

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

ESTUDO PATOLÓGICO DE
CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA
EXISTENTES NO BRASIL

Autor: Eng^o. JEFFERSON B. L. LIBORIO

Orientador: Prof. Dr. João Bento de Hanai

Comissão Julgadora: Prof. Dr. João Bento de Hanai
Prof. Dr. Vicente Gentil
Prof. Dr. Paulo R. L. Helene
Prof. Dr. Mounir K. El Debs
Prof. Dr. Marcos V. C. Agnesini

Tese de doutoramento apresentada a
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas

SÃO CARLOS
Dezembro de 1989

AGRADECIMENTOS

Expressar toda a gratidão, em poucas palavras, a todos os colaboradores em um trabalho é algo que sempre nos faz sentir plenamente realizado como ser humano.

Sente-se voltar ao consciente todas as etapas que foram vencidas e, aqueles que contribuíram de uma ou outra forma, todas elas igualmente importante, para a realização de uma colaboração a Ciência, não devem ser esquecidos.

Presto uma homenagem especial ao meu orientador, João Bento de Hanai, pela oportunidade de poder integrar o grupo de pesquisadores do Departamento de Estruturas, pelas efetivas contribuições, além de ser um guia na minha formação.

Deixo também gravado alguns nomes, sentindo-me profundamente grato e aos quais dedico o presente trabalho:

Toshiaki Takeya

Yasuko Tezuka

Paulo Roberto do Lago Helene

Vicente Gentil

Argos Menna Barreto

Marcos Vinicius Costa Agnesini

Osny Pellegrino Ferreira

Laércio Ferreira e Silva

Mounir Khalil El Debs

Mayumi Watanabe de Souza Lima

Eugenio Foresti

Ayrton Grill

Antonio Geraldo Chamelette

Adriano Wagner Ballarin

Maria Angela P.C.S. Bortolucci

Paulo Rodrigues

Walter Savassi

João da Gama Filgueiras Lima

INDICE

CAPITULO I

INTRODUÇÃO	1
------------------	---

CAPITULO II

EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DA ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL.	10
---	----

CAPITULO III

TECNOLOGIA DA ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL	16
3.1- PRINCIPAIS CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA	18
3.2- CARACTERISTICAS DAS ARMADURAS EMPREGADAS NA CONFECÇÃO DE ELEMENTOS	20
3.2.1- ARMADURA DIFUSA CONTINUA	20
3.2.1.1- O EMPREGO DE TELAS ENTRELAÇADAS	25
3.2.1.2- O EMPREGO DE TELAS SOLDADAS	27
3.2.1.3- O EMPREGO DE TELAS DE CHAPA DE AÇO EXPANDIDA.	28
3.2.2- ARMADURA DIFUSA DESCONTINUA	34
3.2.3- ARMADURA COMPLEMENTAR COMPOSTA POR TELAS, FIOS E BARRAS DE AÇO	37
3.3- CIMENTOS HIDRAULICOS UTILIZADOS.....	42
3.4- AGREGADOS	47
3.5- AGUA DE AMASSAMENTO	48
3.6- O USO DE ADITIVOS E ADIÇÃO DE MICROSSILICA	55
3.6.1- INCORPORADOR DE AR.....	56
3.6.2- ADITIVOS ACELERADORES.....	58
3.6.3- ADITIVOS REDUTORES DE AGUA/RETARDADORES.....	60
3.6.4- ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.....	61
3.6.5- A ADIÇÃO DE MICROSSILICA.....	65

CAPITULO IV

PRINCIPAIS FORMAS DE DETERIORAÇÃO.....	67
--	----

4.1-	DETERIORAÇÃO SUPERFICIAL DA ARGAMASSA	67
4.2-	CORROSAO BACTERIOLOGICA DA ARGAMASSA	77
4.2.1-	FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A PRODUÇÃO DO GAS SULFIDRICO	80
4.3-	LIXIVIAÇÃO	82
4.4-	RETRAÇÕES DE SECAGEM E QUIMICA	83
4.5-	ATAQUE PELA FULIGEM E FUNGOS	83
4.6-	CONSIDERAÇÕES SOBRE A CORROSAO DA ARMADURA	84
4.6.1-	PRINCIPIOS DA CORROSAO DO AÇO	86
4.6.2-	A INFLUÊNCIA DO pH NA TAXA DE CORROSAO	89
4.6.3-	A INFLUENCIA DE AGENTES AGRESSIVOS	90

CAPITULO V

	OBSERVAÇÃO DE CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA	93
5.1-	RELATORIO DE INSPEÇÃO DA COBERTURA "A"	94
5.1.1-	DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA	94
5.1.1.1-	ELEMENTOS INSPECIONADOS	96
5.1.1.2-	COLETA DE AMOSTRAS	99
5.1.2-	RESULTADOS OBTIDOS COM A INSPEÇÃO REALIZADA ...	100
5.1.2.1-	FISSURAÇÃO	100
5.1.2.2-	RESIDUOS	101
5.1.2.3-	DETERIORAÇÕES	101
5.1.2.3.1-	FACE EXTERNA INFERIOR (FEI)	102
5.1.2.3.2-	FACE INTERNA INFERIOR (FII)	102
5.1.2.3.3-	FACE INTERNA SUPERIOR (FIS)	103
5.1.2.3.4-	FACE EXTERNA SUPERIOR (FES)	104
5.1.2.4-	ANALISE DOS TESTEMUNHOS	105
5.1.2.5-	ANALISES QUIMICAS	107
5.1.2.5.1-	MATERIAL DE DEPOSIÇÃO	107
5.1.2.5.2-	CORPOS DE PROVA	109
5.1.3-	MANUTENÇÃO PREVENTIVA UTILIZADA	111
5.2-	RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "B"	118
5.2.1-	DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA	119

