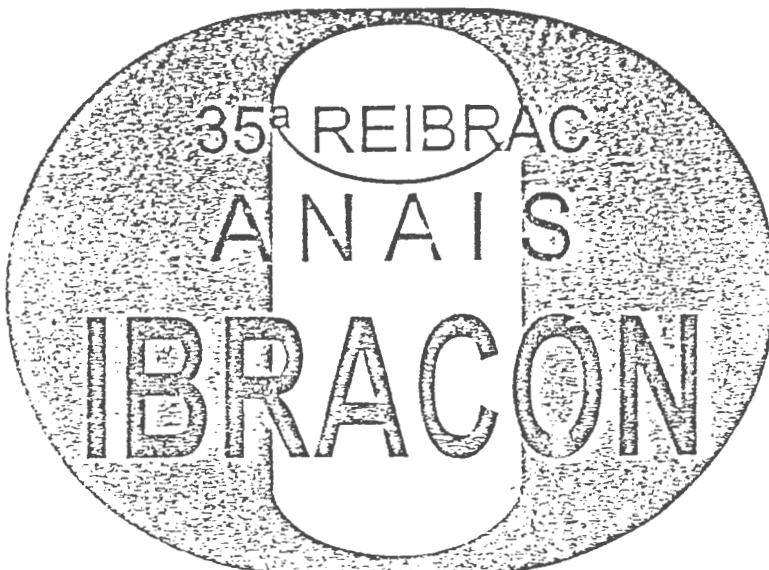
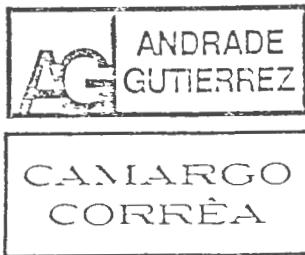


1993

BRASÍLIA - 21 A 25 DE JUNHO



PATROCINADORES:



A
LÔA CIMINAS



CIMENTO TOCANTINS S.A.

 Serrana Cimento  concrebras sa



COMPANHIA CIMENTO
PORTLAND ITAÚ

CONTROLE DA QUALIDADE DO CONCRETO

PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM OBRAS DE CONCRETO

ÍNDICE

VOLUME I

Pg.

- Utilização de concreto compactado a rolo na usina hidrelétrica Porto Primavera
Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite, Isaac Amaral Alves, Jose Renato Arantes Andrade, Julio Cesar Astolpni e Seizo Chapira Kuperman 001
- Sistema de Resfriamento da viga do munhão do vertedouro da UHE Xingó
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho, José Carlos Jegaspare, Marcelo Pougy e José Edson Furtado de Mendonça 015
- Métodos e detalhes construtivos, não convencionais utilizados nas obras em concreto da UHE Tucuruí-consolidação da experiência
Paulo Roberto Amaro e Luiz Fernando Rufato 029
- Garantia da qualidade na fabricação de produtos químicos para a construção civil
Marcos Eggers e Paulo Cezar Souza de Siqueira Pinto 045
- Evolução da resistência de concreto com e sem introdução de aditivo Iar
Minos Trocili de Azevedo, Antônio Freitas da Silva Filho e Antônio Sérgio Ramos da Silva 061
- Importância da microscopia para aperfeiçoamento do clinquer na fabricação de cimento
Wilma Brandão Metzker, Degmar Peixoto Diniz e Sergio Luis Centurione 077
- Implementação do sistema da qualidade para ensaios de concreto
Elio Antonio Guerra, Márcia Campos dos Santos, Rubens Machado Bittencourt e Walton Pacelli de Andrade 081
- Gestão da Qualidade em laboratórios de ensaios
Elio Antonio Guerra, Márcia Campos dos Santos e Walton Pacelli de Andrade 093
- Dissipação do calor com base nas leituras dos termômetros instalados nas estruturas de concreto da UHE Tucuruí - Análise expedita
Sérgio de Lemos Luna e Gilson Machado da Luz 111
- Controle da qualidade de obras de concreto estrutural
Minos Trocili de Azevedo, Vicente Mário Vissco Mattos, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Antônio Freitas da Silva Filho 115
- Recomendações para a dosagem de grante de enchimento de alvenaria estrutural
Luiz Antônio Pereira de Oliveira 123
- Qualidade na indústria da construção civil - padronização de atividades na execução de um conjunto habitacional
André Luiz Guerreiro da Cruz, Waner Guimaraes de Oliveira, Eric Klatau Fleks Ribeiro, Carlos Alberto Guerreiro da Cruz e João Vicente Viana Longo 137
- Controle do concreto projetado das obras de serra da mesa e Corumbá I
Dionésio Werner, Maurice Antoine Traublisi, Newton Gouliart Gracis e Rubens Machado Bittencourt 147
- Concreto projetado por via seca: o controle do processo
Antonio Domingues Figueiredo e Paulo Roberto do Lago Helene 161
- Concreto projetado por via seca: controle da qualidade do produto
Luiz Roberto Prudêncio Júnior e Paulo Roberto do Lago Helene 175

