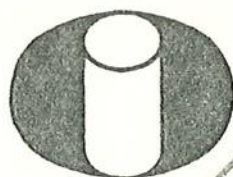


IBRACON



Curitiba, 22 a 26 de junho de 1992

ANAIS

34ª Reunião do IBRACON

Instituto Brasileiro do Concreto

st. 834745

Patrocínio da



concrebras sa

SYSNO 834745
PROD 000031

ACERVO EESC

VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

ÍNDICE

VOLUME I

CONFERÊNCIA INAUGURAL	pg.
. Durabilidade das estruturas de concreto protendido Walmor José Prudêncio.....	001
SESSÃO TÉCNICA 1 - ASPECTOS HISTÓRICOS	
. A importância da análise histórica na evolução da tecnologia da "Argamassa Armada" Jefferson B.L.Libório e Marcos V.C.Aguesini.....	039
. Edifício Guinle: Como está o pioneiro? - Aspectos históricos Hélio Júlio Gordon e David Cecchetti.....	051
SESSÃO TÉCNICA 2 - COMO PROJETAR PARA GARANTIR A VIDA ÚTIL ESPERADA	
. A concepção e a durabilidade das pontes de concreto protendido José Marecos e Luiz Alfredo Falcão Bauer.....	065
. Vida útil da estrutura de concreto cuidados com as relações geométricas na hora de projetar Celso Renaldo Lima Verde Leal.....	079
. Qualidade em projetos estruturais Ricardo Fernandes Carvalho.....	091
. Edifício Guinle: Como está o pioneiro? Aspectos estruturais Nelson dos Santos Gomes e Ivanfsio de Lima Oliveira.....	103
. Bieles de concreto armado - ruptura e fissuração Eduardo Thomaz e Cristina Haguenauer Naegeli.....	123
. O cálculo estrutural de usinas hidrelétricas na CESP- Evolução histórica, situação atual e evolução futura prevista. Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite e Miguel Normando A. Saad....	137
. A resolução numérica do modelo viscoelástico linear com envelhecimento do concreto e sua aplicação no cálculo das tensões de origem térmica em barras de CCR. Eduardo de Aquino Gambale, José Tomaz França Fontoura, Quintiliano Mascarenhas Guedes e Walton Pacelli de Andrade.....	151
SESSÃO TÉCNICA 3 - COMO EXECUTAR E CONTROLAR PARA GARANTIR A VIDA ÚTIL ESPECIFICADA	
. Efeitos da adição de escórias no comportamento das pastas e argamassas de cimento portland de alto forno Antonio Luiz Guerra Gastaldini e Yásuko Tezuka.....	165
. O emprego do cimento portland de alta resistência inicial composto com escória granulada de alto forno (CP/ARI/E), para execução de pré-moldados de argamassa armada. Marcos V.C.Aguesini e Jefferson B.L.Libório.....	179
. Adição de pó ao concreto como fator econômico e de durabilidade Antonio Fernando Krempel, Celso Chinelli Crevilaro e Vladimir Antonio Paulon.....	193
. Influência da adição de álcalis na expansão de barras de argamassa Élcio Antonio Guerra, Márcia Campos dos Santos e Walton Pacelli de Andrade...	207
. Enfoque crítico sobre concretos com altos teores de cinzas volantes frente à corrosão das armaduras Geraldo Cechella Isaia.....	217

. Vida útil do concreto protendido	231
José Dafico Alves.....	
. Construção da viga de montante de suporte das pontes rolantes da casa de - força subterrâneas da UHE Serra da Mesa	243
João Carlos Faig de Oliveira, José Tomaz França Fontoura, Marcos de Ávila Pimenta, Newton Goulart Graça e Walton Pacelli de Andrade.....	

VOLUME II

SESSÃO TÉCNICA 3 - COMO EXECUTAR E CONTROLAR PARA GARANTIR A VIDA ÚTIL ESPECIFICADA (continuação)