5.2.1.1- O PROJETO E A EXECUÇÃO	120
5.2.2- DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	120
5.3- RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "C"	126
5.3.1- DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA	127
5.3.1.1- ELEMENTOS INSPECIONADOS	128
5.3.2- DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	128
5.3.3- ENSAIOS REALIZADOS	130
5.4- RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "D"	135
5.4.1- DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA	136
5.4.2- DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS	137
5.4.3- ENSAIOS REALIZADOS	139
5.5- RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO DE AGUA ...	144
5.5.1- DESCRIÇÃO DO PROBLEMA OBSERVADO	151
5.5.1.1- COBERTURA	151
5.5.1.2- PAREDE	152
5.5.2- ANALISES REALIZADAS	153
5.6- RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIOS	156
5.6.1- PROBLEMAS OBSERVADOS	156
5.7- RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO ENTERRADO "A", DESTINADO AO ARMAZENAMENTO DE AGUA	162
5.7.1- DEFEITOS OBSERVADOS	163
5.7.2- ENSAIOS REALIZADOS	164
5.8- RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "E"	166
5.9- RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO EN- TERRADO "B"	167
5.9.1- PROBLEMAS OBSERVADOS	168
5.9.1.1- FISSURAÇÃO	168
5.9.1.2- REVESTIMENTO PROTETOR	169
5.9.1.3- DETERIORAÇÃO DA ARGAMASSA ARMADA	169
5.9.1.3.1- COBERTURA	169
5.10- RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "F"	177
5.10.1- PROBLEMAS OBSERVADOS	180
5.11- RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA DO DEPARTA-	

MENTO DE ENGENHARIA MECANICA DA EESC-	
USP	183
5.11.1 - 1ª. FASE - ANOS 1960/1961	183
5.11.2 - 2ª. FASE - ANO DE 1968	185
5.11.3- PROBLEMAS OBSERVADOS	186
5.11.3.1- COBERTURA - 1ª. FASE	186
5.11.3.2- COBERTURA - 2ª. FASE	189
5.12- RELATÓRIO DA VISITA TÉCNICA AO CENTRO DE PESQUI-	
SAS DA LAVOURA DO CACAU - CEPLAC	
- ILHEUS - BA	195
5.12.1- PROBLEMAS OBSERVADOS	196
5.13- RELATORIO DAS OBSERVAÇÕES REALIZADAS NAS SEGUIN-	
TES OBRAS DE ARGAMASSA ARMADA: FABRICA	
DE EQUIPAMENTOS COMUNITARIOS - FAEC	
- SALVADOR/BA. ESCADARIAS E CANAIS DE	
DRENAGEM DO VALE DO CAMURUJIPE - SALVA-	
DOR/BA - FABRICA DE ESCOLAS E CENTROS	
COMUNITARIOS E EQUIPAMENTOS URBANOS DO	
RIO DE JANEIRO/RJ (APLICAÇÕES NO GRAN-	
DE RIO DE JANEIRO)	201
5.13.1- FABRICA DE EQUIPAMENTOS COMUNITARIOS - FAEC-	
SALVADOR/BA	201
5.13.1.1- MATERIAIS	202
5.13.1.2 - FORMAS	202
5.13.1.3- SEQUENCIA PRODUTIVA - AVALIAÇÕES	203
5.13.1.3.1- FORMAS	203
5.13.1.3.2- ARMADURA	203
5.13.1.3.3- ARGAMASSAGEM	205
5.13.1.3.4- CURA	206
5.13.1.3.5- DESFORMA	207
5.13.1.3.6- TRATAMENTO DE SUPERFICIE	207
5.13.1.3.7- ESTOCAGEM	208
5.13.1.3.8- LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO	208

5.13.1.3.9- CARCTERISTICAS ESSENCIAIS DOS ELEMENTOS ..	208
5.13.1.4- DOCUMENTAÇÃO FOTOGRAFICA	209
5.13.2- PASSARELA DA AV. PARALELA	217
5.13.3- ESCOLA COMUNITARIA DA BAIXA DA EGEA	222
5.13.4- ESCADARIAS DRENANTES - OGUNJA - ENGENHO VELHO DE BROTAS - SALVADOR/BA	224
5.13.5- ESCADARIAS, CANAIS DRENANTES, GALERIAS E MUROS DE ARRIMO DE CALABAR - SALVADOR/BA	227
5.13.6- FABRICA DE ESCOLAS E CENTROS COMUNITARIOS -RIO DE JANEIRO/RJ	230
5.13.7- CENTRO DE ABRIGO DO MENOR - CATETE -RIO DE JA- NEIRO/RJ	230
5.13.8- COLEGIO DO VIDIGAL - AV. NIEMEYER - RIO DE JA- NEIRO/RJ	231
5.13.9- SUB-PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO -ILHA DO GO- VERNADOR - RIO DE JANEIRO/RJ	231
5.13.10- CASA COMUNITARIA - SÃO JOÃO DO MERITI/RJ	231
5.13.11- CANAIS DRENANTES - SÃO JOÃO DO MERITI/RJ	232