Qualificando o desempenho de equipes de concreto projetado e seus equipamentos	
Carlos Eduardo de Siqueira Tango.....	189
Controle da qualidade de peças pré-moldadas de concreto: inspeção	
Minos Trocoli de Azevedo, Antônio Sergio Ramos da Silva e Antônio Freitas da Silva Filho.....	203
O uso de ferramentas estatísticas para o controle de qualidade do concreto celular	
André Luiz Guerreiro da Cruz.....	211
Controle tecnológico de fissuras em habitação em concreto celular com espuma pré-formada	
André Luiz Guerreiro da Cruz, Carlos Alberto Guerreiro da Cruz e João Vicente Viana Longo.....	219
Gestão concreto - sistema computarizado de gestão de instrumentação de barragens de concreto	
Gilson Machado de Luz e Sérgio Lemos de Lune.....	231
Controle da qualidade do ccr usado na usina hidrelétrica Porto Primavera	
Edvaldo Fábio Carneiro, João Tarallo Junior, Waldomiro Almeida Junior, Luiz Prado Vieira Junior e Nelson Takashi Onuma.....	245
Ensaio triaxial em testemunhos de concreto compactado a rolo	
Eduardo de Aquino Gambale, João Luiz Armelin, José Tomaz França Fontoura e Welton Pacelli de Andrade.....	257
Controle pontual de consumo de cimento	
André Luiz Guerreiro da Cruz.....	269
Evolução do controle de qualidade do concreto	
José Dafico Alves.....	277
Estatística aplicada às centrais de concreto	
Jorge Luiz Christofolli.....	289
Aplicação de concreto compactado a rolo com adições	
João Bosco Moreira do Carmo, José Francisco Farage Nascimento, José Tomas França Fontoura, Márcia Campos dos Santos, Mauricio Antoine Traboulsi.....	309
Importância do controle da densificação das camadas de pavimentos rodoviários de concreto compactado a rolo, na qualidade final do produto	
Glicério Trichés.....	327
Proposição de procedimento de ensaio para determinação do teor de material cimentício em misturas de concreto compactado a rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira de Carvalho, José Edson Furtado de Mendonça, Francisco Souza e Ivaneide Angelo S. Moreira.....	343
Controle de qualidade em obras de argamassa armada	
Marcos Vinicio Costa Agnesini, Laercio Ferreira e Silva e Jefferson B. L. Libório.....	359
Qualidade do concreto - sugestões para melhoria	
Geraldo Moritz Piccoli.....	373
Controle de concreto a estimativa da resistência característica	
Salvador Eugenio Giannusso.....	383