. Estudos de caldas e argamassas para injeção dos tirantes das vigas das pontes rolantes da casa de força da UHE Serra da Mesa	265
Élcio Antonio Guerra, João Carlos Faig de Oliveira, José Tomaz França - Fontoura, Marcos de Ávila Pimenta, Newton Goulart Graça e Walton Pacelli de Andrade.....	
. Influência de vesículas (bolhas de ar) na qualidade dos concretos	281
Minos Trócoli de Azevedo, Antônio Freitas da Silva Filho e Antônio Sérgio Ramos da Silva.....	
. Abrasão do concreto em superfícies hidráulicas	297
Élcio Antonio Guerra, João Bosco Moreira do Carmo, José Tomaz França Fontoura, Rubens Machado Bittencourt e Walton Pacelli de Andrade.....	
. Concreto massa em estruturas de médio porte - Casos práticos e soluções adotadas	309
Orlando Pardelhas Villela e Luiz Carlos Ferreira de Souza.....	
. Argamassamento da fundação da barragem de Serra da Mesa	321
João Carlos Faig de Oliveira, Ludgero Pimenta de Ávila, Marco Antonio Veloso dos Anjos, Marcos de Ávila Pimenta, Newton Goulart Graça.....	
. Argamassa polimérica como revestimento impermeável	331
Marcos Storte.....	
. Durabilidade do concreto aparente	339
Paulo Fernando Araújo da Silva.....	
. Corrosão das armaduras e a vida útil das estruturas de concreto armado	351
Sílvia Romero Fonseca Lima.....	
. Deterioração de estruturas de concreto - Principais causas e medidas preventivas	359
Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite e Miguel Normando A. Saad....	
. Previsão da vida útil da estrutura em função do processo corrosivo	375
Oswaldo Cascudo e Helena Carasek.....	

SESSÃO TÉCNICA 4 - REPROJETAR E REPARAR PARA RECUPERAR OU PRORROGAR A VIDA ÚTIL DA ESTRUTURA

. Estruturas pré-fabricadas inacabadas em concreto aparente- CIEPs	389
Vicente Custódio Moreira de Souza e Mara Telles Salles.....	
. O desempenho estrutural de um viaduto no seu primeiro ano de uso	405
José Roberto Braguim.....	
. Edifício Guinle: Como está o pioneiro? - Aspectos do concreto armado	421
Carlos Eduardo de Siqueira Tango, Maria Alba Cincotto, Luiz Tauguio Hamasaki e João Carlos Marques.....	
. Conhecimento da causa da degradação do concreto, primeiro passo para a correta recuperação do concreto	435
Moema Ribas Silva.....	
. Desenvolvimento de materiais e métodos para recuperação e proteção de estruturas de concreto armado, com danos causados por corrosão de armaduras	447
Paulo Sérgio Ferreira de Oliveira, Fernando Augusto Pereira Guimarães e Carlos Roberto Magrini Filho.....	

. Recuperação de peças estruturais de concreto armado sujeitas à flexão e ao cisalhamento	
José Augusto de Queiroz.....	467
. Recuperação estrutural em concreto projetado com microfibras: Estudo dos traços	
Ivan Ramalho de Almeida, Thomaz J. Ripper B. Cordeiro e José Paulo Maia - Costa.....	477
. Injeções de resina na viga de montante de suporte das pontes rolantes da casa de força da UHE Serra da Mesa	
João Carlos Faig de Oliveira, José Tomaz França Fontoura, Marcos de Ávila Pimenta, Newton Goulart Graça e Walton Pacelli de Andrade.....	491

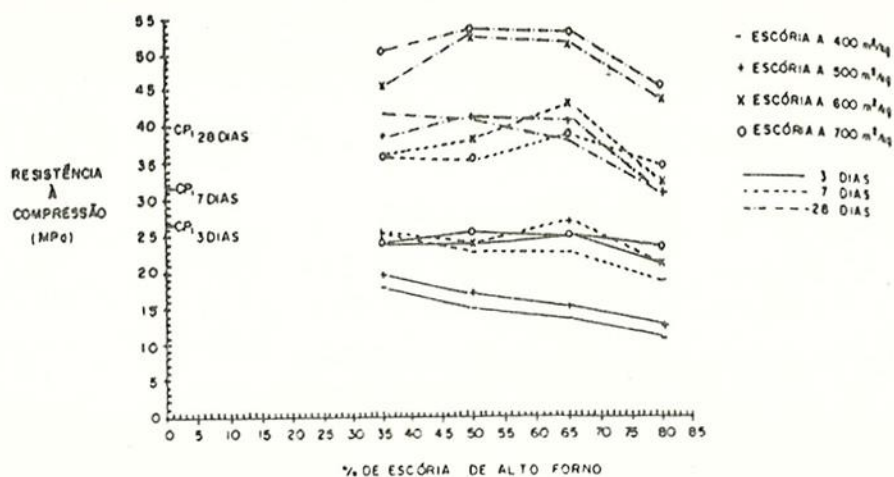


FIGURA 11 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DA ARGAMASSA NORMAL DE CIMENTO CONTENDO ESCÓRIA "A" EM FUNÇÃO DA IDADE E PORCENTAGEM DE ADIÇÃO DE ESCÓRIA