CAPITULO VI

PROJETO, EXECUÇÃO E USO DE CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA: UM ENFOQUE TECNOPATOLOGICO	233
6.1- CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	233
6.2- CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DA ARMADURA	241
6.2.1- O DOBRAMENTO DA ARMADURA E SEU POSICIONAMENTO .	241
6.3- COMENTARIOS SOBRE AS TÉCNICAS EMPREGADAS NA CON- FEÇÃO DE ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA	253
6.3.1- EXECUÇÃO COM FORMAS PARCIAIS	255
6.3.2- EXECUÇÃO COM DUPLA FORMA METALICA	258
6.4- OUTRAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DA ARGAMAS- SA ARMADA	260
6.5- A CURA DE ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA	265
6.6- CONSIDERAÇÕES SOBRE A COMPACIDADE DA ARGAMASSA ..	269

6.7- A INFLUENCIA DO USO DE ADITIVO A BASE DE CLORETOS NAS CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA	272
6.8- CONSIDERAÇÕES SOBRE A AGRESSIVIDADE DO MEIO	274
6.9- CONSIDERAÇÕES SOBRE PROTEÇÕES SUPERFICIAIS	276
6.10- CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARGAMASSA ARMADA.....	276
CAPITULO VII	
RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E EXECUÇÃO	278
7.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS	278
7.2- A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMA- DA	280
7.3- RECOMENDAÇÕES	282
CAPITULO VIII	
CONCLUSÕES	294
CAPITULO IX	
BIBLIOGRAFIA	299

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

O presente trabalho de pesquisa teve sua origem em 1984, a partir de uma série de trabalhos e reuniões de um grupo de pesquisadores, que formam o Grupo São Carlos, interessados na disseminação da Tecnologia da Argamassa Armada, como mais uma opção tecnológica à disposição de engenheiros, arquitetos e construtores de uma maneira geral.

O Grupo São Carlos, consolidado como grupo de pesquisa na última década, fundamentou-se numa série de estudos desenvolvidos de modo esparso desde 1960, e traçou uma estratégia geral com o intuito de disseminar a tecnologia, ainda emergente, procurando despertar nas diversas linhas de pensamento das comunidades científica e profissional da Engenharia e Arquitetura a preocupação de absorver e racionalizar a tecnologia da argamassa armada.

Ainda na década de 1970, poucos eram os interessados, pode-se dizer, em enfrentar todas as dificuldades normais em tornar apta a difusão e principalmente no estabelecimento de diretrizes que permitissem atribuir uma "maioridade" à tecnologia, frente às tecnologias já consagradas.

Recorrendo-se à História verifica-se que a elaboração de uma pedra artificial dotada de uma armadura de reforço de aço, composta por um aglomerante hidráulico e agregados, data de meados do século passado, em torno de 1848, com o trabalho feito por Jean-Louis Lambot, portanto há apenas 141 anos e, ainda hoje, os problemas são muitos.

O sonho de todo pesquisador e usuário de uma tecnologia sempre foi o de utilizar-se de um material homogêneo, isotrópico, moldável estruturalmente, barato, de grandes possibilidades de disseminação e principalmente durável.

A partir de 1848 (ou 1847 ou 1850 em outras citações) o sucesso de um novo material, o concreto armado, foi divulgado e aceito pelas grandes possibilidades de alternativas tecnológicas, frente ao conhecido e utilizado até então.

As dificuldades provavelmente surgidas na obtenção de uma armadura contínua tecida manualmente e a busca do material homogêneo criaram também outras linhas de pesquisas, optando-se pelas armaduras descontínuas que produzissem efeito, ao menos análogo.

Surgiram então os "concretos armados com fibras" e as "argamassas armadas com fibras", que seriam os materiais concreto e argamassa estrutural reforçadas com fibras descontínuas metálicas.

A procura desse novo material deu origem a diversas propostas, algumas patenteadas: BERARD (1874), WEAKLY (1912), ALFSEN (1918), KLEINLOGEL (1920), MEISCHKE-SMITH (1927), MARTIN (1927), ETHERIDGE (1933), CONSTANTINESCO (1943, 1954 e 1960).

NERVI (1943) volta a utilizar as fibras contínuas nas suas experiências, no material que foi por ele denominado "ferrocimento".

Seguiram-se posteriormente uma série de aplicações pelo mundo (outros detalhes dessas aplicações podem ser encontradas nos trabalhos de HANAI - 1981 e 1987).

No Brasil, essa tecnologia teve sua primeira aplicação em 1960, em São Carlos-SP, data em que foi realizada a primeira obra reconhecidamente de argamassa armada, como empreendimento pioneiro no campo da construção civil.

No início da década de 1950, Pier Luigi Nervi realiza uma série de palestras no Brasil, a convite de Pietro Maria Bardi, diretor do Museu de Arte de São Paulo.

Um dos participantes das palestras foi Dante Angelo Osvaldo Martinelli que, empolgado com os trabalhos de NERVI, culminou em semear o "ferrocimento" na Escola de Engenharia de São Carlos, da

USP, que daria origem às primeiras experiências no Brasil.