VOLUME II

Dosagem e controle de concreto de elevado desempenho com pozolanas, pelo critério da resistência à penetração de cloretos	
Jeraido Cechella Isaia e Paulo Roberto do Lago Heiene.....	397
Avaliação da qualidade dos concretos de alta resistência através da esclerometria e do ultra-som	
Ivan Ramalho de Almeida.....	411
Uma experiência real do controle de qualidade para concreto de alta resistência, considerações e limitações	
Marcel Olivier Ferreira de Oliveira e Antonio Aguayo de Cee.....	425
Influência da retração plástica	
Minos Trocoli de Azevedo, Antônio Freitas da Silva Filho e Antonio Sergio Ramos da Silva.....	435
Correlação entre as resistências à compressão e a tração na flexão do concreto	
Minos Trocoli de Azevedo, Vicente Mario Visco Mattos, Antonio Freitas da Silva Filho e Antônio Sergio Ramos da Silva.....	451
Controle da qualidade de aduelas pré-moldadas	
Paulo Fernando A. da Silva e Antonio Carlos Pitta.....	457
Resistência do concreto comprimido	
Péricles Brasiliense Fusco.....	467
Aeroporto internacional de Brasília reforma do tps - setor 1	
Allyrio Omodei.....	481
Aeroporto internacional de Brasília projeto estrutural e processos construtivos decorrentes	
Fernando Bomchakier.....	489
Alternativa construtiva para galerias de grande porte com emprego de elementos pré-moldados	
Mounir Khalil El Debs.....	513
Métodos construtivos empregados na construção do túnel do metrô/ DF	
Guilherme de Moura Paiva Pinto.....	517
Controle de qualidade de produção de dormentes pré-moldados com cabos pré-tensionados para o metrô - DF	
Francisco Gladston Holanda e José James Zanetti.....	541
Concreto compactado a rolo - uso de maciços experimentais para otimização da metodologia construtiva	
Julio Cesar Astolphi, Paulo José Ribeiro de Oliveira, Selmo Chapira Kuperman, Nelson Takashi Onuma e Luiz Prado Vieira Junior.....	561
Diretrizes para procedimento de dosagem de concreto compactado à rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho e José Edson Furtado de Mendonça.....	573
Proteção do maciço galgável da barragem de enrocamento da UHE Xingó com concreto compactado à rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho, Alberto Jorge C. T. Cavalcanti, José Edson Furtado de Mendonça e Lucas Suassuna Filho.....	585

"CONTROLE DE QUALIDADE EM OBRAS DE ARGAMASSA ARMADA"

AUTORES: Prof. Dr. Marcos Vintalo Costa Agnésini
Prof. Dr. Laércio Ferreira e Silva
Prof. Dr. Jefferson B. L. Libório

LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP

RESUMO

São abordados, neste trabalho, as principais questões relacionadas à qualidade na produção da argamassa armada, no que tange aos aspectos normativos e às experiências acumuladas desta tecnologia, conforme a itemização abaixo:

Especificações para os materiais componentes da argamassa armada: cimento Portland - tipos utilizáveis; agregado miúdo - condições de utilização; água de amassamento; aditivos e adições; propriedades da argamassa - consistência/trabalhabilidade, resistência mecânica, massa específica, absorção de água e permeabilidade; armaduras - difusa e disposta.

Especificações para o sistema produtivo: fôrmas; armaduras; argamassagem - dosagem, preparo, transporte, lançamento, adensamento, cura e desforma; manuseio, armazenamento e transporte das peças pre-moldadas; proteção, barreiras e teraplas.

Controle de qualidade e inspeção: materiais e dosagem; produção; produto acabado. Controle de aceitação: principais prescrições de projeto, execução e controle de qualidade. Normas aplicáveis no controle - procedimentos, especificações, classificações e métodos de ensaio da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT; principais normas estrangeiras.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia da argamassa armada atualmente empregada no Brasil, encontra-se plenamente desenvolvida, tanto científica como tecnologicamente. Verifica-se que a Engenharia Nacional já dispõe no mercado de trabalhos de centenas de profissionais que se utilizam dessa tecnologia, com o apoio inclusivo de Universidades e Entidades de Pesquisa e

SYSNO 856547
PROD 000023

Desenvolvimento, que estudam este material e esta tecnologia.