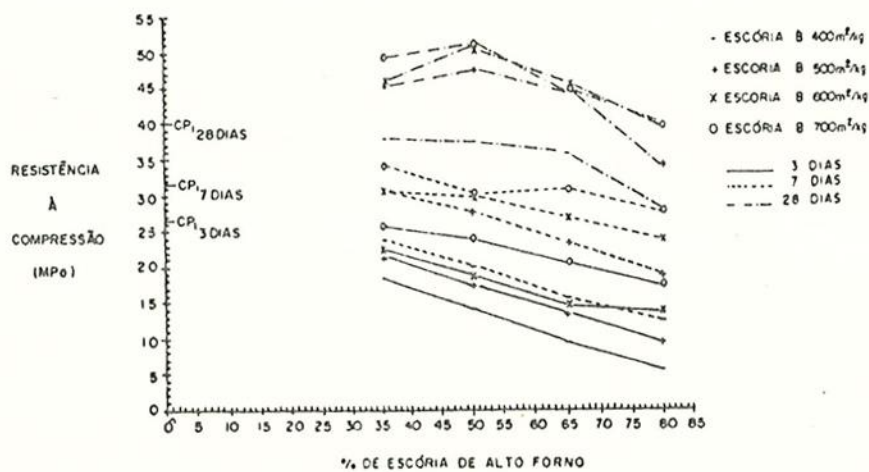


FIGURA 12 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DA ARGAMASSA NORMAL DE CIMENTO CONTENDO ESCÓRIA "B" EM FUNÇÃO DA IDADE E PORCENTAGEM DE ADIÇÃO DE ESCÓRIA

O EMPREGO DO CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA INICIAL,
COMPOSTO COM ESCÓRIA GRANULADA DE ALTO FORNO (CP-ARI/E),
PARA EXECUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS DE "ARGAMASSA ARMADA"

Autores: Profs.Drs. Marcos V.C.Aguesini &

Jefferson B.L. Liborio

EESC-USP - LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

R E S U M O

O cimento Portland com escória de alto forno do tipo ARI/E (MRS) desponta como mais uma opção para elaboração da "argamassa armada", possibilitando, quando inserida em meios ambientes ou micro-regiões agressivas, uma vida útil adequada.

O Laboratório de Construção Civil da EESC-USP dentro desse objetivo vem sistematicamente realizando pesquisa para viabilização do emprego do cimento ARI/E (MRS), através de estudos de sua potencialidade: resistências mecânicas iniciais e finais, sistemas de cura normal e térmica (vapor), compatibilidade com aditivos, simulações de micro-regiões agressivas, ensaios hidráulicos, etc, em elementos de várias tipologias.

São apresentados, no presente trabalho, alguns resultados que demonstram a viabilidade e vantagens do emprego desse cimento na produção de elementos estruturais de "argamassa armada", considerando-se principalmente a durabilidade das obras executadas com esse material.

* * *

1 - GENERALIDADES

1.1 - Particularidades sobre a utilização do Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

O cimento Portland de alta resistência inicial (CP-ARI) tem sido geralmente empregado na indústria de pré-moldados de argamassa armada. Tal fato deve-se principalmente às características químicas e físicas desse cimento, que possibilitam a redução do tempo de desforma, permitindo a utilização de menor número de conjuntos de fôrmas metálicas e através de uma racionalização, o aumento de produtividade da mão-

de-obra.

Entretanto o emprego do CP-ARI, apesar das vantagens da alta resistência inicial e final, tem sido utilizado, em alguns casos, em regiões incompatíveis com o tipo de material em condições associadas a formas produtivas inadequadas, o que tem levado a problemas de durabilidade dos elementos.

A maior velocidade de endurecimento dos cimentos de alta resistência inicial é conseguida, por ocasião da fabricação do aglomerante, por um teor mais alto de C_3S e pela moagem do clínquer Portland, a finuras mais elevadas.

Na hidratação do cimento, a reação do C_3S começa dentro de poucas horas, desprendendo calor. Quando essa hidratação se verifica numa quantidade limitada de água, como na pasta de cimento, por hidrólise o C_3S produz no final silicato de cálcio hidratado com fórmula aproximada $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ ($C_3 - S_2 - H_3$) e liberando cal sob forma de $Ca(OH)_2$. Fazendo-se uma suposição aproximada que o $C_3 - S_2 - H_3$ seja o produto final da hidratação do C_3S e do C_2S , constata-se que ambos os silicatos exigem uma mesma quantidade de água, mas o C_3S produz mais que o dobro do $Ca(OH)_2$ liberado na hidratação do C_2S . Nos cimentos Portland comuns formam-se de 10 a 17% de $Ca(OH)_2$. Esse fato é mais acentuado na hidratação do CP-ARI devido ao seu maior teor de C_3S .

