6%	
3º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	5495	74,4%	23,1%
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	435	19,5%	(Acidental)
3º Pav. Cobertura	Permanente	Sub Total Permanente	1793	80,5%	23519
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	11064	21,7%	
4º ao 11º Pav. (8x)	Permanente	Sub Total Permanente	39934	78,3%	
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1383	21,9%	
12º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	4940	78,1%	76,9%
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1020	20,0%	(Permanente)
13º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	4081	80,0%	80289
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1020	21,5%	
14º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	3728	78,5%	
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	786	20,1%	
15º Pavimento	Permanente	Sub Total Permanente	3131	79,9%	
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1145	25,8%	
Cobert. 16º Pav.	Permanente	Sub Total Permanente	3290	74,2%	103808 kN
Forma	Acidental	Sub Total Acidental	1022	27,7%	10380800 Kg
Ático	Permanente	Sub Total Permanente	2665	72,3%	10380,8 Ton.

ticidade secante, para um concreto C30, foi  $E_{c,s} = 26.072\text{MPa}$ .

Portanto, temos a maior inércia na direção do eixo y: com isso, multiplicamos o resultado por dois, referente aos pilares P1 e P2,  $I_{x,eq} = 21,00\text{m}^4$ . O valor de  $\alpha$ , para estes valores, será então  $\alpha = 0,92$ .

Nessa análise  $\alpha > \alpha_1 = 0,70$ , portanto, não é possível, apenas com os núcleos, considerar que o edifício está contraventado; ou seja, a estrutura não é considerada suficientemente contraventada.

### 3.3 ASSOCIAÇÃO PLANA DE PAINÉIS

#### AÇÕES LATERAIS

O cálculo das ações laterais decorrentes da ação do vento foi feito de acordo com a NBR 6123:1988.

As cargas concentradas que estão no lado esquerdo da Figura 3 representam o valor da força de arrasto. A análise começa a partir do nível da fundação até o topo

do edifício, considerando faixas de 10m em 10m ao longo de toda a altura. Foram somadas as forças de arrasto referentes às faixas de 10 metros, sendo o resultado dividido por 10, resultando, portanto, no valor correspondente a uma faixa de 1 metro, sendo considerado este o valor de  $q$ .

Para obter-se o  $q_m$ , foi feita a média de  $q$  (kN/m), na direção do eixo y, resultando no valor de 38kN/m, valor este que foi utilizado para encontrar o produto de rigidez  $E_c I_c$ .

#### MODELO BIDIMENSIONAL

Este processo consiste na associação plana de painéis, na qual todos os pórticos e pilares-parede que contribuem para o contraventamento da direção analisada são posicionados sequencialmente num plano. No edifício em estudo, tem-se, na direção do eixo y: os núcleos formados pelos pilares P1 e P2, que enclausuram a caixa de escada; o pórtico 1, composto pelos

Figura I - Forma do Pavimento Tipo

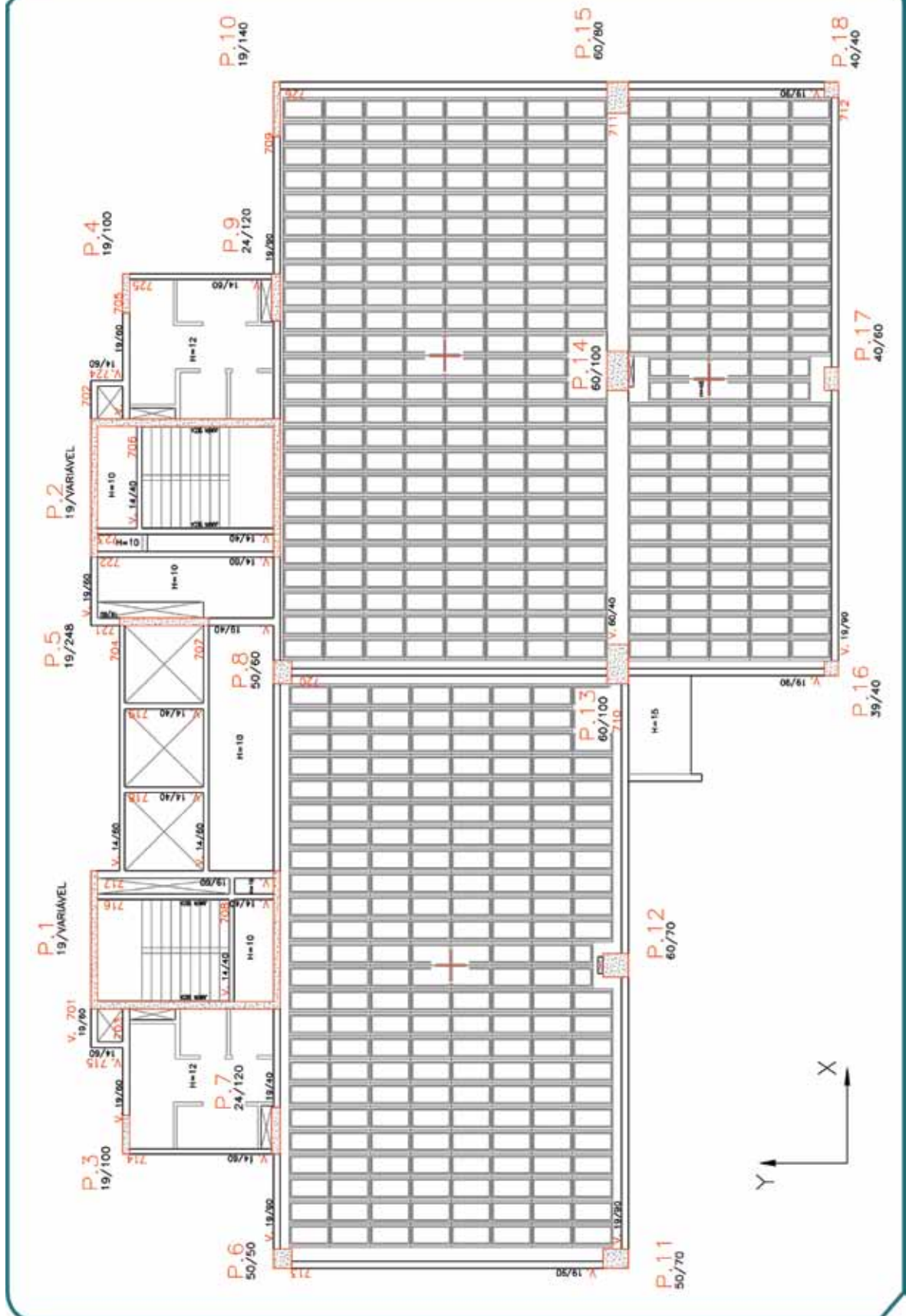
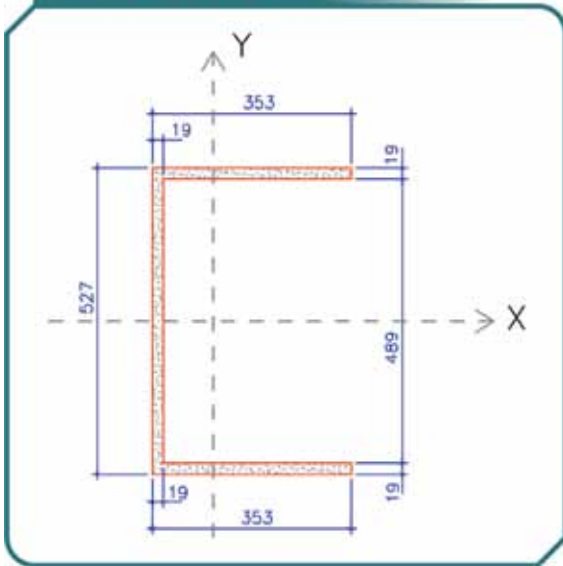




