



IBRACON

38^a REIBRAC - IBRACON

19 a 23 de agosto de 1996 - RIBEIRÃO PRETO - SP

SAP
28.0876

VOLUME II

PAVIMENTOS
DE CONCRETO

REABILITAÇÃO
DE ESTRUTURAS
DE CONCRETO

EQUIPAMENTOS E
MÉTODOS PARA
PRODUÇÃO, APLICAÇÃO E
CONTROLE DO CONCRETO

INDUSTRIALIZAÇÃO
DA CONSTRUÇÃO
EM CONCRETO

Patrocinadores:

CIMENTO
ITAU

SÍLICA FUMÉE
SILMIX
PARA CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO

Belgo
Mineira
DEDINI
AÇÕES PARA CONSTRUÇÃO CIVIL
BEMAF

CIMENTO ELDORADO
CPV-ARI

CIMINAS S.A.

**CAMARGO
CORRÉA**

ab ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE CIMENTO
PORTLAND

Sika
Sika S.A.

**CIMENTO
VOTORAN**
A MARCA DE QUEM CONSTRÓI O BRASIL

Ano: **finen**

ÍNDICE

DIRETORES REGIONAIS

BELÉM / PA

Paulo Márcio da Silva Aranha
Al. Paulo Maranhão, 45
66040-330 - Belém - PA

BELO HORIZONTE / MG

José Celso da Cunha
R. Piauí, 153
30150-320 - Belo Horizonte - MG

BRASÍLIA / DF

Laércio Trentini
SDS-BI.D NR.69-SI.516-Ed Eldorado
70300-000 - Brasília - DF

FORTALEZA / CE

Afrodísio Durval Gondim Pamplona
R. Jornalista Nertan Macedo, 370
60190-730 - Fortaleza - CE

GOIÂNIA / GO

José Tomaz França Fontoura
BR 153 Km 1290 - Cx. Postal 457
74001-970 - Goiânia - GO

MEDIANEIRA / PR

Cézar Augusto Romano
Av. Brasil, 4232
85884-000 - Medianeira - PR

PORO ALEGRE / RS

Fernando Antonio Piazza Recena
R. Washington Luiz, 675
90010-460 - Porto Alegre - RS

RIO DE JANEIRO / RJ

Walmor José Prudêncio
R. Fonseca Telles, 40
20940-060 - Rio de Janeiro - RJ

SALVADOR / BA

Minos Trócoli de Azevedo
Lot. Centro Executivo, Rua C nº 291
41745-000 - Salvador - BA

SÃO PAULO
INTERIOR

Jefferson Benedicto Libardi Libório
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
13560-250 - São Carlos - SP

VOLUME I

PAVIMENTOS DE CONCRETO

pg

- Estudo de algumas propriedades do concreto reforçado com fibras de aço e polipropileno destinado a pavimentos.
Carlos Eduardo Xavier Regattieri, M. G. Silva, Paulo Roberto do Lugo Helene e Vahan Agopyan.....001
- Controle da qualidade de pavimentos de concreto contendo fibras: Um caso real.
Paulo Fernando A. Silva, Fernando Jardim Mentone, Antonio Carlos Pitta.....015
- Pavimentos de concreto: Casos reais de patologia.
Paulo Fernando A. Silva, Fernando Jardim Mentone e Oswaldo Enrich Guaracy.....023
- Influência da microscópica nas propriedades de um concreto com seixos rolados para utilização em pavimentos de concreto.
Sebastião Batista dos Santos, Cláudio Matias da Silva e Normando Perazzo Barbosa.....029
- Pisos de argamassa de alta resistência no aproveitamento múltiplo Três Irmãos.
José Fernando Ferraz Rosa.....039
- Verificação da punção segundo o texto base da NB 1/93.
José Luis P. Melges, Libânia M. Pinheiro e Fernando R. Stucchi.....049
- Pisos industriais construídos com concreto dosado com fibras
Newton de Oliveira Pinto Junior e Paulo Bina.....063
- O pavimento rígido em concreto pretendido.
Manfred Theodor Schimid.....079
- Projeto geométrico do Whitetopping da via Anchieta - SP 150.
Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....093
- Memória de cálculo do Whitetopping destinado à via Anchieta - SP 150.
Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....103
- Recomendações de execução e de controle do Whitetopping da via Anchieta - SP 150.
Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....115

REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

- Estudo de peças fletidas de concreto armado com armadura exposta.
João Luiz Campagnolo, Américo Campos Filho e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....131
- Recuperação e aumento de capacidade de carga de lajes nervuradas.
Francisco dos Santos Rocha e José Bento Ferreira.....145
- Avaliação e reabilitação de estruturas de concreto.
José Dafico Alves.....153
- Polímeros com fibras no reforço de estruturas de concreto armado.
Aluizio Fontana Margarido, Hélio lagher e Pedro Bosco.....163
- Reforço em treliças mistas empregando tirantes externos.
Durio Lauro Klein, Francisco P. S. L. Gastal e Fábio Luiz Willrich.....175
- Análise das causas de deformações excessivas em elementos pretendidos de seção V.
Francisco P. S. L. Gastal, Américo Campos Filho, Dario Lauro Klein e João Luiz Campagnolo.....189
- Reparos de pilares de concreto armado com remoldagem da seção transversal.
Elio Vanderlei e João Carlos Teatini de Souza Clímaco.....203
- Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região nordeste.
Jairo Andrade e Denise C. C. Dal Molin.....217
- Alcanceamento e reabilitação de estruturas: Solução para enchentes no córrego Aricanduva.
Marcos Antonio Pereira de Godoy, Luiz Prado Vieira Junior e Renato M. Zuccolo.....229

- Reparos em estruturas de concreto: Estudo de caso envolvendo materiais e processos de aplicação.	Francisco de Assis Souza Dantas, Ivanisio de Lima Oliveira, Ernan Silva e Carlos Teruo Yanagihara.....	245
- A Importância de ensaios laboratoriais na reabilitação de estruturas de concreto.	Francisco de Assis Souza Dantas e Ernan Silva.....	257
- Reabilitação de estruturas: Apresentação de um caso.	José Roberto Braguim.....	271
- Referência técnica de grautes para reabilitação estrutural - Critérios e Exemplos.	Carlos Eduardo de Siqueira Tango.....	287
- Emprego de microssílica em obras de reabilitação de estruturas de concreto armado.	Antonio Freitas da Silva Filho, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Minos Trócoli de Azevedo.....	297
- Reforço de estruturas de concreto armado com chapa metálica colada com epóxi.	Minos Trócoli de Azevedo, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Luciene Vilalva Garcia.....	303
- Manutenção e recuperação de usinas hidroelétricas a política de Furnas Centrais Elétricas S/A.	Agenor Antonio Bailão Galletti, Nelson Caproni Junior, Paulo Coreixas Junior e Walton Pacelli de Andrade.....	321
- Recuperação da bacia de dissipação da UHE de Porto Colombia.	Rogério Sales Góz, Afonso de Andrade Goulart Neto, Agenor Antonio Bailão Galletti.....	329
- Algumas aplicações da resina poliuretana derivada do óleo de mamona para proteção de estruturas de concreto.	Osnny Pellegrino Ferreira, Jefferson Benedicto Libardi Libório e Isac José da Silva.....	343
- Reabilitação de estruturas de concreto armado: Uma análise anterior à sua ocorrência.	Sandra Carla Lima Dorea e Jefferson Benedicto Libardi Libório.....	357
- Reabilitação de estruturas de concreto sujeitas a vazamentos e infiltrações, com injeção de poliuretano hidroativado.	Joaquim Rodrigues.....	369
- Reabilitação de soleira de vertedouro da UHE Porto Primavera.	Waldomiro Almeida Junior, José Renato Arantes Andrade, Edvaldo Fábio Carneiro, Rubens Eid Silva, Edison Kataoka e Luiz Prado Vieira Junior.....	383
- Avaliação do desempenho dos reparos executados na soleira do vertedouro da UHE Porto Primavera.	Edvaldo Fábio Carneiro, José Renato Arantes Andrade e Waldomiro Almeida Junior.....	393
- Avaliação da capacidade protetora da resina de óleo de mamona contra os efeitos da carbonatação sobre as armaduras de concreto armado.	Elvio A. Guimarães e Antonio A. Nepomuceno.....	399
- Parâmetros e grandezas de importância no estudo da evolução da corrosão das armaduras no concreto.	Elton Bauer.....	413