Dos compostos resultantes da hidratação do cimento Portland, o único solúvel em água é o $Ca(OH)_2$, sendo essa solubilidade uma das principais causas da degradação do cimento endurecido. Verifica-se, portanto, que empregando-se o CP-ARI, a melhoria da resistência inicial, obtida pelo aumento de C_3S na composição desse tipo de cimento, ocasiona uma menor estabilidade química.

1.2- Considerações sobre algumas formas de deterioração da "argamassa armada"

Na indústria de pré-moldados de argamassa armada, as dosagens normalmente empregadas na composição das argamassas hidráulicas resultam em elevados consumos de cimento (da ordem de 600kg/m³). Quando da hidratação do cimento Portland, esses altos teores de cimento liberam uma quantidade de cal (até 240kg de $Ca(OH)_2$ por m³ de pasta). Todavia essa liberação de $Ca(OH)_2$ ocorre com maior intensidade, conforme ressaltado anteriormente, quando o cimento empregado na confecção dos componentes de

argamassa armada for o CP-ARI.

O Ca(OH)_2 também pode reagir com o CO_2 do ar, resultando em CaCO_3 solúvel com aspecto esbranquiçado.

Também, as águas quimicamente puras, dissolvem a cal liberada na hidratação do cimento Portland, contribuindo significativamente para o aumento da porosidade da pasta. Como em peças de argamassa armada a impermeabilidade adequada é fator fundamental para a durabilidade do material, deve-se evitar uma dissolução excessiva do Ca(OH)_2 .

Nessas considerações deve-se salientar ainda a ocorrência de chuvas ácidas ($\text{pH} \approx 4$) que, principalmente nas primeiras horas, acarretam a lixiviação dos compostos de cal.

Cabe portanto uma análise efetiva do grau de exposição de cada elemento, por exemplo, parte de uma cobertura poderá estar exposta à ação agressiva do meio externo à edificação, bem como aquelas fachadas ou vedações sob predominância de ventos.

De outra forma deve-se avaliar também a ação de outros agentes agressivos, por exemplo, os sulfatos eventualmente existentes no meio no qual são aplicados esses componentes, que, reagindo com o Ca(OH)_2 e com os aluminatos de cálcio hidratados existentes na pasta de cimento, formam sais expansivos que ocasionam a ruptura do material. Essa deterioração superficial pode começar nos cantos, arestas e naqueles locais onde ocorre o efeito parede, coincidindo com o posicionamento dos fios da armadura, resultando numa fissuração progressiva desprendimentos de lascas do material, ocorrendo paralelamente a perda da proteção da armadura que conseqüentemente irá se oxidar, degradando-se.

Outro agente agressivo a considerar é o íon cloro livre, Cl^- que pode ser fator fundamental para iniciar a degradação do aço, em condições propícias, quer pela migração através da argamassa, quer a ela incorporada através dos materiais que a compõem.

A ação da carbonatação, em condições favoráveis de ocorrência de corrosão, também é outro aspecto a considerar (embora também se tenha detectado outras associações de mau eventos).

2 - OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

O objetivo principal do presente trabalho, realizado no Laboratório de Construção Civil da EESC-USP, é demonstrar a viabilidade e as vantagens do emprego do cimento CP-ARI composto com escória granulada de alto forno, para a produção de pré-moldados de argamassa armada, considerando-se principalmente a vida útil das obras executadas com esses componentes.

A sugestão do emprego do CP-ARI/E-MRS para peças pré-moldadas de argamassa armada, deve-se, em princípio, ao fato desse aglomerante reduzir sensivelmente os efeitos nocivos decorrentes da hidratação do CP-ARI.

A escória de alto forno, é constituída em sua maior parte de silicatos e alumino-silicatos. A escória, combina-se com o Ca(OH)_2 fixando-o sob a forma estável, tornando a "argamassa" assim produzida de melhor qualidade, com melhor grau de impermeabilidade, através de uma diminuição da sua porosidade.

Todavia, se por um lado a presença de escória aumenta a resistência do cimento a agentes químicos agressivos, por outro lado deve-se estudar a diminuição da resistência mecânica a baixas idades, bem como o processo de cura empregado para possibilitar a necessária fixação da cal liberada na hidratação do CP-ARI/E.

Assim, no presente trabalho, relatam-se também os processos utilizados na garantia da resistência inicial, fator fundamental para produção de componentes pré-moldados de "argamassa armada".

Outra questão importante é também o estudo de processos para garantirem-se resistências iniciais que permitam racionalizar o processo executivo, tornando os canteiros-de-obra mais baratos e os investimentos iniciais menores, mantendo-se a produção em níveis aceitáveis, a baixo custo.

3 - MATERIAIS UTILIZADOS

3.1- Características das "argamassas"

Empregaram-se "argamassas" compostas com cimento ARI/E, agregado miúdo constituído por areia natural quartzosa e água, estudando-se também uma possível aplicação de aditivo superplastificante.