Figura 2 – Núcleo de rigidez – caixa do elevador



pilares P11e P6; o pórtico 2, composto pelos pilares P16, P13 e P8; e o pórtico 3, composto pelos pilares P18, P15 e P10. Todos os pórticos são interligados em cada pavimento por barras rotuladas em suas extremidades, as quais simulam a presença das lajes atuando como um diafragma rígido, como pode ser visto na Figura 4.

Para simular a presença das lajes, usou-se barras com  $b_w=1m$ ,  $h=0,9m$  e comprimento de  $2m$ . Para as vigas, os momentos de inércia utilizados foram os reais.

A Figura 5 mostra uma vista em três dimensões das associações dos pórticos planos e dos núcleos considerados na análise estrutural do edifício Norte-Sul.

### 3.4 PARÂMETROS DE INSTABILIDADE

Analisou-se o parâmetro  $\alpha$  e o coeficiente  $\gamma_z$  apenas na direção do eixo  $y$ , por ser esta a direção que tem menor inércia em relação ao eixo  $x$ , gerando força de arrasto mais significativa.

#### DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE $\alpha$

Por se tratar de uma edificação com mais de 4 andares e com associações de pilares-parede e pórtico  $\alpha_1 = 0,6$ , para que os efeitos de segunda ordem global possam ser desprezados, a condição  $\alpha \leq \alpha_1$  deve ser respeitada.

Para a nova condição de pórticos associados e calculando-se o deslocamento no topo do edifício, considerando o carregamento distribuído  $q_m$ , com o uso de um programa computacional, obteve-se o valor  $\alpha = 0,64$  (com  $E_c I_c = 1.126.092.056 \text{ kN.m}^2$ ,  $\delta_0 = 0,085m$  e  $N_k = 103.808kN$ ).

Considerando a formulação apresentada em GIONGO(2007), em que o valor de  $\alpha_1$  converge para  $0,8$  para edifícios com  $n \geq 13$ , sendo o edifício em estudo com  $n=16$  e tendo o valor de  $\alpha = 0,64$ , pode-se considerar, portanto, que o edifício tem comportamento de nós fixos na direção do eixo  $y$ , não havendo necessidade de se efetuar uma análise mais rigorosa da estrutura (análise não-linear).

#### DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE $\gamma_z$

Fazendo a análise do edifício Norte-Sul, utilizando as equações de 4 a 8, considerando o vento e o desaprumo, foram encontrados os valores descritos na Tabela 2.

Analisando a Tabela 2, tem-se  $H_i$  (em metros), que representa o nível de cada pavimento, desde a fundação, que está na cota  $0,00$ . Por se tratar de edificação do tipo 2, onde o coeficiente usado na combinação das ações pode ser  $1,4$ , tanto para cargas permanentes  $g$  quanto para acidentais  $q$ , pode-se unir esses valores que serão  $P(g+q)$ . Para obter o deslocamento em cada nível da estrutura  $\delta_{hi}$ , foi usado um programa computacional para cálculo de esforços em pórticos planos. O momento de tombamento das forças verticais é o produto das cargas verticais, coeficiente de majoração e deslocamento. A força de arrasto é representada  $F_h$ . Já, o momento de tombamento das forças horizontais é o produto da força de arrasto com seu respectivo nível.

Utilizando os valores encontrados na Tabela 2, tem-se:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} = \frac{1}{1 - \frac{4302}{92802,6}} = 1,05 < 1,1 \quad (B)$$

Portanto, podemos concluir que não há necessidade de efetuar uma análise mais rigorosa da estrutura (análise não-linear), pois ela tem comportamento de nós fixos na direção do eixo y, quando se considera os deslocamentos devido à ação do vento.

### 3.5 CONSIDERAÇÃO DE IMPERFEIÇÕES GEOMÉTRICAS

Descreve-se agora o cálculo do desaprumo no nível do ático. Os demais níveis foram calculados com seus valores expressos na Tabela 3. Cada nível  $H$  representa sua respectiva altura e  $\underline{n}$ , o

menor número de pilares em uma fileira (na direção y: pilares P11 e P6 do pórtico 1 da Figura 3).

### ÁTICO

Considerou-se para o cálculo do desaprumo a altura total do edifício (67m) e o menor número de pilares em uma fileira  $n=2$  (na direção do eixo y: P11 e P6 do pórtico 1 da Figura 3). O resultado foi  $\theta_1 = 0,001221$ . Conclui-se, portanto, que  $\theta_1 < \theta_{1,min} = 0,0025$  referente a estruturas de nós fixos.