Em obras de argamassa armada, é fundamental a execução com controle rigoroso de qualidade, considerando-se a esbeltez de seus componentes e as características projetuais e elas inerentes. Em sua grande maioria, os problemas verificados nessas obras devem-se a um controle inadequado de produção, ao invés de um mal ocorrência da tecnologia em si. As principais falhas no emprego da tecnologia e do material são: inadequação de projeto, especificação incorreta de materiais e equipamentos e erros de execução. Avaliações feitas em obras consolidadas indicaram serem poucos os problemas de concepção e cálculo estrutural. Todavia, há que se tomar cuidados especiais quanto à garantia de uma vida útil compatível.

2. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

2.1 MATERIAIS COMPONENTES DA ARGAMASSA

Conculta-se argamassa para peças de argamassa armada, segundo a ABNT NB-1259, como sendo: mistura homogênea de cimento Portland, agregado miúdo e água, podendo ainda conter adições e aditivos que melhorem suas propriedades.

2.1.1 Cimento Portland: os tipos de cimento utilizáveis em argamassa armada são: cimento Portland comum - CP I e CP I-S, cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V-ARI, cimento Portland de Alto Forno - CP III e cimento Portland Pozolânico - CP IV. Eventualmente poder-se-á empregar os cimentos Portland compostos - CP II. As características destes cimentos deverão satisfazer, respectivamente às seguintes especificações da ABNT: EB-1, EB-2, EB-208, EB-758 e EB-2138. Em obras localizadas em ambientes ou micro-regiões agressivas à argamassa, é fundamental empregar-se cimentos que, além da resistência mecânica adequada, apresentem resistência química compatível. Com este objetivo recomendam-se o emprego de cimento Portland do tipo "RS" - Resistentes a Sulfatos. Segundo a EB 903, são cimentos: a) que possuem teores de C3A do menor e de adições carbonáticas iguais ou inferiores a 8% e 5%, em massa do aglomerante total, respectivamente; b) devem, ainda, ter antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou em obras que

comprovem resistência a sulfatos; c) os Portland de alto-forno que contiverem entre 80% e 70% de escória granulada e os Pozolânicos com 25% a 40% de material pozolânico. Nos dois primeiros casos, o cimento tipo RS deve atender ainda a uma das normas: EB-1 (NBR 5732), EB-2 (NBR 5733), EB-208 (NBR 5735), EB-758 (NBR 5738) e EB-239 (NBR 11.578). No caso de cimento Portland de Alta Resistência Inicial (EB-2), admite-se a adição de escória granulada de alto forno ou de materiais pozolânicos, para os fins específicos da EB-903 (NBR 5737). Quando do emprego de cimentos com pozolanas ou escórias de alto forno, a diminuição da resistência inicial poderá ser compensada através da utilização de aditivos adequados, cura térmica ou aumentando-se o teor de aglomerante na dosagem da argamassa.

2.1.2 Agregado miúdo: admite-se o emprego de areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas. É de fundamental importância, em quaisquer das situações, que este agregado seja submetido inicialmente a uma Apreciação Petrográfica (NB-47). Os agregados devem satisfazer às condições específicas fixadas pela EB-4 (NBR 7211). Todavia, quanto à granulometria (MB-7), recomenda-se o emprego de areia média (zona 3 da EB-4), com teor adequado de finos (peneiras 0,15mm e 0,30mm) da ordem de 50%. Admite-se, como 2.a opção a utilização de areia de granulometria fina (zona 2). Quando do emprego de areias artificiais, deve-se avaliar adequadamente a forma e textura dos grãos. Para tanto recomenda-se que o agregado seja submetido aos ensaios prescritos na norma Inglesa BS-812. Admite-se, ainda, a utilização de agregado grão de Dimensão Máxima Característica - $D_{max} = 9,5$ mm, com teor máximo de 40%, em massa, em relação ao agregado total, ressaltando-se em ambas as situações as seguintes considerações: dimensões de fôrmas, processos produtivos, taxa e distribuição de armadura, bem como, aberturas projetadas e seu distanciamento da fôrma.