Em algumas experiências (cura térmica) empregou-se agregado

grão com $D_{max} = 9,5mm$, além de comparar-se também, uma das dosagens com "argamassas" preparadas com o CPE-32.

O Índice de consistência das "argamassas", determinado de acordo com a NBR-7215, foi fixado para o CP-ARI/E em 180mm, com dispersão de 5mm, baseando-se em experiências anteriores adquiridas na moldagem de peças de pequena espessura, armadas com telas metálicas. Para essa consistência as argamassas apresentaram uma trabalhabilidade adequada, considerando-se os processos de mistura, transporte, lançamento e principalmente adensamento, empregados na produção dos pré-moldados de "argamassa armada".

Para os materiais empregados na dosagem das "argamassas", fixados os índices de consistência e a relação água/cimento, experimentalmente foram determinados os seguintes traços em massa: 1:2:x=0,38; 1:2,5:x=0,44 e 1:3:x=0,49. Os consumos de cimento, respectivamente para os traços apresentados, são: 685kg/m³, 585kg/m³ e 513kg/m³.

Objetivando-se reduzir o consumo de cimento das "argamassas", empregou-se aditivo superplastificante dosado na proporção de 1% em relação à massa do aglomerante. Para a mesma consistência, anteriormente fixada ($K = 180mm$ com dispersão de 5mm), foram determinados os seguintes traços em massa: 1:2,5:x=0,37; 1:3:x=0,42 e 1:3,5:x=0,47. As essas dosagens correspondem os seguintes consumos de cimento, utilizando-se 1% de aditivo em relação à massa de CP-ARI/E: 606kg/m³, 529kg/m³ e 470kg/m³.

3.2 - Cimento Portland

O cimento Portland utilizado no estudo das argamassas foi o CP-ARI/E-MRS (NBR-5737).

As características desse cimento, impostas pela NBR-5737 e determinadas através da NBR-7215 estão indicadas na Tabela 1.

3.3- Agregado Miúdo

Utilizou-se a areia natural quartzosa proveniente do Rio Mogi-Guaçu, São Carlos/SP, a qual apresentou as seguintes características:

a) granulometria: a composição granulométrica, determinada segundo a NBR-7217 é indicada na Tabela 11. Esse agregado é

classificado como sendo de granulometria média (curva granulométrica enquadrada na Zona 3), de acordo com as faixas estabelecidas pela NBR-7211.

Tabela I - Características físicas e mecânicas do CP-ARI/E-MRS

Características e propriedades		Unidade	Valor obtido
Finura (resíduo na peneira 0,075mm)		%	0,23
Área específica		m ² /kg	484
Tempo de início de pega		min	315
Tempo de fim de pega		min	570
Expansibilidade a frio		mm	1,50
Expansibilidade a quente		mm	1,58
Resistência à compressão	1 dia	MPa	11,8
	3 dias	MPa	29,6
	7 dias	MPa	40,3
	28 dias	MPa	47,7

Tabela II - Composição granulométrica do agregado miúdo

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada
4,8	7	0	0
2,4	50	4	4
1,2	184	14	18
0,6	396	30	48
0,3	375	28	76
0,15	289	22	98
resíduo	36	2	100
Dimensão máxima característica = 2,4mm			
Módulo de finura = 2,44			

Embora de granulometria média, a areia empregada possui 50% dos seus grãos retidos nas peneiras de aberturas 0,3mm e 0,15mm (Tabela II). Esse teor de finos da areia resulta numa granulometria adequada pois colabora para a obtenção de argamassas de baixa permeabilidade, e também para um melhor acabamento das peças pré-moldadas.

b) Substâncias nocivas: a areia mostrou-se satisfatória quanto aos requisitos estabelecidos pela NBR-7211, conforme verificado a seguir:

- teor de argila em torrões, determinado segundo a NBR-7218 = 0,45%;

- teor de materiais pulverulentos, determinado de acordo com a NBR-7219 = 1,15%;

- teor de materiais carbonosos, determinado segundo a norma ASTM C123 = 0,3%;

- teor de impurezas orgânicas avaliado de acordo com a NBR-7220 = índice de coloração, em termos de ácido tânico, inferior a 300ppm.

c) Reatividade Potencial: o ensaio de reatividade álcali-agregado, executado segundo se preceitua na ASTM C-227, não indicou a ocorrência de reações prejudiciais com intensidade suficiente para causar expansões nocivas à argamassa.

d) Propriedades Físicas: massa específica, determinada através do frasco de Chapman = 2,63 kg/dm³; massa unitária do agregado no estado solto, determinado segundo a NBR-7251 = 1,58kg/dm³ (areia seca).

e) Forma dos Grãos: número de angulosidade médio, verificado de acordo com a norma BS 812 = 6,5 (forma medianamente angulosa em uma escala de 0 a 12); Índice de esfericidade médio = 0,60; Índice de arredondamento médio = 0,33.