Outros nomes não podem ser esquecidos, como o do Prof. Frederico Schiel, responsável pela produção inicial e adequação à industrialização; introdutor da técnica da dobradura na produção de elementos de argamassa armada, onde o referido pesquisador primava pelas possibilidades extremamente simples aliadas à qualidade, conjuntamente com o Arqº. FILGUEIRAS LIMA quando, este último, já a partir de 1962, ensaiava algumas aplicações a nível de industrialização, em Brasília-DF, levada a cabo, com sucesso, a partir da década de 1970. Cite-se também as participações de PETRONI e MONTANARI, contribuintes desse desenvolvimento tecnológico.

A partir de 1980 surgem as técnicas artesanais no nordeste brasileiro com o Prof. DIÓGENES, adequando a matéria prima lá existente à tecnologia que, o referido professor, chama de ferrocimento.

Na década de 1980, a tecnologia começou a sofrer grande impulsão, através de estudos racionais e sistemáticos, levados a efeito pelo Prof. HANAI, com grande divulgação técnica, onde várias pesquisas se originaram, a partir de seu trabalho "Construções de Argamassa Armada: Situação, Perspectivas e Pesquisas", surgindo dessa linha o presente trabalho.

Em paralelo, o Arqº. FILGUEIRAS LIMA também impulsionava de forma brilhante a tecnologia, através da aplicações de técnicas de pré-fabricação, nas cidades do Rio de Janeiro, Brasília e Salvador, culminando com a instalação de grandes indústrias, com capacidade de produção de até 600 m²/dia de construções escolares.

* * *

A Patologia interpretada como Ciência começa a se desenvolver no Brasil a partir de 1970 com a ruína de grandes estruturas como o Pavilhão de Exposições da Gameleira, em Belo Horizonte em 4.2.71 e o Viaduto "Paulo de Frontin" no Rio de

Janeiro em 20.11.71.

Também, como referencial marcante, realiza-se no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro um ciclo de palestras sob o título "Patologia das Estruturas" quando, dentre outros, registrou-se a participação de PETRUCCI, BASÍLIO, REIS, AMORA PINTO e VANCONCELOS.

A comunidade profissional da Construção Civil é atingida e começa a se interessar pela ciência Patologia, que a partir da década de 1980 alcança expressão nacional.

Em meados dessa década os pesquisadores da argamassa armada sentem a necessidade de reavaliar a tecnologia em vista de uma série de problemas que se observavam nas construções até então existentes.

Dentre todas as características de desempenho da argamassa armada, a durabilidade das construções é um fator seriamente condicionante de todo o desempenho global, que deve ser estudado prioritariamente.

Não há notícias de estudos prévios mais intensivos sobre o assunto, embora existam conhecimentos sobre os principais fatores influentes, decorrentes de pesquisas sobre concreto armado e protendido.

Dos trabalhos em andamento, sabe-se que o Comitê Técnico 48-FC da RILEM, realiza um trabalho de compilação de dados sobre durabilidade das construções de argamassa armada ("Survey on Ferrocement: Durability and Maintenance"). Na bibliografia internacional, encontram-se referências esparsas sobre o assunto, em grande parte relativas a experiências profissionais e indicações de cuidados a serem tomados na definição de materiais e de técnicas produtivas, a grosso modo.

Essa compilação feita pela RILEM, traz informações que foram geradas em diferentes partes do mundo: Itália, URSS, Índia, Polônia, China, Nova Zelândia, Tailândia, Austrália e Brasil.

As informações técnicas e gerais apresentadas pelo Comitê

48-FC demonstram que as construções e projetos alternativos sugeridos em argamassa armada não se restringem apenas a pequenos elementos pré-moldados, construções de casas de baixo custo e aplicações rurais, mas também a aplicações técnicas altamente especializadas como as construções de embarcações e estruturas de formas complexas.

Conforme relatado no boletim da RILEM, a durabilidade do "ferrocement" tem sido muito boa, particularmente onde os elementos têm sido executados e de acordo com os requerimentos apresentados em projeto e corretamente utilizados.

Outro aspecto importante realçado pela RILEM, diz respeito à facilidade e baixo custo da manutenção das estruturas de argamassa armada.

Com efeito, em primeira análise do problema da durabilidade, percebe-se que a questão crucial se refere à corrosão da armadura, em virtude da pequena espessura das peças e dos cobrimentos. Outros processos físicos e físico-químicos de deterioração, como desgaste superficial, desgaste de profundidade (lixiviação), difusibilidade de ions, formação de compostos deteriorantes e, ainda outros, provocados por variações de temperatura, fogo e agentes biológicos, devem ser também estudados, tendo em vista o panorama geral de aplicações da argamassa armada.

Nesse contexto amplo e pouco conhecido, torna-se premente o estudo da influência dos agentes mecânicos e físico-químicos na durabilidade das construções de argamassa armada, para que, juntamente com a análise das demais características de desempenho, e outras avaliações, seja possível o estabelecimento de critérios adequados à elaboração de um bom projeto.

Entretanto, parece ainda prematura a partição do problema global para realização de estudos específicos sobre cada um dos fatores influentes. Antes disso, devem ser analisadas e equacionadas as questões relativas à durabilidade, procurando-se,

ainda que de forma abrangente, os fatores básicos e simplistas determinantes e influentes na disseminação da tecnologia, explorando o enorme potencial de informações contidas nas construções de argamassa armada existentes no Brasil, algumas delas com quase 30 anos de uso.