2.1.3 Água de amassamento: deverão ser satisfeitas as exigências de potabilidade e seguidas as recomendações da NB-1, no que se refere à limitação de elementos agressivos. Outras normas deverão ser consultadas para avaliação do pH (segundo-

ASTM C494-88; NBR-10908 e NB-949. A aceitação e o armazenamento deverão respeitar a NB-1259.

4.1.5 Telas, barras e fios de aço: para barras e fios de aço, o controle e as condições de aceitação estão prescritos na EB-3; para as telas de aço soldadas emprega-se a EB-585. Para os demais tipos de telas de aço, a aceitação deverá ser feita de acordo com a NB-1259. Quanto ao armazenamento deve-se consultar também a NB-1259.

4.2 PRODUÇÃO

Deverão ser obedecidas as prescrições da NB-1259 para o controle de qualidade e inspeção da produção da argamassa armada.

4.2.1 Fôrmas: as fôrmas deverão passar por controles que garantam: estanqueidade, travamento, reprodução dos elementos projetados (dimensões e tolerâncias), rigidez, ortogonalidade, desmoldagem suave, resistência a ações de vibrações e solicitações na execução, e posição dos furos, insertos, alças de içamento, recortes e saliências.

4.2.2 Armaduras: os materiais que compõem a armadura deverão estar em locais protegidos, e manter-se inalterados, de conformidade com sua aceitação e recebimento. Serão adotados gabaritos para sua confecção. Na verificação das armaduras serão considerados: limpeza e oxidação; dimensão de corte e dobramento; tolerância de acordo com as especificações; tipos, quantidade, dimensões e locações das barras, conforme o projeto; deformações e torções no armazenamento das armaduras prontas e na posição final nas fôrmas.

4.2.3 Argamassas e dosagem experimental: a verificação da dosagem experimental tem por finalidade comprovar se os constituintes estão sendo utilizados nas quantidades especificadas no traço da argamassa. Deverá ser feita frequentemente, pelo menos 1 vez ao dia, e sempre que houver alteração de traço ou modificações das características dos constituintes. No controle da trabalhabilidade e da resistência mecânica aplica-se a NB-1259.

4.3 PRODUTO ACABADO

Para o controle e aceitação do produto acabado, deve-se remeter às seguintes normas: NB-1259 e NB-949. Durante a inspeção devem ser observados os seguintes aspectos: identificação dos elementos; condições de armazenamento; dimensões dos elementos, reortes ou saliências e respectivas tolerâncias; existência de falhas ou defeitos de lançamento ou adensamento da argamassa; presença de fissuras; aparência do produto quanto a rebarbas, cantos quebrados, homogeneidade da cor e textura de superfície, porosidade da argamassa; tolerâncias em relação a distorções, não linearidade, flechas e contra-flechas.

5. CONTROLE DE ACEITAÇÃO

As peças ou obras de argamassa armada são consideradas aceitas se forem atendidas as prescrições de projeto, execução e controle de qualidade dispostos na NB-1259. Em caso de dúvidas de qualquer natureza sobre uma ou mais partes da obra, a aceitação deve ser baseada em experiências anteriores ou ensaios que comprovem a sua eficiência em relação à finalidade de uso. Devem, ainda, ser apilados os dispositivos das normas NB-1 e NB-949, respectivamente para estruturas e pré-moldados, bem como, quando for pertinente, as normas ISO/NB-9001 e ISO/NB-9004.