3.4- Água de Amassamento

A água de amassamento empregada na dosagem da argamassa foi proveniente do abastecimento público (potável), com características consideradas satisfatórias de acordo com a NBR-6118.

3.5- Aditivo Superplastificante

O aditivo superplastificante empregado, com o objetivo de se reduzir os consumos de cimento CP-ARI/E nas argamassas, satisfaz as condições específicas apresentadas pela EB-1842 da ABNT, quanto à redução da água de amassamento, tempo de pega, resistência à compressão axial mínima, resistência à tração mínima e variação de volume, índices esses referentes à comparação de argamassa com aditivo em relação à argamassa d,

controle.

4- VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS ARGAMASSAS

4.1- Ensaios Realizados

Para os ensaios básicos de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, foram preparadas diversas séries de corpos-de-prova, referentes às diversas idades de ruptura. As argamassas dosadas nos traços em massa especificados no item 3.1, preparadas sem e com aditivo superplastificante, foram misturadas empregando-se o misturador mecânico especificado na NBR-7215. Para cada série executada (uma para cada idade da argamassa) efetuou-se um amassamento. Tanto a mistura mecânica como a moldagem e cura dos corpos-de-prova, cilíndricos, de diâmetro de 50mm e altura de 100mm, foram realizadas seguindo-se as indicações da NBR-7215.

4.2- Resistências à Compressão

Os ensaios para a determinação das resistências à compressão das argamassas foram realizados para as idades de 1, 3, 7 e 28 dias, seguindo-se a NBR-7215. Os resultados dos ensaios de compressão axial, verificados para essas idades de ruptura, estão representados nas figuras 1 e 2, respectivamente para argamassas dosadas sem aditivo e com aditivo superplastificante.

4.3- Resistências à Tração

Os ensaios de compressão diametral, para a determinação da resistência à tração das argamassas, foram executados às idades de 1, 3, 7 e 28 dias, seguindo-se o método preconizado na NBR-7222. Os resultados desses ensaios estão representados nas figuras 3 e 4, respectivamente para argamassas preparadas sem e com aditivo superplastificante.

4.4- Módulo de Elasticidade

Os valores médios do módulo de elasticidade foram obtidos através da análise dos diagramas tensão x deformação - módulo tangente na origem (NBR-8522).

Apresentam-se nas figuras 5 e 6 os referidos diagramas, à idade de 28 dias, para argamassas sem e com aditivo.

respectivos módulos de elasticidade.

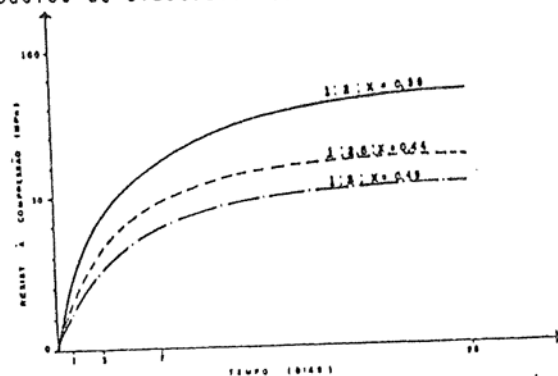


Figura 1 - Resistências à compressão de argamassas dosadas com CP-ARI/E

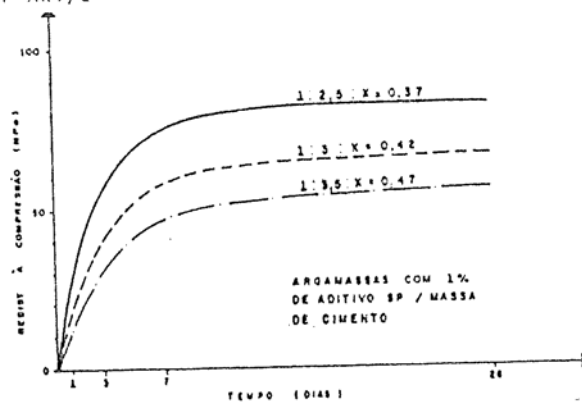


Figura 2 - Resistências à compressão de argamassas dosadas com CP-ARI/E e aditivo superplastificante