Assim, o presente projeto de pesquisa avança pelos estudos das técnicas, da tecnologia e da patologia de construções existentes no Brasil, com destaque à segurança estrutural e à corrosão das armaduras, buscando diagnosticar o estado atual dessas obras e as causas mais frequentes de deterioração.

* * *

As informações sobre o estado das obras de argamassa armada ainda se encontram esparsas, não havendo cadastro de dados mais precisos sobre projeto, condições de execução e estado atual. Contudo, desde 1981, têm sido envidados esforços no sentido de se reunir esses dados, que estão sendo concentrados numa base de informações, juntamente com outras informações de caráter distinto.

Pode-se dizer que até 1980, poucas obras foram realizadas sem o acompanhamento técnico mais próximo por parte de pesquisadores de São Carlos. A partir desse ano, obras de certo vulto, com relação ao porte das estruturas ou à dimensão dos investimentos financeiros, foram construídas principalmente em Salvador, Rio de Janeiro, Florianópolis e mais recentemente em Brasília.

A tendência atual é que haja proliferação de experiências e aumento do volume de obras, principalmente nas áreas de equipamentos urbanos de pequeno e médio porte (escolas, creches, centros de saúde, etc.), de infraestrutura urbana (galerias, canais, pontilhões, estruturas de contenção, etc.), habitações e/ou componentes de habitações, reservatórios, etc, como decorrência de bons resultados econômicos obtidos por meio de soluções alternativas em argamassa armada, além do

proporcionamento de acesso, com baixo investimento, à tecnologia, as quais têm demonstrado grande versatilidade e adaptabilidade às condições sócio-econômicas brasileiras.

Isso torna ainda mais importante o estabelecimento de um conjunto de recomendações técnicas básicas relativas à durabilidade, relacionadas com o dimensionamento estrutural, sistemas de proteção, execução e manutenção, para o estabelecimento de um desempenho mínimo no decorrer da vida útil pré-estabelecida, tarefas essas que podem ser iniciadas a partir da elaboração de um quadro de referências contendo informações mais precisas sobre as construções existentes.

* * *

Dessa forma, os principais objetivos se traduzem em:

- pesquisar informações e dar início a um banco de dados sobre o maior número possível de construções de argamassa armada existentes no Brasil;

- realizar observações experimentais sobre um conjunto de obras previamente selecionadas, diagnosticando em cada uma delas o desempenho do material e das estruturas, e suas correlações com as variáveis ambientais, de projeto, de execução e de manutenção, na medida do possível por meio de critérios quantitativos;

- elaborar um conjunto de recomendações para projeto, execução e manutenção de construções de argamassa armada, tendo em vista a necessidade de atendimento dos requisitos de desempenho mínimo;

- delinear projetos de pesquisa a serem posteriormente executados para melhor definição e ampliação do quadro de referências sobre durabilidade das construções de argamassa armada.

Por outro lado pode-se considerar que no Brasil já se tem um acervo razoável de aplicações da argamassa armada, permitindo-se assim que se façam algumas análises que virão contribuir cientificamente e decisivamente para a consolidação da argamassa

armada no Brasil.

* * *

Como já se salientou, o assunto é importante e prioritário, principalmente tendo em vista a existência de construções seriamente deterioradas no Brasil.

O Grupo São Carlos, como agrupamento de pesquisa da área, atuando às vezes como projetista e executor de obras, deve assumir a responsabilidade de cumprir um programa de observação sistemática de construções existentes.

Essa proposição vem de encontro ao trabalho realizado pelo Comitê 48-FC da RILEM, tornando-se assim também importante a incorporação dos resultados obtidos ao conhecimento internacional.

Certas dúvidas que pairam sobre a durabilidade das construções de argamassa armada, de alguma forma comprometem o pleno desenvolvimento tecnológico do material, sobretudo quando enganos ou deficiências de projeto, execução e manutenção levam a resultados desastrosos.

No âmbito da disseminação tecnológica há que se considerar também o pioneirismo de pesquisadores, projetistas, tecnologistas e construtores, verdadeiros bandeirantes das ciências.

O trabalho de reflexão e de observação experimental crítica que aqui se propõe, e que transcenderá o presente trabalho nas suas formas segmentárias, deverá fornecer um amplo desenvolvimento tecnológico, principalmente com o crescente envolvimento de outros pesquisadores, na análise de parâmetros que delimitarão de maneira mais segura a realização de obras e de outras experiências inovadoras, resultando ao término do presente projeto de pesquisa num primeiro conjunto de informações objetivas sobre a tecnologia e a durabilidade das construções existentes no Brasil.

Assim, a possibilidade de se poder criticar a tecnologia da argamassa armada, em toda sua nudez, em um trabalho que visa

contribuir para o seu pleno desenvolvimento, torna-se fundamental.

Cabe citar também, que essa nudez muitas vezes é incompreendida por todos os envolvidos visto que é aqui que é atingido todo o âmago da questão: é exequível, durável, é uma tecnologia alternativa, etc?

As notícias sobre os procedimentos técnicos adotados em projeto e na produção da argamassa armada até o presente momento têm revelado que inexistiu uma regra que permita elaborar uma padronização tecnológica.