VOLUME II

EQUIPAMENTOS E MÉTODOS PARA PRODUÇÃO, APLICAÇÃO E CONTROLE DO CONCRETO

- Recobrimento articulado do concreto.	Mauricio Fernandes da Costa.....	427
- Processo otimizado de execução de estrutura: Uma medida de qualidade e durabilidade.	Victor Guimarães Vieira.....	439
- Novos materiais para construção civil: A necessidade do controle nas obras.	José Gilberto Braud Sanches e Paula Bina.....	453
- Concreto reforçado com fibras de aço CRFA.	Newton de Oliveira Pinto Junior e Antonio Alexandre de Moraes.....	471
- Concreto de agregado leve reforçado com fibra de poliéster.	Antonio Joaquim Pires Albuquerque, Nefitaly Batista de Almeida Filho e Nelson Ruy Amado Souto Barreto.....	481
- Tratamento e disposição de concreto residual em centrais dosadoras.	Levy Rezende, Salomon M. Levy e João Gaspar Djanikian.....	499

- Considerações sobre o método construtivo e a durabilidade da estrutura em concreto do vertedouro da UHE Capivara, da CESP.	Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite, Antonio Ricardo Abbud.....	507
- Construção descendente-ascendente racionalizada sequência executiva.	Adriano Etcheverry.....	515
- O Emprego de concreto compactado com "Sapo" para proteção de alas de pontilhês.	Zózimo Pereira, Paulo Melfi, Marcelo Cardoso Gontijo e Nelson Takashi Onuma.....	527
- Gerenciamento ambiental: Alternativa de estabilização de resíduos industriais e urbanos com cimento e concreto.	Everaldo Marciano Junior, Wagner Maringolo e Antonia Jadranka Suto.....	535
- Proposta metodológica para dosagem das "Argamassas Estruturais" utilizando cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica.	Jefferson Benedicto Libardi Libório e Aluizio Brás de Melo	551
- Avaliação do comportamento frente a meios agressivos de algumas "Argamassas Estruturais" submetidas a cura térmica.	Aluizio Brás de Melo e Jefferson Benedicto Libardi Libório.....	565
- Aplicação da microssílica "Fluida" no concreto.	Robson Luis Gaiotto, Jorge Luiz Cardoso e Paulo de Tarso.....	581
- Análise reológica da fluência dos concretos	Eduardo M. R. Fairbairn e Robson Luis Gaiotto.....	595
- Medindo a produtividade da mão-de-obra na execução das formas para estruturas de concreto armado.	Ubiraci Espinelli Lemes de Souza.....	609
- Concreto de alta resistência com inibidor de corrosão à base de nitrito de cálcio - Algumas características.	Paulo Martins Pereira Neto, Renato Luiz Macedo Fonseca e João Gaspar Djanikian.....	623
- Avaliação da resistência do concreto através de corpos de prova moldados e testemunhos extraídos: Um estudo experimental.	Carlos Armando Gutschow e Denise C. C. Dal Molin.....	635