Utilizando os valores encontrados na

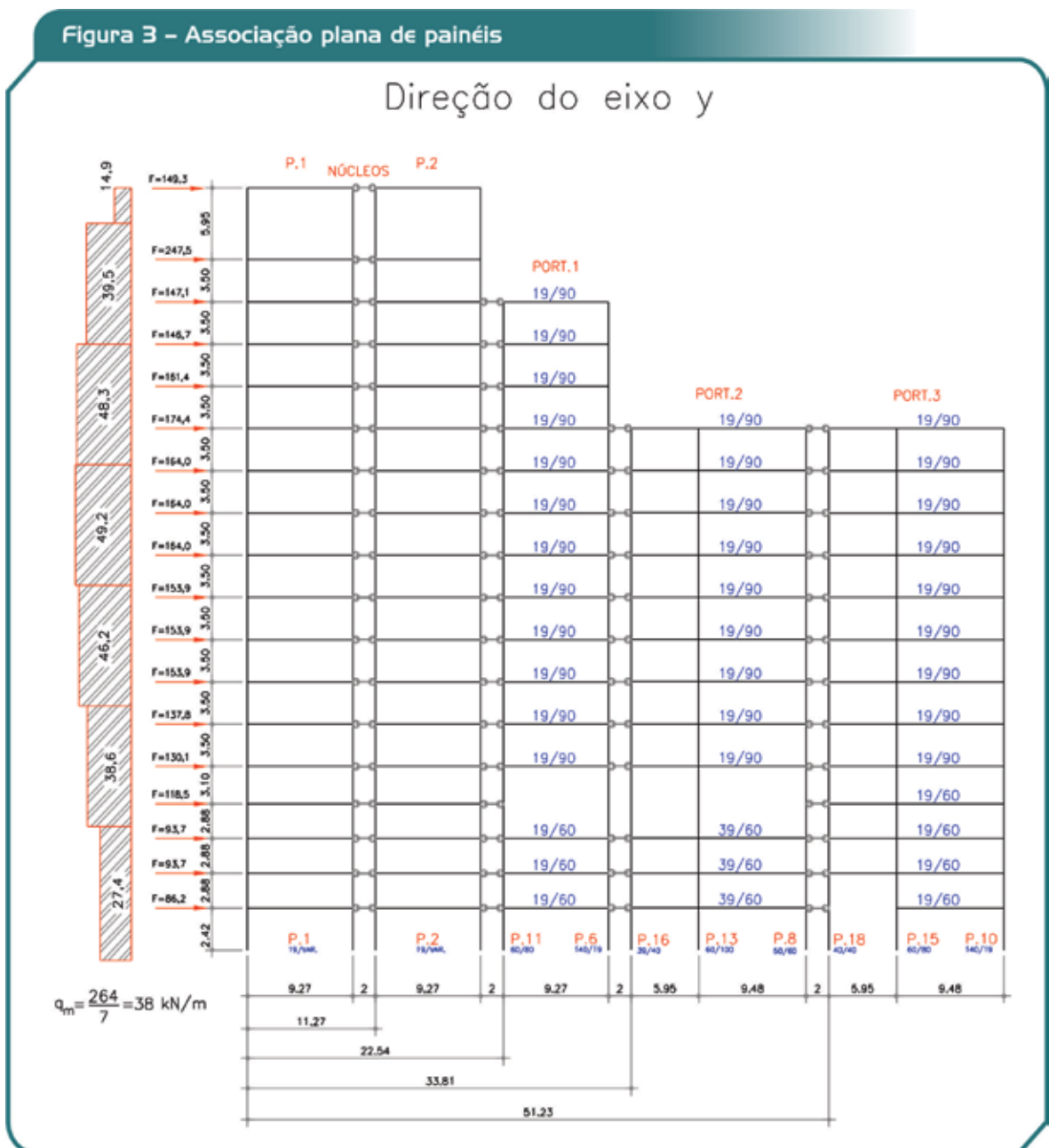
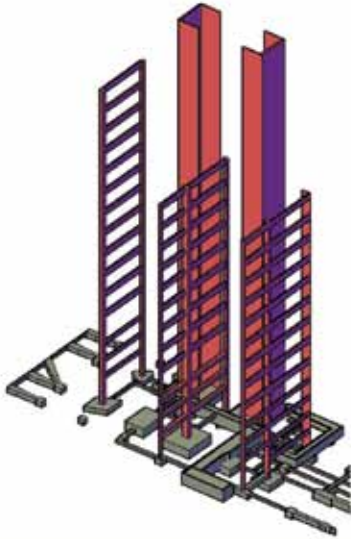


Tabela 3, tem-se que  $\gamma_z = 1,1$ . Portanto, pode-se concluir que não há necessidade

de efetuar uma análise mais rigorosa da estrutura (análise não-linear); todavia, é preciso atentar para o valor limite, quando se considera a ação do desaprumo nos deslocamentos.

Figura 4 - Subestruturas de contraventamento (Núcleos e Pórticos)



Pode-se analisar pela Figura 5 que os pilares-parede P1 e P2 que enclausuram a escada, são de grande rigidez, tendo grande importância na subestrutura de contraventamento. Já, o pilar P5, pilar parede, auxilia no contraventamento da caixa de elevadores. Os pórticos 1, 2 e 3 completam o contraventamento, fazendo com que a estrutura seja contraventada. O pórtico 1 é formado pelos pilares P6 e P11; o pórtico 2 é formado pelos pilares P8, P13 e P16; e, finalmente, o pórtico 3 é formado pelos pilares P10, P15 e P18.

A Figura 5 mostra os contraventamentos dos pilares do edifício Norte-Sul, que foram considerados na análise estrutural.