Surge então, a necessidade de sua normalização para projeto e execução da argamassa armada.

No Brasil instala-se então a Comissão de Estudos CE 18:05.14-001, da Associação Brasileira de Normas Técnicas quando, presentemente, no encerramento desse trabalho, foi votada e aprovada a norma de procedimentos de projeto e execução. No capítulo VI far-se-á alguns comentários a respeito da tecnologia que certamente irá complementar aquela normalização.

De outra forma, uma série de aplicações feitas no Brasil seguiram as orientações da norma SN 366/77 (soviética) e do manual ACI-549 (americano).

CAPITULO II

EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DA ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL

Para se compreender o atual estágio de desenvolvimento da tecnologia da argamassa armada no Brasil, e os problemas atualmente observáveis, é necessário que se façam algumas análises preliminares.

Primeiramente há que se considerar a importação parcial da tecnologia. As idéias oriundas da Itália, no final da década de 1950 e da União Soviética no início dos anos de 1960, vieram com uma série de dúvidas sobre o comportamento do material.

As virtudes de uma tecnologia são mais facilmente evidenciáveis que os defeitos e, quando os defeitos são transparecidos, pouco se tem falado sobre as causas que levaram à sua ocorrência, de uma maneira mais efetiva, ou mesmo, em que condições.

Há que se ressaltar que mesmo nesses países o conhecimento dos defeitos era precário, um fato que de certa forma até hoje perdura.

O "ferro-cimento" praticado por Nervi (HANAI-1981 e 1987) era formado pelo material argamassa mais armadura de reforço, onde se utilizavam doses de cimento de até 1000 kg/m³ e uma certa quantidade de armadura de reforço finamente subdividida que alcançava até 500 kg/m³.

Nas primeiras pesquisas brasileiras, pensou-se então, inicialmente, em uma redução do quantitativo desses materiais para valores, respectivamente ao cimento e aço, de 700 kg/m³ e 250 kg/m³.

MARTINELLI E SCHIEL já se preocupavam então com outros fatores (embora se dispusesse de poucas informações técnicas naquela época) como a necessidade de um baixo consumo de água ($a/c < 0,35$) e a manutenção de um mínimo teor de cimento, mas que

proporcionasse uma quantidade mínima de pasta que garantisse uma passivação de uma grande superfície exposta de aço.

E digno de se realçar e registrar a epopéia que aquela primeira geração de investigadores enfrentaram.

A EESC-USP tinha apenas a idade de 7 anos e é de se pensar que muitos dos laboratórios eram apenas embrionários. Os equipamentos disponíveis em uma situação como essa, não eram muitos.

E de se imaginar então qual seria o contingente disponível de pessoas dispostas em discutir e aprender, em tornar realidade uma nova tecnologia, com técnicas por desenvolver e resultados por esperar. Havia também a necessidade de desenvolvimento de outros importantes setores, como por exemplo o da construção pesada (barragens, obras-de-arte, etc.).

A primeira indagação que hoje se faz é como realizar aquela argamassa com trabalhabilidade adequada, com relação água/cimento de 0,35?

Das anotações encontradas percebe-se que a especificação para doses em massa entre cimento e areia era 1:2 onde se salientava que a areia utilizada apresentava uma granulometria que permitia classificá-la como grossa.

Quem teve oportunidade de tomar contato com a "areia grossa" do passado, encontrada na região de São Carlos, saberá que ela apresentava uma graduação que permitia a adoção de uma relação água/cimento da ordem de 0,35.

Da manipulação desse material, na atualidade, percebe-se que ao se compor os agregados com o agregado graúdo britado na faixa de diâmetros compreendidos entre 4,8mm e 6,3mm ou, considerando uma parte de agregados entre 4,8mm e 9,6mm, consegue-se uma grande diminuição na relação água/cimento.

Se fixada a trabalhabilidade da argamassa, através de um índice de consistência, necessário para a produção de elementos de argamassa armada segundo a técnica com que eram produzidos,

graduando-se melhor os agregados, se verá que a relação água/cimento de 0,35 é possível de se atingir para as aplicações específicas.

A adoção de fôrmas rígidas na época, também foi acertada, onde se eliminou o problema das dilatações e contrações diferenciais.

O processo de cura adotado também foi realizado a contento.

Resta então o grande problema, presente até hoje: a armadura de reforço!

A armadura de reforço utilizada era composta por fios de aço com arame recozido, entrelaçados, extremamente flexíveis e que era aplicada, sem espaçadores, em superfícies planas. Aliás a técnica da dobradura originou-se em vista também das dificuldades da manutenção de cobrimentos adequados.

Fez-se o uso de aditivos na época: hidrofugantes e aceleradores (CaCl_2), esse último desconhecido naquela data no que diz respeito aos seus efeitos colaterais, aliás discutíveis até hoje quanto ao teor máximo incorporado.

A falta de espaçadores é um problema sentido até hoje, apesar de se ter procurado controlar de outras formas o cobrimento da armadura, na época admitidos na faixa de 3 a 4mm, difíceis de serem controlados, na prática, diante de uma armadura pouco rígida.

As poucas aplicações da época, de películas protetoras adicionais, também faltaram ao desenvolvimento da tecnologia.

Os equipamentos utilizados no adensamento da argamassa eram, quase sempre, improvisados.