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM CONCRETO

- Um levantamento de pesquisas sobre concreto pré-moldado nos Estados Unidos da América.	Mounir Khalil El Debs.....	649
- Técnicas empregadas na produção de estacas pré-moldadas no porto de Vila do Conde.	Geraldo Moritz Piccoli e Uilson Lourenço da Cunha.....	663
- Estudo do comportamento de lajes protendidas do tipo alveolar.	Francisco P. S. L. Gastal, Américo Campos Filho e Carla Suzana Britto e Silva.....	679
- Concreto de elevado desempenho com pozolanas para estruturas pré-moldadas com cura normal.	Geraldo Cechela Isaia.....	693
- Os princípios da industrialização da construção pesada aplicados à execução de pontes empurradas da CESP.	Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite.....	707
- A importância da protensão na pré-fabricação em elementos de concreto.	Roberto Chust Carvalho, Sydney Furlan Junior e Jason Rodrigues Figueiredo Filho.....	715
- Ligações semi-rígidas entre elementos de estruturas pré-moldadas de concreto.	Marcelo de Araújo Ferreira e Mounir Khalil El Debs.....	725
- Elementos pré-fabricados de pequena espessura - Estudo de dosagem de micro-concretos de alto desempenho.	Marcos Vinicio Costa Agnesini e Laércio Ferreira e Silva.....	739
- Estudo do comportamento de elementos pré-fabricados de argamassa armada com ênfase na durabilidade.	José Luiz Rangel Paes e Regina Helena Ferreira de Souza.....	751
- Influência das condições iniciais da cura térmica na resistência do concreto.	Gladis Camarini e Muria Alba Cincotto.....	765

- Execução de pré-fabricados nas obras da bacia e usinas de Porto Primavera/Rosana. <i>José Tarallo Junior, Rosana Borçato Cestari e Luis Antonio Batista</i>	779
- Proteção com cordoalhas engraxadas e plastificadas. <i>Eugenio Luiz Cauduro</i>	785
- Lâminas pré-estruturais. <i>Alceu Alves da Paixão</i>	799

**ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE PEQUENA ESPESSURA -
ESTUDO DE DOSAGEM DE MICROCONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO**

A 27/03/94 129844

Agnesini, Marcos Víncio Costa

Silva, Laércio Ferreira e 139556

Universidade de São Paulo -Escola de Engenharia de São Carlos

São Carlos - São Paulo - Brasil

RESUMO

São apresentados resultados de dosagem experimental de microconcretos ($D_{max} = 9,5$ mm) de alto desempenho ($f_{ck} \geq 50$ MPa), visando sua aplicação em indústrias da construção em concretos da região centro-norte do estado de São Paulo.

As características do concreto em estudo são as seguintes: relações água-cimento máximas de 0,40; os materiais são os usualmente utilizados na região de São Carlos - Estado de São Paulo, a saber, areia natural quartzosa e agregado graúdo britado basáltico, cimentos de alta resistência inicial (CPV-ARI e CPV-ARI-RS), aditivo superplastificante acelerador (SPA) e adição de microssilica.

Foram obtidas resistências à compressão próximas de 100 MPa, aos 28 dias de idade (para o CPV-ARI), utilizando-se corpos-de-prova cilíndricos de 75 x 150 mm , com aditivo superplastificante acelerador e microssilica e resistências de até 30 MPa para microconcretos com 12 horas de idade, caracterizando, portanto, a possibilidade de desformas rápidas, sem necessidade de emprego de qualquer processo de cura térmica.

O microconcreto assim dosado é destinado a produção de pré-fabricados, que são caracterizados pela esbeltez e leveza dos componentes, atingindo altas resistências mecânicas iniciais e finais, bem como grande durabilidade, considerando-se os parâmetros adotados na dosagem.