Tabela 2 - Determinação do coeficiente  $\gamma_z$  (Vento) - direção y

Andar	Cota do piso (m)	H <sub>i</sub> (m)	P (g + q) (kN)	Coef.	$\delta_{hi}$ (m)	$\Delta M_{tot,d}$ (kN.m)	F <sub>h</sub>	M <sub>tot,d</sub> (kN.m)
Ático	166,60	67,22	3687	1,4	0,085106	439,3	149,3	10035,9
Cover. 16º Pav.	157,01	57,63	4435	1,4	0,073901	458,9	247,5	14263,4
15º Pavimento	153,51	54,13	3917	1,4	0,067413	369,7	147,1	7962,5
14º Pavimento	150,01	50,63	4748	1,4	0,061132	406,4	146,7	7427,4
13º Pavimento	146,51	47,13	5101	1,4	0,054910	392,1	161,4	7606,8
12º Pavimento	143,01	43,63	6323	1,4	0,048775	431,8	174,4	7609,1
11º Pavimento	139,51	40,13	6375	1,4	0,042762	381,7	164	6581,3
10º Pavimento	136,01	36,63	6375	1,4	0,036906	329,4	164	6007,3
9º Pavimento	132,51	33,13	6375	1,4	0,031397	280,2	164	5433,3
8º Pavimento	129,01	29,63	6375	1,4	0,025805	230,3	153,9	4560,1
7º Pavimento	125,51	26,13	6375	1,4	0,020804	185,7	153,9	4021,4
6º Pavimento	122,01	22,63	6375	1,4	0,015871	141,6	153,9	3482,8
5º Pavimento	118,51	19,13	6375	1,4	0,011625	103,8	137,8	2636,1
4º Pavimento	115,01	15,63	6375	1,4	0,007769	69,3	130,1	2033,5
Cover. 3º Pav.	111,91	12,13	2228	1,4	0,005287	16,5	118,5	1437,4
3º Pavimento	109,03	9,03	7384	1,4	0,003756	38,8	93,7	846,1
2º Pavimento	106,15	6,15	7416	1,4	0,001907	19,8	93,7	576,3
1º Pavimento	103,27	3,27	7571	1,4	0,000642	6,8	86,2	281,9
Fundação	100,00	0,00				0,0		
						$\Sigma$ 4302		$\Sigma$ 92802,6

Tabela 3 – Determinação do coeficiente  $\gamma_z$  (Desaprumo) – direção y

Andar	Cota do piso (m)	H <sub>i</sub> (m)	P (g + q) (kN)	Coef.	$\theta_s$	a <sub>max</sub> (m)	Coef.	$\Delta M_{tot,d}$ (kN.m)	F <sub>v</sub> Vento (KN)	$\Delta H_i$ Fictícia (kN)	M <sub>tot,d</sub> (kN.m)
Ático	166,60	67,22	3687	1,4	0,002165	0,1451	0,84	629,1	149,3	8,0	8430,2
Cober. 16º Pav.	157,01	57,63	4435	1,4	0,002165	0,1248	0,84	650,9	247,5	9,6	11981,3
15º Pavimento	153,51	54,13	3917	1,4	0,002165	0,1172	0,84	539,9	147,1	8,5	6688,5
14º Pavimento	150,01	50,63	4748	1,4	0,002165	0,1096	0,84	612,0	146,7	10,3	6239,0
13º Pavimento	146,51	47,13	5101	1,4	0,002165	0,1020	0,84	611,9	161,4	11,0	6389,7
12º Pavimento	143,01	43,63	6323	1,4	0,002165	0,0945	0,84	702,7	174,4	13,7	6391,6
11º Pavimento	139,51	40,13	6375	1,4	0,002165	0,0869	0,84	651,5	164	13,8	5528,3
10º Pavimento	136,01	36,63	6375	1,4	0,002165	0,0793	0,84	594,5	164	13,8	5046,1
9º Pavimento	132,51	33,13	6375	1,4	0,002165	0,0717	0,84	537,5	164	13,8	4564,0
8º Pavimento	129,01	29,63	6375	1,4	0,002165	0,0641	0,84	480,6	153,9	13,8	3830,4
7º Pavimento	125,51	26,13	6375	1,4	0,002165	0,0566	0,84	424,3	153,9	13,8	3378,0
6º Pavimento	122,01	22,63	6375	1,4	0,002165	0,0490	0,84	367,4	153,9	13,8	2925,5
5º Pavimento	118,51	19,13	6375	1,4	0,002165	0,0414	0,84	310,4	137,8	13,8	2214,3
4º Pavimento	115,01	15,63	6375	1,4	0,002191	0,0342	0,84	256,4	130,1	14,0	1708,1
Cober. 3º Pav.	111,91	12,13	2228	1,4	0,002487	0,0302	0,84	79,1	118,5	5,5	1207,4
3º Pavimento	109,03	9,03	7384	1,4	0,002881	0,0260	0,84	225,8	93,7	21,3	710,7
2º Pavimento	106,15	6,15	7416	1,4	0,003492	0,0215	0,84	187,5	93,7	25,9	484,1
1º Pavimento	103,27	3,27	7571	1,4	0,004330	0,0142	0,84	126,4	86,2	32,8	236,8
Fundação	100,00										
								$\Sigma$ 7988			$\Sigma$ 77954,2

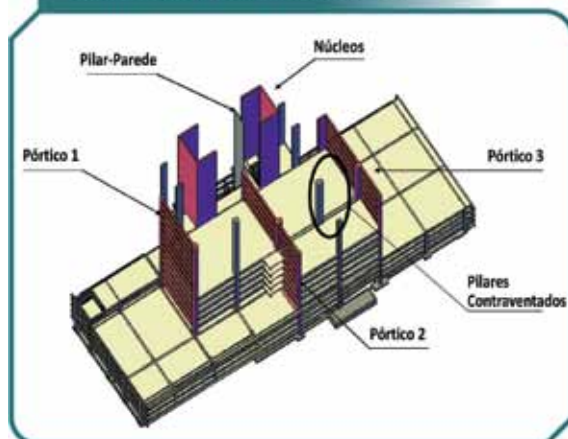
#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os núcleos P1 e P2, que enclausuram a escada, não tinham rigidez suficiente para contraventurar o edifício, havendo a necessidade da contribuição dos pórticos assegura-

rando a indeslocabilidade da estrutura como um todo.