6. NORMAS APLICADAS

6.1 PROCEDIMENTOS DA ABNT

NB-1 (NB-6118): Projeto e execução de obras de concreto armado; NB-47 (NBR-7389): Apreciação petrográfica de agregados; NB-949 (NBR-9062): Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado; NB-1259 (NBR-11173): Projeto e execução de argamassa armada; ISO/NB-9001: Sistemas de qualidade - modelo para garantia de qualidade em projetos/desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica; ISO/NB-9004: Gestão da qualidade e elementos no sistema da qualidade - diretrizes; NBR-12655: Preparo, controle e recebimento do concreto; NBR-12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto.

6.2 ESPECIFICAÇÕES DA ABNT

EB-1 (NBR-5732): Cimento Portland comum; EB-2 (NBR-5733): Cimento Portland de alta resistência inicial; EB-3 (NBR-7480): Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado; EB-4 (NBR-7211): Agregados para concreto; EB-208 (NBR-5735): Cimento Portland de alto forno; EB-585 (NBR-7481): Telas de aço soldadas para armadura de concreto; EB-758 (NBR-5736): Cimento Portland pozolânico; EB-1783: Aditivos plastificantes (redutores de água) e modificadores de pega para concreto de Cimento Portland; EB-1842: Aditivos superplastificantes para concreto de Cimento Portland; EB-2138 (NBR-11579): Cimento Portland composto.

6.3 MÉTODOS DE ENSAIO DA ABNT

MB-1 (NBR-7215): Cimento Portland - determinação da resistência à compressão; MB-6 (NBR-7216): Amostragem de agregados; MB-7 (NBR-7217): Agregado: determinação da composição granulométrica; MB-508 (NBR-5741): Cimento Portland - extração e preparação de amostras; MB-776 (NBR-5916): Juntas de tela soldada para armadura de concreto - ensaio de resistência ao cisalhamento; MB-2237 (NBR-9251): Água - determinação do pH. - Método Eletrométrico; MB-2240 (NBR-9254): Água - determinação do ácido-carbônico agressivo; MB-2611 (NBR-9778): Argamassas e concreto endurecido - determinação da absorção de água e massa específica; MB-2642 (NBR-9775): Agregado - determinação da umidade superficial em agregado miúdo com o frasco de Chapman; MB-3057 (NBR-10786): Concreto endurecido - determinação do coeficiente de permeabilidade à água; NBR-10908: Aditivos para argamassas e concreto - ensaios de uniformidade.

6.4 CLASSIFICAÇÃO DA ABNT

CB-130 (NBR-8953): Concreto - classificação da resistência à compressão para fins estruturais.

6.5 NORMAS ESTRANGEIRAS

BS-812: Sampling, shape, size and classification - British Standard Institute; ASTM C-494-86 - Standard

specification for chemical admixtures for concrete - American Society for Testing and Materials.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 AGNESINI, M.V.C. Argamassas Hidráulicas Simples de CP-32 e areia natural quartzena destinadas a execução de peças pré-fabricadas de argamassa armada. São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1985. 114 p.

7.2 LIBÓRIO, J.B.L. Estudo patológico das Construções de Argamassa Armada existentes no Brasil. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989 (tese de doutoramento)

7.3 Cimento Portland - Atuais Especificações e suas Aplicações. REVISTA IBRACON, (6): 81-82, Out/nov/dez - 1992

7.4 SILVA, L.F.e Argamassas com microsilica: estudo de consistência e resistência. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 30, Rio de Janeiro, 1988. ANAIS. Rio de Janeiro, IBRACON, 1988. P. 165-176.

7.5 AGNESINI, M.V.C. & LIBÓRIO, J.B.L. A Importância de Análise Histórica na Evolução da Tecnologia da Argamassa Armada. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 34, Curitiba, 1991. ANAIS. São Paulo, IBRACON, 1992. v.1. p. 179-191.