INTRODUÇÃO

O Concreto de Alto Desempenho segundo Amaral Filho (1992), é caracterizado em função do valor da resistência característica mínima à compressão de 50 MPa e constitui-se, atualmente, em tema extremamente importante para a Engenharia de Estruturas, visto que, a

SYSNO	9011619
PROD	000021
ACERVO EESC	

sua aplicação resulta em obras com grandes vantagens quanto ao custo, concepção arquitetônica e durabilidade.

No Brasil, o interesse pela aplicação do CAD, principalmente na faixa de resistência de 50 a 90 MPa, tem sido cada vez maior, na execução de grandes estruturas, edifícios, componentes pré-fabricados e pisos industriais. Na região abrangida pelo presente estudo (Centro-Norte do Estado de São Paulo), o interesse por esta tecnologia é crescente, tendo em vista, a demanda por obras de maior porte, considerando-se as vantagens técnico-econômicas oferecidas pelo CAD. Anteriormente ao seu advento, as usinas de concreto desta região (e por extensão em todo o país), praticamente, só forneciam os produtos com f_{ck} de no máximo 20 MPa. Hoje, há uma tomada de consciência para a adaptação de dosagem e produção de concreto às novas necessidades do mercado consumidor.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a apresentação de um estudo de dosagem de microconcretos ($D_{max}=9,5\text{mm}$), com materiais disponíveis na região de São Carlos - SP e é direcionado para a indústria de pré-moldados de pequena espessura (entende-se por pequena espessura, secções da ordem de 40 a 60 mm). Exemplos regionais de estruturas deste tipo podem ser encontrados em coberturas industriais, galerias, pontilhões rodoviários e reservatórios, com perspectiva de utilização também em painéis portantes, lajes e vigas de edifícios.

Evidentemente, este estudo poderá ser extendido, com as devidas adaptações, a qualquer região, com o emprego de materiais diferentes daqueles utilizados na presente pesquisa.

A faixa de resistência abrangida na dosagem, refere-se a concretos com f_{ck} variando de 50 a 90 MPa, produzidos com cimentos Portland dos tipos: CPV-ARI e CPV-ARI-RS, agregado miúdo natural de origem fluvial e quartzosa, agregado graúdo resultante de britamento de rochas basálticas, aditivo superplastificante do tipo SPA (segundo nomenclatura da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e adição de microssilica. O aditivo do tipo SPA foi utilizado para aplicação no CAD em indústrias de componentes pré-fabricados de pequena espessura, objetivando-se, com isso, desformas rápidas, sem o emprego de processos envolvendo cura térmica.

As resistências à compressão foram obtidas em corpos-de-prova cilíndricos de

dimensões 75 x 150 mm ($D_{max}=9,5\text{mm}$), com base em pesquisa anterior desenvolvida pelos autores deste - Agnesini & Silva (1994 e 1996).

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Cimento Portland

Na produção dos concretos foram empregados dois tipos de cimento: cimento Portland de alta resistência inicial, CPV- ARI e cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos - CPV-ARI-RS. As características físicas e mecânicas destes cimentos, respectivamente prescritas pelas NBR-11.578, NBR-5733 e NBR-5737, estão representadas na Tabela 1 (Ciminas S.A. - 1995).

Tabela 1: Características dos Cimentos

Características e Propriedades		Un.	CPV-ARI		CPV - RS	
			s/aditivo	c/SPA	s/aditivo	c/SPA
Finura	Resíduo # 200 (NBR-11579)	%	0,3		0,1	
	Sup. Esp. Blaine (NBR-7224)	m^2/kg	451		475	
Tempo de Pega	Início (NBR-11581)	min	128	110	185	115
	Fim (")	min	190	170	264	300
Expansibilidade a quente (NBR-11582)		mm	-		0,4	
Resistência à Compressão (NBR-7215)	1 dia	MPa	28,4		20,3	
	3 dias	MPa	42,3		33,2	
	7 dias	MPa	46,7		40,0	
	28 dias	MPa	55,1		52,0	