Se os P1 e P2 fossem realmente os únicos elementos de contraventamento, seria necessário considerar os efeitos globais de segunda ordem na direção em estudo (eixo y). Mas, como existem os pórticos, foi possível tanto pelo parâmetro  $\alpha$  quanto pelo coeficiente  $\gamma_z$ , obter valores inferiores aos limites e, com isso, admitir como desprezíveis os esforços de segunda ordem globais. Já, a condição de desaprumo é mais severa do que a ação do vento, provocando maior coeficiente de instabilidade na edificação.

Figura 5 – Subestruturas de Contraventamento e Elementos Contraventados



#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Engenheiro Augusto Cantusio Neto, da ACN Engenharia de Projetos Ltda, pela estimada contribuição com este trabalho.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR-6123 - Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, ABNT.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007). NBR-6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT.
- [03] CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. (2009). Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. São Paulo: PINI.,v.2, p.180- 247.
- [04] CARMO, R.M.S. (1995). Efeitos de Segundo ordem em edifícios usuais de concreto armado. p.42. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [05] CORRÊA, M.R.S. (1991). Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios. p.18-21,30. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [06] GIONGO, J.S. (2007). Projeto estrutural de edifícios. p.81-82. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [07] GONÇALVES, R. M.; NETO, J. M.; SALES, J. J.; MALITE, M. (2007). Ação do vento nas edificações. São Carlos: EESC-USP., p.1- 125.
- [08] WORDELL, F. (2003). Efeitos Avaliação da instabilidade global de edifícios altos. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ■



## Pesquisas e inovações para a construção sustentável.

01 a 04 de novembro de 2011  
CENTROSUL - Florianópolis/SC

Fórum nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis



### PALESTRANTES

- Bryan Perrier - Instituto de Concreto, África do Sul
- Carmen Andrade - RILEM, Suíça
- Dan Frangopol - Lehigh University, Estados Unidos
- Kenneth C. Hover - ACI, Estados Unidos
- Peter Richner - RILEM, Suíça
- Rui Calçada - Universidade do Porto, Portugal
- Willian Price-Agbodjan - INSA de Rennes, França

### EVENTOS PARALELOS

- 2nd International Conference on Best Practices for Concrete Pavements
- Seminário de Infraestrutura Metroviária e Ferroviária
- Seminário de Grandes Construções
- Seminário de Sustentabilidade
- Workshops de Temas Controversos

## VII FEIBRACON - Feira Brasileira das Construções em Concreto

Excelente oportunidade para divulgação, promoção e relacionamento. Cotas de patrocínio e de exposição à venda.

### CONSULTE

Arlene Lima  
Fone → +55 11 3735-0202  
e-mail → arlene@ibracon.org.br

### INFORMAÇÕES

Site → [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
email → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

# Desempenho concreto

A necessária e cada vez mais intensa busca da sociedade por modelos sustentáveis em todas as áreas do conhecimento humano tem gerado o desenvolvimento de processos de avaliação que permitam escolhas corretas e sirvam de balizadores nas relações entre produtores e consumidores.

A sustentabilidade de um processo ou serviço é medida em termos de crescimento econômico, respeito ao meio ambiente e responsabilidade social, de forma a assegurar condições adequadas de vida às gerações futuras, que deve ter suas próprias escolhas não comprometidas pelas escolhas das gerações anteriores.

Dentro desse enfoque, o desempenho de edificações habitacionais que atendam às exigências de seus usuários passou a ser uma prerrogativa da indústria da construção civil em todo o mundo.

Data de 1980 a primeira iniciativa na área da normalização técnica internacional sobre o tema, com a publicação da ISO 6240 “*Performance standards in buildings - Contents and presentation*”, seguida pela ISO 6241:1984 “*Performance standards in buildings - Principles for their preparation and factors to be considered - General principles*” que estabelecem como as normas internacionais, regionais ou nacionais devem prever as questões de desempenho dos edifícios.

No Brasil, a partir de premissas estabelecidas nesses documentos, foi desenvolvida a ABNT NBR 15575, composta de seis Partes, sob o título geral “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho”, conhecida popularmente como “Norma de Desempenho”.

Apesar da limitação de escopo (cinco

pavimentos), a norma é aplicável a edifícios de maior altura naquilo que independa da altura e abrange qualquer tipo de solução construtiva.

Requisitos de fundamental importância foram listados e analisados, à luz do desenvolvimento tecnológico e científico atuais, de forma a apresentar para a sociedade um documento que permita estabelecer níveis desejados de desempenho das edificações habitacionais.

Questões como durabilidade, segurança e habitabilidade (que se traduz como a condição de habitar), foram discutidas e continuam sendo objeto de análise e novas interpretações, dada a complexidade e a importância dos temas levantados. Os requisitos se aplicam ao edifício como um todo e a cada um dos seus sistemas, que são tratados em Partes independentes da Norma (estrutura, pisos, vedações, cobertura e sistema hidrossanitário, detalhados respectivamente nas Partes 2 a 6, sendo a Parte 1 da Norma dedicada aos Requisitos Gerais).

Em suma, a Norma de Desempenho passou já pelos seguintes estágios de aprovação e implementação:

- publicada em 12.05.2008;
- prevista para entrar em vigor em 12.05.2010 (condição especial de entrada em vigor após 2 anos para adequação da sociedade às novas regras);
- prevista para ser aplicada a partir de 12.11.2010 (aplicável a edifícios protocolados nos órgãos competentes após 6 meses de sua entrada em vigor);
- emendada em 12.11.2010, ampliando-se o prazo de aplicação de 6 para 15 meses;

■ deve passar a valer em 12 de março de 2012.

De forma geral, a Norma de Desempenho referencia outros documentos já existentes, desde que adequados ao atendimento pretendido. Quando da ausência de normalização específica que cumpra com as exigências de desempenho, são estabelecidas formas para comprovação das exigências dos usuários (ensaios, verificações, análise de projetos, estudos em protótipos etc).

Fundamental para usuários e especialmente construtores, agora, é saber que sistemas usualmente empregados na construção cumprem com os requisitos da Norma de Desempenho e que inovações tecnológicas devem ser viabilizadas para tanto.