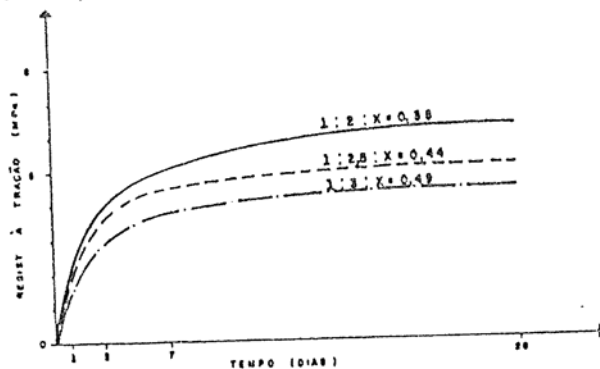


Figura 3 - Resistências à tração de argamassas com CP-ARI/E

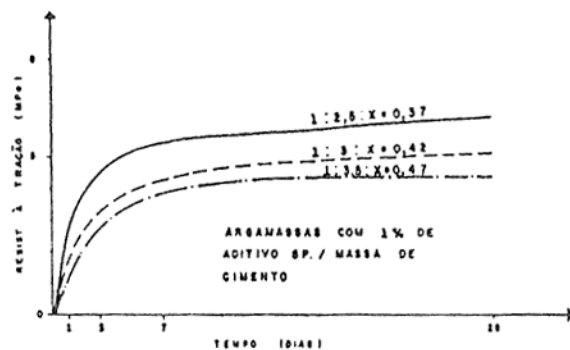
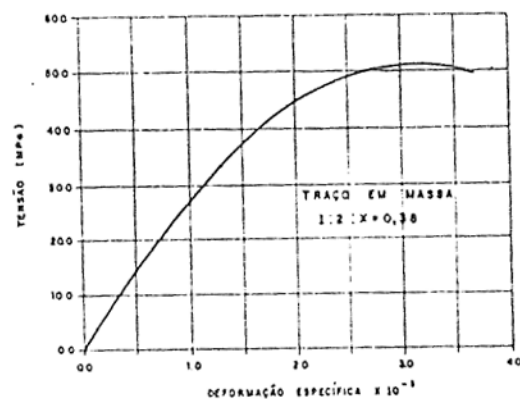
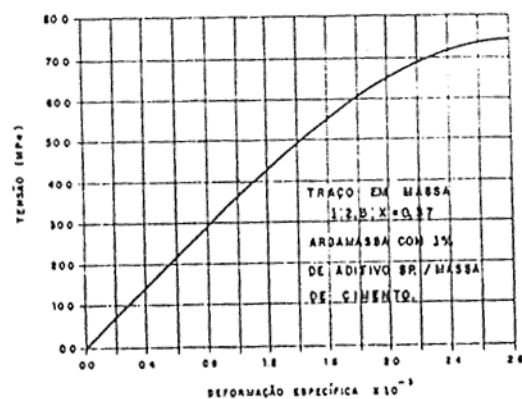


Figura 4 - Resistências à tração de argamassas dosadas com CP-ARI/E e aditivo superplastificante



$E = 27000 \text{ MPa}$

Figura 5 - Diagrama tensão x deformação - Arg. com CP-ARI/E



$E = 33000 \text{ MPa}$

Fig. 6 - Diagrama tensão x deformação - Arg. CP-ARI/E e ad. SP

5- AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIAS INICIAIS DE "ARGAMASSAS"

5.1 Cimento Portland ARI/E

Os cimentos Portland com escória de alto forno apresentam uma diminuição das resistências mecânicas iniciais das "argamassas", fato que poderia comprometer a desforma rápida dos pré-moldados. Por esse aspecto está se processando estudos sobre o comportamento das "argamassas" dosadas com CP-ARI/E, verificando-se as resistências nas primeiras horas, em condições normais de cura, e empregando-se cura térmica (vapor).

Esses estudos estão demonstrando a necessidade de acelerar-se a velocidade das reações de hidratação do CP-ARI/E, em vista das resistências verificadas às pequenas idades serem baixas; por exemplo, para a mistura preparada no traço em massa 1:2:x=0,38, após as primeiras 12 horas, verificou-se, a $f_{0,1} = 4 \text{ MPa}$.

5.2- Cura Térmica (Vapor)

No Laboratório de Construção Civil da EESC-USP, está em andamento um amplo Projeto de Pesquisa, no que se refere a elementos produzidos sob cura térmica (vapor), bem como avaliações dos diversos parâmetros que poderão sofrer interferências, tanto macroscópica quanto microscópicamente, pela adoção do processo, para os diversos tipos de cimentos Portland tais como: CP-32 e CP-40 (S,E,Z), CP-ARI, CP-ARI/E, cimentos com adições (AF-32, AF-40 e POZ-32), para "argamassas" com agregado de até $D_{max} = 9,5 \text{ mm}$ (agregado miúdo e agregado graúdo).