Agregado Miúdo

Na dosagem do CAD foi utilizada uma areia natural quartzosa, proveniente do Rio Mogi-Guaçu- Município de São Carlos - SP, a qual apresentou as seguintes características:

- Composição granulométrica (NBR 7217) - areia fina- zona 2 (NBR-7211), com Dimensão Máxima Característica, $D_{max}=2,4\text{mm}$ e Módulo de Finura, $MF=2,42$ (Tabela 2).
- Substâncias nocivas - o agregado miúdo preencheu todos os requisitos da norma NBR-7211, quanto à presença de substâncias nocivas ao concreto.
- Índices Físicos- massa específica (NBR-9776) = $2,63 \text{ kg/dm}^3$, massa específica no estado solto - areia seca (NBR-7251) = $1,52 \text{ kg/dm}^3$.
- Forma dos Grãos- número de angulosidade médio (Bristish Standard - BS 812) = 6,5 e índice de esfericidade médio = 0,60.

cimento. O teor de argamassa determinado experimentalmente corresponde a 50%, função do valor mínimo do índice de vazios (43%) da matriz formada pelo agregado grão, conduzindo, assim, a concretos otimizados quanto à trabalhabilidade e compacidade. Nestas condições, obteve-se a Tabela 5, contendo os traços em massa dos concretos.

Tabela 5- Traços em massa dos microconcretos ($D_{max} = 9,5 \text{ mm}$)

Consumo	1 : a : p	a/c	a/c+ms	Cons. cimento (kg/m^3)
CPV-ARI	1 : 0,75 : 1,75	0,31	0,27	627
	1 : 1,20 : 2,20	0,37	0,32	504
	1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	427
CPV-ARI-RS	1 : 0,75 : 1,75	0,33	0,29	619
	1 : 1,20 : 2,20	0,39	0,34	498
	1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	427

PRODUÇÃO DOS MICROCONCRETOS

Para cada cimento e para cada traço, foram moldados 5 corpos-de-prova cilíndricos de $75 \times 150\text{mm}$, cujas resistências permitiram o traçado das funções específicas $f_{cJ} = F(a/c)$, a partir das quais, pode-se promover as dosagens de concretos, conforme a proposta inicial deste trabalho.

Os microconcretos foram preparados em misturadores planetários, sendo os materiais secos colocados inicialmente na cuba, com parte da água e posteriormente adicionada uma lama previamente misturada, formada pela microssilica, o restante da água mais o aditivo. O adensamento foi promovido através de mesa vibratória, com colocação de duas camadas.

Os corpos-de-prova, assim preparados, após a desforma, foram colocados em câmara úmida até as respectivas datas de ruptura: 8 e 12 horas e 1, 3 e 28 dias.

RESULTADOS

As Tabelas 6 e 7 e as Figuras de 1 a 4 contém os resultados das resistências à compressão dos microconcretos, determinadas em corpos-de-prova de $75 \times 150 \text{ mm}$.

Tabela 6 - Resistências à compressão de microconcretos com CPV-ARI e aditivo superplastificante acelerador de pega SPA

Traço em massa		Resistência à compressão (MPa)					
1 : a : p	a/c	a/c + ms	8 horas	12 horas	1 dia	3 dias	28 dias
1 : 0,75 : 1,75	0,31	0,27	8,8	30,8	47,3	66,1	103,0
1 : 1,20 : 2,20	0,37	0,32	4,3	27,6	40,5	58,1	93,7
1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	3,0	20,8	30,5	50,5	84,2

Tabela 7 - Resistências à compressão de microconcretos com CPV-ARI-RS e aditivo superplastificante acelerador de pega SPA

Traço em massa	Resistência à compressão (MPa)							
	1 : a : p	a/c	a/c + ms	8 horas	12 horas	1 dia	3 dias	28 dias
1 : 0,75 : 1,75	0,33	0,29		2,7	8,5	21,1	34,2	60,3
1 : 1,20 : 2,20	0,39	0,34		0,9	4,2	16,5	31,0	54,5
1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36		0,7	2,9	15,0	28,6	52,1