## SEGURANÇA CONCRETA

As construções em concreto têm sua história contada ao longo dos anos por todo o benefício que têm trazido à humanidade, não apenas na questão habitacional, onde sua presença é indiscutível, mas também em obras diversas e muitas delas emblemáticas, como pontes, usinas hidroelétricas, usinas nucleares, obras de saneamento, todos os tipos de edificações, estradas, portos, aeroportos e até mesmo monumentos, entre tantos outros exemplos.

A segurança estrutural em concreto tem seus fundamentos registrados na normalização técnica brasileira desde 1940, quando foi editada a primeira versão da então NB-1 (Projeto e construção de obras de concreto armado), atualmente ABNT NBR 6118:2007 (Projeto de estruturas de concreto), mais abrangente no campo das aplicações de concreto (tratando de concreto simples, armado e protendido), reconhecida internacionalmente e complementada por normas específicas como a ABNT NBR 9062 (para pré-moldados) e a ABNT NBR 10837 (para alvenaria estrutural com blocos de concreto).

A Norma de Desempenho reconhece

as normas brasileiras citadas e não exige nenhuma outra comprovação de segurança estrutural para as situações já cobertas por elas.

## QUENTÍSSIMAS DO CONCRETO

A mais recente novidade é a revisão da ABNT NBR 15200, que estabelece os requisitos para estruturas de concreto em situação de incêndio e teve diversos requisitos abrandados, especialmente para o cálculo de pilares, por ter se comprovado o excelente comportamento do concreto também em situação de incêndio.

A Norma de Desempenho segue os mesmos fundamentos de respeito à vida e segurança no entorno da edificação, indo ao encontro às instruções técnicas legais dos diversos estados brasileiros e reconhece a ABNT NBR 15200, não exigindo nenhuma comprovação adicional.

Nos casos de usos gerais do concreto para paredes de vedação, pisos, coberturas ou tantos outros, as propriedades incombustíveis e atóxicas do concreto, mesmo quando exposto às ações de um incêndio, são reconhecidas e atestadas, não havendo dificuldade para o atendimento da Norma de Desempenho, que em sua revisão atual caminha para a classificação dos materiais utilizados nas construções de forma a se propor as exigências cabíveis.

## FEITO PARA DURAR

A primeira norma brasileira a tratar de forma consistente do tema durabilidade foi a ABNT NBR 6118.

Esse exemplo foi seguido por diversas outras, especialmente no campo do concreto, que tem a durabilidade como uma de suas mais importantes propriedades.

De forma genérica, considerando qualquer material de construção e processo construtivo, talvez a primeira e mais importante norma sobre o tema tenha sido historicamente a inglesa BS

7543 “*Guide to durability of buildings and buildings elements, products and components*”, publicada em primeira versão em 1992 e atualizada em 2003.

Esse documento serviu de base ao estabelecimento das diretrizes da Norma de Desempenho, mas infelizmente ainda não se conseguiu consenso nacional para que a vida útil das construções seguisse mais de perto o que se tem na Europa nos dias atuais, ou seja, 60 anos para a estrutura dos edifícios habitacionais correntes, requisito facilmente atendido pelas construções em concreto (a Norma de Desempenho exige apenas 40 anos como mínimo e 60 anos para construções de nível considerado superior).

Seguindo o conceito europeu de estabelecimento de requisitos de vida útil do edifício e de seus diversos elementos e sistemas, a Norma de Desempenho considera que a maior vida útil de projeto é a da estrutura e esta serve de base à determinação das demais, que são partes dela. Então, se estabelece o mínimo de 20 anos para coberturas e vedações e 13 anos para os sistemas de pisos. Para os sistemas principais tratados na Norma (estrutura, pisos, vedações, cobertura e sistema hidrossanitário), os requisitos são obrigatórios.

Diversos outros itens que entram na construção têm sua vida útil de projeto estabelecida em caráter informativo, no intuito de orientar construtores, fabricantes e usuários. A lista completa consta do anexo C da Parte 1 da Norma de Desempenho.

Vale lembrar que não se deve confundir vida útil de projeto com prazo de garantia, este último definido na Norma como o período de tempo em que é elevada a probabilidade de que eventuais vícios ou defeitos em um sistema, em estado de novo, venham a se manifestar, decorrentes de anomalias que repercutam em desempenho inferior àquele previsto. Os prazos de garantia sugeridos na Norma estão no anexo D da Parte 1, de caráter informativo.

## ATUAÇÃO CONJUNTA

A Norma de Desempenho prevê a participação de todos os envolvidos: projetistas (arquitetura, estrutura, vedações etc), construtores e usuários, para que se tenha sucesso no cumprimento dos tempos de vida útil previstos para a edificação ou seus sistemas (que dependem da durabilidade e de processos de manutenção preventiva e corretiva).

Vale salientar que, caso os requisitos de desempenho tenham sido atendidos e não surjam patologias significativas nos sistemas nela previstos depois de decorridos 50% dos prazos de vida útil de projeto (VUP), contados a partir do auto de conclusão da obra, a Norma de Desempenho considera atendido o requisito de vida útil de projeto (VUP), salvo prova objetiva em contrário.

## SAIBA MAIS

A Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575, está disponível para aquisição pelo site da ABNT ([www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)).

Vale lembrar, como já citado, que essa Norma está sendo revisada de forma a ficar adequada à realidade brasileira, especialmente em questões ligadas a aspectos pouco previstos na normalização nacional, como determinações e requisitos de desempenho térmico e acústico, bem como as questões de funcionalidade e acessibilidade, onde há legislações específicas em diversas esferas do governo e muitas vezes conflitantes entre si e com a proposta da Norma de Desempenho.

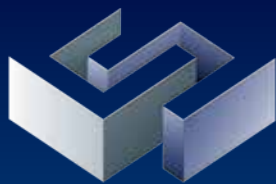
De forma geral, todas as aplicações do concreto têm demonstrado atender adequadamente as exigências da Norma de Desempenho, a maior parte dos requisitos é já comprovada por outras Normas Brasileiras e não necessitam de nenhuma verificação adicional.

Os trabalhos de revisão da Norma são abertos a toda a sociedade brasileira.