Com todas essas dificuldades deu-se o pioneirismo e, os seguidores foram poucos, ou quando existiram, pouco acrescentaram.

Essa situação permaneceu até o início de 1980 quando se iniciou um maior número de pesquisas e conseguiu-se disseminar a tecnologia permitindo avanços nas aplicações e a troca de

informações a respeito das experiências realizadas.

Mesmo assim, é preciso avaliar-se com cuidado algumas tendências com as evoluções dos sistemas produtivos introduzidos que, em alguns casos, não têm significado evoluções científicas.

Em 1966 surgem os primeiros elementos de grande porte: cobertura tronco-piramidal invertida, no Centro de Pesquisa da Lavoura do Cacau - CEPLAC, em Ilhéus-BA, com dimensões padronizadas de 8m x 8m, no trabalho pioneiro de RIBEIRO LIMA/MARTINELLI, havendo aqui a introdução da armadura soldada.

No final da década de 1970, o Arqº. FILGUEIRAS LIMA, conjuntamente com SCHIEL introduzem finalmente a pré-moldagem em larga escala. É mais um grande passo para a elaboração de uma tecnologia brasileira, adaptada às condições do país. Há o advento do grande laboratório!

Surgem então as duplas fôrmas metálicas e a utilização, quase que exclusivamente, da armadura composta por telas soldadas.

Os cobrimentos teóricos passaram a atingir 5 a 6 mm e, paralelamente, desenvolveram-se espaçadores que circundando as armaduras, confinadas em fôrmas em ambas as faces, permitiram controles mais adequados do cobrimento.

Porém, surgiu a necessidade da utilização de relações água/cimento maiores, atingindo em alguns casos, valores de 0,48, diante das técnicas então utilizadas por FILGUEIRAS LIMA.

O adensamento da argamassa, nessa técnica de produção, era feita através de mesas e cavaletes vibratórios.

A cura já se fazia por imersão logo após o instante da aplicação da argamassa nas fôrmas e seu adensamento.

Paralelamente a esse advento, porém já na década de 1980, dá-se a pré-moldagem de elementos de grandes dimensões, com a utilização de fôrmas unilaterais, recorde, talvez, mundial, em elementos monobloco. Experimentava-se, pela primeira vez no Brasil, a aplicação da argamassa por projeção, introduzindo-se

assim mais uma inovação na forma produtiva (ACACIO - 1981).

Em outras aplicações, utilizando-se as fôrmas de alvenaria, produziram-se diversos reservatórios ao nível do solo. Utilizou-se nesses casos, armadura composta por telas soldadas e entrelaçadas, essas últimas galvanizadas (tipo "pinteiro"). Outro fato importante é que no Brasil, já na década de 1980, surgem linhas de pesquisas em outros centros e a tecnologia começa a ser pensada, discutida profundamente, avaliando-se suas virtudes e defeitos.

No Brasil, reconhece-se de modo cada vez mais amplo a importância de estudos patológicos das construções.

Após o "milagre brasileiro" da década de 1970, começam a surgir os primeiros problemas importantes de natureza patológica.

Os técnicos descobrem que aliado a um acréscimo na velocidade produtiva, os mecanismos controladores produtivos já não eram suficientes.

Muitas obras originadas dentro da classe dos concretos estruturais começam a deteriorar-se facilmente. Há uma mudança nas linhas de pensamento nas universidades e laboratórios. Surgem os primeiros trabalhos de análise das tecnologias no Brasil.

A partir de 1980 aparecem as primeiras publicações destinadas ao grande público.

Não é objetivo do presente trabalho prolongar-se no assunto mas, seguramente, um estudo histórico mais aprofundado sobre a questão traria benefícios para a compreensão desse estado de coisas, embora já no estudo das causas ele se faça prementemente necessário.

Hoje se vive o aprendizado de novas técnicas, facilitado pela troca mais intensa de informações e se prevê para a próxima década uma retomada do aprimoramento técnico, tanto a nível das abstrações quanto na condução das tecnologias emergentes.

Nos capítulos seguintes se tentará expor, ao máximo, os defeitos observados no passado e no presente com o intuito de

colaborar com o desenvolvimento da tecnologia da argamassa armada. Pretende-se mais abrir questões do que propriamente resolvê-las.

CAPITULO III

TECNOLOGIA DA ARGAMASSA ARMADA NO BRASIL

A argamassa armada tem sido "compreendida" de duas formas: por vezes idêntica ao concreto armado e, de outra forma, como realmente um material diferente.

O tratamento tem sido dado, em algumas ocasiões, como a um caso particular de concreto armado, sem agregados graúdos e com uma armadura difusa.

Tem-se notícias que em outras épocas foi considerado também como um material homogêneo.

Obviamente, se a argamassa armada for vista sob a ótica do concreto armado, pode-se dizer que não há novidades na tecnologia e sim ajustes necessários ao tratamento de um "concreto armado" com as peculiaridades com que é apresentado.

Há que se considerar também as definições clássicas do material concreto armado, como sendo o material concreto dotado de uma armadura de reforço e ainda, o concreto como constituído por uma argamassa composta de pasta e agregado miúdo, onde é adicionado agregado graúdo.