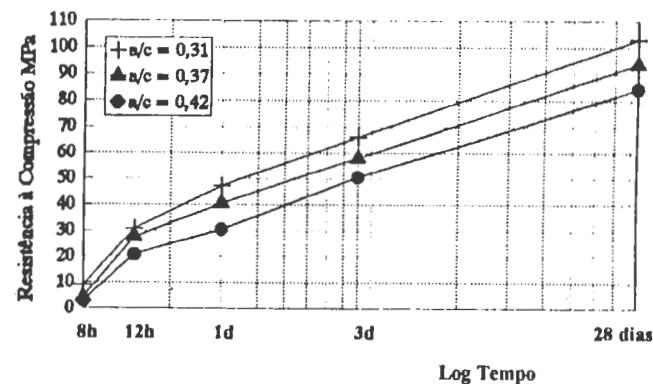


Figura 1 - Resistência do Microconcreto x Tempo
Cimento CPV-ARI (c/ aditivo SPA)

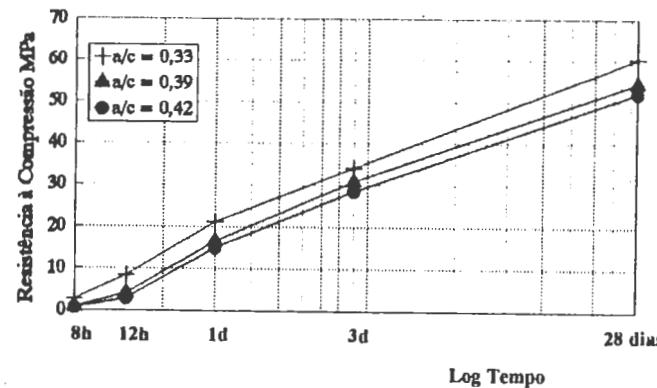


Figura 2 - Resistência do Microconcreto x Tempo
Cimento CPV-ARI-RS (c/ aditivo SPA)

- Para as dosagens mais pobres deste tipo de cimento, a desforma rápida exige o emprego de cura térmica, a qual é sempre vantajosa para cimentos com adições de escória de alto forno (o cimento em questão possue 30% desta adição em sua composição química).
- A resistência máxima obtida, aos 28 dias de idade, supera 60 MPa para a dosagem mais rica (a/c = 0,33). Cumpre-se observar, que as resistências aos 28 dias de idade com CPV-ARI-RS são equivalentes às verificadas aos 3 dias para o CPV-ARI. Portanto, conforme era de se esperar, do ponto de vista de resistência e sem utilização de cura térmica, é sempre vantajoso o emprego do CPV-ARI.
- Do ponto de vista de durabilidade, compensada a diminuição da resistência inicial, o emprego do CPV-ARI-RS permite a utilização dos pré-moldados em condições extremamente agressivas, considerando-se a ação conjunta da escória presente no cimento e a adição de microssilíca.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE DOSAGEM DO CAD

Com base nas funções $f_c = F(a/c)$, indicadas nas Figuras 3 e 4, apresenta-se a seguir alguns casos práticos ilustrativos de dosagem do CAD, para os materiais em estudo, levando-se em conta o critério da resistência, visto que está garantida a boa durabilidade, face às baixas relações a/c ($\leq 0,40$).

Exemplo 1

Dados: microconcreto para pré-moldados, $f_{ck} = 80$ MPa, $D_{max} = 9,5$ mm, espalhamento (flow table) = 160 ± 10 mm, cimento CPV-ARI, aditivo superplasticificante SPA e adição de microssilíca.