Participe! Dê sua contribuição! ■



# Participe do maior e mais completo evento da América Latina de soluções em concreto para toda a cadeia da construção civil



## CONCRETESHOW 2011

SOUTH AMERICA - BRAZIL - SÃO PAULO

Um oferecimento de:



LIEBHERR



Putzmeister

### 31 DE AGOSTO A 2 DE SETEMBRO

Novo Horário: 10h às 20h

**NOVO LOCAL** CENTRO DE EXPOSIÇÕES IMIGRANTES  
São Paulo - Brasil

### AINDA MAIS COMPLETO

- Mais de 500 expositores nacionais e internacionais
- 46% maior que a edição anterior
- Evento integrado: Global Infrastructure Forum
- 5º Concrete Congress: 150 palestras simultâneas sobre os principais desafios da construção civil
  - ✓ Habitação e Infraestrutura
  - ✓ Brasil dos Esportes
  - ✓ Normalização, Qualidade e Competitividade
  - ✓ Industrialização da Construção
  - ✓ Capacitação e Qualificação Profissional
  - ✓ Construção Sustentável

MAIS INFORMAÇÕES: 11 4689.1935 • [concrete@concreteshow.com.br](mailto:concrete@concreteshow.com.br)  
[www.concreteshow.com.br](http://www.concreteshow.com.br)

#### Apoio



#### Parceiros de Mídia Internacional



#### Realização



#### Evento Integrado:



## mercado editorial

## Livros lançados



**TCPO Modelatto - Nova versão online do TCPO tabelas de composições de preços para orçamentos**

**Editora Pini**

TCPO - TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS É BASE DE DADOS RECONHECIDA POR PROFISSIONAIS DO SETOR COMO A MAIS COMPLETA E ATUALIZADA FONTE DE INFORMAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE CUSTOS DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL. MODELÁVEL E INTERATIVO, O TCPO MODELATTO CONTÉM NOVOS RECURSOS E FUNCIONALIDADES.

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

**Inspeção predial total**

**Tito Lívio Ferreira Gomide, Jerônimo Cabral Fagundes de Melo Neto e Marco Antonio Gullo**  
**Editora Pini**

NOVAS DIRETRIZES, COMENTÁRIOS SOBRE AS NORMAS VIGENTES, CONTEÚDOS SOBRE QUALIDADE TOTAL E MANUTENÇÃO E OS MODELOS DE LAUDOS ILUSTRADOS, COM LASTRO NA DOUTRINA DA ENGENHARIA DIAGNÓSTICA, COMPÕEM O LIVRO.

FONES: 4001-6400 (PRINCIPAIS CIDADES)  
OU 0800-596-6400 (DEMAIS MUNICÍPIOS)

Site: [www.lojapini.com.br](http://www.lojapini.com.br)

**Gestão e coordenação de projetos em empresas construtoras e incorporadoras - da escolha do terreno à avaliação pós-ocupação**

**Marco Antonio Manso e Cláudio Vicente Mitidieri Filho**  
**Editora Pini**

SEU OBJETIVO É APRESENTAR UM MODELO DE SISTEMA DE GESTÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS APLICÁVEL ÀS EMPRESAS CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE QUE ATUAM NA ÁREA RESIDENCIAL.

FONES: 4001-6400 (PRINCIPAIS CIDADES)  
OU 0800-596-6400 (DEMAIS MUNICÍPIOS)

Site: [www.lojapini.com.br](http://www.lojapini.com.br)

**Jardim da Luz - um museu a céu aberto**

**Ricardo Ohtake  
Carlos Dias**  
240 páginas  
**Editora Senac São Paulo - Edições Sesc SP**

O LIVRO FOI ORGANIZADO COMO UMA CRONOLOGIA DA TRAJETÓRIA DO JARDIM, APRESENTANDO DADOS SOBRE O PARQUE, O BAIRRO DA LUZ, O CRESCIMENTO URBANO E CULTURAL DA CIDADE E A DIVERSIDADE BOTÂNICA DO LOCAL, ALÉM DE TEXTOS ANALÍTICOS E REFLE-

XÕES DE PESQUISADORES QUE ABORDARAM A TEMÁTICA DOS JARDINS PÚBLICOS EM SEUS TRABALHOS.

Site: [www.secsp.org.br/loja](http://www.secsp.org.br/loja)

**Orçamento de obras em foco**  
**2ª Edição**

**Roberto Sales Cardoso**  
**Editora Pini**

OBJETIVA PREPARAR OS PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA ORÇAREM DE FORMA ACERTADA OS CUSTOS DIRETOS E AS DESPESAS INDIRETAS QUE PODEM OCORRER DURANTE A EXECUÇÃO DA OBRA. NUMA ABORDAGEM MODERNA, O LIVRO TRATA DAS AÇÕES DE QUALIDADE E OS PRINCIPAIS SISTEMAS E FERRAMENTAS DE GESTÃO, SEMPRE COM A ATENÇÃO VOLTADA PARA O CUSTO DAS CONSTRUÇÕES.

FONES: 4001-6400 (PRINCIPAIS CIDADES)  
OU 0800-596-6400 (DEMAIS MUNICÍPIOS)

Site: [www.lojapini.com.br](http://www.lojapini.com.br)

**The mechanics of solids and structures - hierarchical modeling and the finite element solution**

**Miguel Luiz Bucalem**

Professor titular licenciado do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Poli

**Klaus-Jürgen Bathe**

Massachusetts Institute of Technology (MIT), dos Estados Unidos

**598 páginas**  
**Editora Springer**

APRESENTA UMA ABORDAGEM RACIONAL, BEM FUNDAMENTADA E MODERNA PARA A MODELAGEM E ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DA ENGENHARIA.

OS AUTORES APRESENTAM MODELOS MATEMÁTICOS DA MECÂNICA DOS SÓLIDOS E DAS ESTRUTURAS, E AS FORMULAÇÕES DE ELEMENTOS FINITOS PARA SOLUÇÃO DESSES MODELOS. ISSO SE FAZ DE FORMA INTEGRADA DANDO-SE ÊNFASE À HIERARQUIA DOS MODELOS MATEMÁTICOS, DO SIMPLES AO COMPLEXO, E À ESCOLHA DO MODELO MAIS SIMPLES QUE SEJA CONFIÁVEL E EFICIENTE PARA A ANÁLISE. O PROCESSO DE MODELAGEM HIERÁRQUICA E SOLUÇÃO POR ELEMENTOS FINITOS É ILUSTRADO POR MEIO DE EXEMPLOS QUE MOSTRAM OS BENEFÍCIOS DESSA ABORDAGEM.