Para o presente trabalho se apresentará apenas alguns resultados, devendo oportunamente serem divulgados através de outros trabalhos as conclusões dos estudos mais efetivos.

Na Tabela III são ilustrados alguns resultados processados, para "argamassas" com os seguintes traços em massa 1:2:x=0,38 com cimento ARI/E e CPE-32; 1:1,2:0,8:x=0,3 (cimento:areia:brita 0:a/c) com cimento ARI/E e CPE-32, os ciclos de vapor de 4 horas, 5 horas e 7 horas e 30 minutos.

Resalte-se também que não se observaram nesses ensaios quaisquer alterações, como expansões, fissuras térmicas ou desagregações superficiais.

Tabela III - Resultados de Cura a Vapor para cimentos ARI/E e CPE-32

Traço (massa)	Cimento	Ciclo de vapor (hs)	f_{c1} (MPa)	f_{t1} (MPa)
1:2:x=0,38	ARI/E	4	24,5	3,0
	CPE-32	4	22,9	2,8
	ARI/E	5	28,8	3,8
	CPE-32	5	25,1	3,1
	ARI/E	7:30	36,8	4,9
1:1,2:0,8:x=0,38	ARI/E	4	22,8	2,8
	CPE-32	4	24,0	2,8

6- CONCLUSÕES

Apresentam-se a seguir algumas conclusões iniciais, quanto à utilização do cimento ARI/E para o preparo de argamassas hidráulicas:

a) obtenção de elevadas resistências à compressão, em traços usuais ($C=680\text{kg}$ de cimento/ m^3) atingindo-se cerca de 85MPa aos 28 dias (figura 1);

b) obtenção de elevadas resistências à tração, nas mesmas condições anteriores, obtendo-se aproximadamente 7MPa aos 28 dias (figura 3);

c) empregando-se o aditivo superplastificante pode-se, sem prejuízo da resistência final ($f_{c28} = 81\text{MPa}$ e $f_{t28} = 8,5\text{MPa}$), obter-se uma economia substancial no consumo de cimento ($C=606\text{kg}$ de cimento/ m^3), da ordem de 12% (figuras 2 e 4);

d) traços com relações água/cimento até 0,45 l/kg, valor máximo indicado pela NBR-11173, resultam em elevadas resistências mecânicas após 1 dia (figuras 1, 2, 3 e 4);

e) o emprego de aditivo superplastificante melhora substancialmente as resistências mecânicas para argamassas com 1 dia, dosadas com relações a/o até 0,45 l/kg, com consumos inferiores de cimento (figuras 1, 2, 3 e 4);

f) a cura térmica se adequa perfeitamente ao emprego do cimento ARI/E, bem como ao CPE, obtendo-se resistências nas primeiras horas que permitem a reutilização de fôrmas na produção

seriada de pré-moldados em até 4 ciclos diários (Tabela III);

g) o cimento ARI/E-MRS surge como mais uma opção na especificação de cimentos para meio ambiente ou regiões violadas onde se faz necessário uma maior resistência química, sem prejuízo das resistências mecânicas iniciais e finais.

7 - BIBLIOGRAFIA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Coletânea de Normas: cimento, agregados e concreto
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - EB-1842 - Aditivos Superplastificantes para Concretos de Cimento Portland
- AGNESINI, M.V.C. "Argamassas Hidráulicas Simples de CP-32 e Areia Natural Quartzosa, Destinadas à Execução de Peças Pré-fabricadas de Argamassa Armada. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, 1985. 114p.
- ASTM - AMERICAN STANDARDS FOR TESTING MATERIALS - C123 - "Standard Test Method for Lightweight Pieces in Aggregate"
- BS - BRITISH STANDARDS INSTITUTE - BS-812 - Part 1 - "Sampling, Shape, Size and Classification"
- FERREIRA, O.P. A Utilização da Areia Fina na Fabricação do Concreto e sua Influência em Algumas Propriedades deste Material, São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, 1985 (Dissertação de Mestrado)
- LIBORIO, J.B.L. "Estudo Patológico de Construções de Argamassa Armada Existentes no Brasil. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, 1989 (Tese de Doutorado)
- LIBORIO, J.B.L., AGNESINI, M.V.C., FERREIRA, O.P. "Estudo das Propriedades de Concretos com Cimentos Portland Submetidos a Cura a Vapor. Laboratório de Construção Civil - EESC/USP - Pesquisa em Andamento - Não divulgada.
- NEVILLE, A.M. "Propriedades do Concreto". São Paulo, PINI Editora, 1ª. Edição, 1982.
- TEZUKA, T. "Guia de Utilização de Cimentos Hidráulicos". São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 1988.