Calculando-se inicialmente o valor de f_{c28} , através da expressão $f_{c28} = f_{ck} + 1,65 s_d$, e adotando-se $s_d = 4$ MPa (condição A - ABNT), obtém-se $f_{c28} = 87$ MPa.

Pela Figura 3, determina-se o valor de a/c = 0,40.

Admitindo-se o teor de água/materiais secos = 8% (Tabela 4) e teor de argamassa seca de 50%, chega-se ao traço final procurado, cujo consumo de cimento é de : $C = 460$ kg/m³.

1 : 1,42 : 2,43 : a/c=0,40 : 15% ms : 1,5% aditivo SPA.

Observa-se, pela Tabela 6 e Figura 1, que a resistência prevista para este microconcreto será da ordem de 4,0 MPa com 8 horas, e de 25 MPa com 12 horas. Consequentemente, pode-se determinar, através de novos ensaios, o tempo mínimo de desforma, neste intervalo (estimado em cerca de 10 horas).

Pode-se estimar, ainda, a idade recomendável para cura úmida por submersão dos pré-moldados, até a obtenção de resistência mínima de 70% de f_{ck} . Portanto, para a resistência de 56 MPa ($0,70 \times 80$ MPa), determina-se pela Figura 1, a idade de 3 dias.

Exemplo 2

Dados: microconcreto para pré-moldados, $f_{ck} = 50$ MPa, $D_{max} = 9,5$ mm, espalhamento (flow table) = 160 ± 10 mm, cimento CPV-ARI-RS, aditivo superplasticificante SPA e adição de microssilíca.

Calculando-se inicialmente o valor de f_{c28} , através da expressão $f_{c28} = f_{ck} + 1,65 s_d$, e adotando-se $s_d = 4$ MPa (condição A - ABNT), obtém-se $f_{c28} = 57$ MPa.

Pela Figura 4, determina-se o valor de a/c = 0,36.

Admitindo-se o teor de água/materiais secos = 8,5% (Tabela 4) e teor de argamassa seca de 50%, chega-se ao traço final procurado, cujo consumo de cimento é de : $C = 540$ kg/m³.

1 : 1,04 : 2,04 : a/c=0,36 : 15% ms : 1,5% aditivo SPA.

Observa-se, pela Tabela 7 e Figura 2, que este microconcreto poderá ser desformado, sem cura térmica, somente com tempo situado entre 12 e 24 horas (faz-se necessário realizarem-se ensaios neste intervalo para uma determinação precisa).

A idade recomendável para cura úmida por submersão dos pré-moldados, adotando-se como resistência mínima a de 70% de f_{ck} (35 MPa), para este cimento, será da ordem de 5 dias, conforme pode-se observar na Figura 2.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as Empresas do Grupo Holderbank, Ciminas S.A. e H^c Holderchem pela cessão dos cimentos, microssilica e aditivos, o que permitiu a realização da presente pesquisa de forma plenamente satisfatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- . Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Normas, Especificações e Métodos de Ensaio para Cimento, Concreto e Agregados.
- . Amaral Filho, E. M. - Concreto de alta resistência. Revista IBRACON, n. 4, Ano 2, Abril/Maio/Junho/1992, pp. 40-49.
- . Agnesini, M. V. C. - Argamassas e microconcretos para elementos estruturais de pequena espessura. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 11. Águas de São Pedro, 1994. ANAIS. São Paulo, IPT/POLI/IFUSP, 1994, p.1317-20.
- . Agnesini, M. V. C. ; Silva, L. F. e - Controle da resistência à compressão do concreto: estudo de utilização de corpos-de-prova cilíndricos de dimensões reduzidas. In: Reunião Anual do IBRACON, 36. Porto Alegre, 1994. ANAIS: São Paulo, 1994, vol.2, pp.897-910.
- . Ciminas S.A.- Relatório Semanal de ensaios de cimento. Emissão 14/09/95
- . H^c Holderchem - Boletim técnico sobre aditivos - 1995