**Cartas a um jovem arquiteto**  
**Concepção, forma e emoção**

**Índio da Costa**

**176 páginas**  
**Editora Campus/Elsevier**

ÍNDIO DA COSTA TRAZ AOS LEITORES CONSELHOS PRÁTICOS SOBRE OS DESAFIOS A SEREM ENCARADOS PELA NOVA GERAÇÃO DE ARQUITETOS DO BRASIL. A PARTIR DE SUAS EXPERIÊNCIAS, CONCEITOS E DICAS SOBRE ARQUITETURA, O AUTOR ENSINA COMO ROMPER BARREIRAS, REVER CONCEITOS, ESTABELECE METAS E NOVAS FORMAS DE ADQUIRIR CONHECIMENTO NA ÁREA.

Site: [www.elsevier.com.br](http://www.elsevier.com.br)

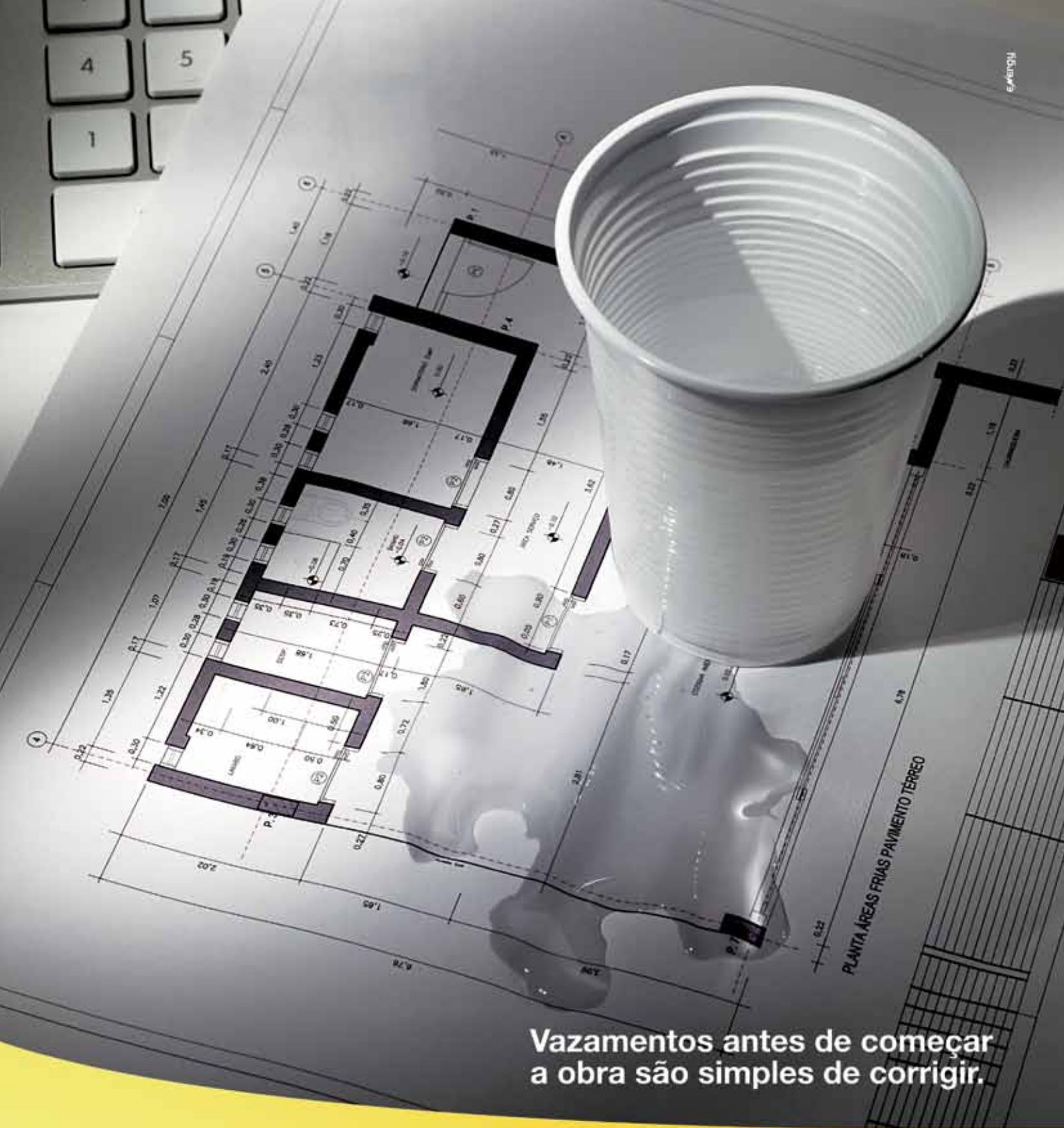
Concretizamos um grande projeto:  
trazer a qualidade dos produtos T&A para São Paulo.



Agora, uma das maiores fábricas de concreto do país está presente em São Paulo, na cidade de Itu. Uma sede com capacidade de produção de 6 mil m<sup>3</sup>, 3 centrais de concreto, novos pórticos e estrutura modernizada. A T&A Pré-fabricados possui uma linha completa de produtos reconhecida pela resistência, precisão e alto padrão de acabamento. Além de oferecer soluções inteligentes para as mais diferentes demandas, a T&A também garante o cumprimento de prazos através de uma gestão logística diferenciada. **T&A. À frente do seu tempo, concretizando o futuro.**

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

**T & A**  
PRÉ-FABRICADOS



Vazamentos antes de começar a obra são simples de corrigir.



A Vedacit/Otto Baumgart oferece uma linha completa de produtos capaz de impermeabilizar toda a sua obra com o máximo de eficiência e durabilidade. Linha de produtos Vedacit/Otto Baumgart. Indispensável na sua obra.

**VEDACIT**  
IMPERMEABILIZANTES