BUCHER (1986), cita a convenção de se classificar, no que diz respeito à "dimensão dos grãos de maior tamanho" - D (mm), como a seguir:

$d < 0,15\text{mm}$	- filler ou pó mineral
$0,15\text{mm} < d < 4,8 \text{ mm}$	- agregado miúdo
$4,8 \text{ mm} < d < 6,3 \text{ mm}$	- agregado graúdo
$d > 6,3 \text{ mm}$	- agregado ciclópico

O material constituído por argamassa associado com uma armadura difusa disposta, foi batizado no Brasil, de argamassa armada, classificada porém como um tipo particular de concreto

armado.

O ACI, pelo relatório do Comitê 549 (revisão 1987), define "ferrocement" como um termo utilizado na descrição de uma forma de concreto armado que difere do concreto armado e protendido convencional primariamente pela maneira que os elementos que compõem a armadura são arrançados e dispersos.

O Comitê 549 não faz especificações para a granulometria dos agregados.

Atualmente tem-se empregado agregados com $D_{max} = 9,6mm$ e mesmo ainda assim, especifica-se o material como sendo argamassa armada, como se demonstra no Capítulo V.

Há que se considerar que a armadura de reforço frequentemente utilizada é em sua maioria constituída por telas de aço de fios de pequeno diâmetro, de forma difusa, podendo conter, entretanto, como armadura complementar ou construtiva, barras e fios de maior diâmetro.

Essas especificidades, segundo alguns pesquisadores, vêm diferenciar o material do concreto armado. Assim poderia definir-se argamassa armada do seguinte modo:

"Argamassa Armada" é um termo utilizado na descrição de uma forma produtiva de concreto armado que difere da forma usual, primariamente, pelas seguintes especificidades:

- dispersão e arranjo particular da armadura;
- aplicação em elementos de pequena espessura;
- técnicas produtivas peculiares;
- condições específicas de avaliação da durabilidade;
- pequeno cobrimento.

* * *

Vários usuários da tecnologia, no entusiasmo da produção de elementos com as mais variadas formas e aplicações, atingidos pelo "germe" da industrialização da construção civil e seu barateamento, e pela facilidade e diversidade de possibilidades

aplicativas que a tecnologia permite, em alguns casos com produção através de micro-empresas ou até mesmo na forma de prática de "hobby" de baixo custo, não têm observado algumas especificidades dessa tecnologia.

Independentemente da tecnologia a empregar, o usuário tem que ter em mente o seguinte: ao se utilizar de quaisquer materiais ou técnicas para a produção de qualquer elemento, deve tomar conhecimento ao máximo possível dos defeitos e virtudes de seus constituintes e processos para que o produto final atinja os resultados finais esperados.

3.1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA

De acordo com HANAI-1987, um elemento pode ser considerado como atendendo as prerrogativas da argamassa armada quando:

"...a) é de pequena espessura, admitindo-se 40mm como valor convencional superior, com caráter apenas indicativo de ordem de grandeza;

b) é composta de argamassa estrutural de cimento e agregado miúdo e armadura de telas de aço de abertura limitada, distribuída em toda a seção transversal, com a finalidade principal de absorver esforços de tração e propiciar uma configuração de fissuras finas e pouco espaçadas..."

Pode-se dizer que há um consenso no Grupo São Carlos em não haver limitações quanto à taxa de armadura a empregar, devendo as peças serem armadas a tal ponto que garantam um desempenho suficiente para a finalidade com que foi produzida.

Quanto a um limite inferior na espessura tem-se observado aplicações onde se procura a leveza como requisito fundamental e assim projetou-se elementos com até 4mm de espessura; em outras porém, as peculiaridades e tipologias de certos elementos construtivos levaram a espessuras teóricas da ordem de 35 a 40mm,

atingindo-se o limite superior, embora em alguns casos práticos tenha se observado espessuras de 100mm!

É óbvio pensar que nesses elementos, diante da esbeltez com que se apresentam, pequenas espessuras no cobrimento de proteção da armadura são evidenciados, devendo ser assim em alguns casos fundamental a existência de proteção adicional, já prevista no projeto.

A literatura tem reportado consumos de aço e cimento, respectivamente, de até 500 kg e 1000 kg, para a produção de um metro cúbico de argamassa armada (FORTES FILHO), consumos esses que inviabilizariam seu emprego no Brasil, o que levou MARTINELLI e SCHIEL a reduzirem esses limites superiores, respectivamente, a 250 kg e 700 kg; sabe-se, no que diz respeito ao consumo de aço, de aplicações com taxas de até 30 kg/m³ (LOTUFFO - 1988) de argamassa armada.

Quanto ao consumo de cimento, tem sido salientado que 700 kg de cimento por metro cúbico de argamassa não deve ser tratado como consumo necessário para se elaborar essa argamassa e sim esse consumo deverá estar relacionado a outros parâmetros tais como: nível de agressividade a que os elementos estarão expostos, técnicas de execução, etc. Não se pode dizer que esse teor de cimento tem como finalidade proporcionar uma qualidade mínima da argamassa, quando não se faz certos controles: a argamassa armada admite apenas e exclusivamente controle rigoroso de produção, por outro lado, como se verá, pairam dúvidas quanto a esse consumo!

O uso de adições e aditivos, por exemplo, que confirmam características benéficas à argamassa, permitem reduções no consumo de cimento, proporcionando, ainda assim, níveis de proteção adequados a uma grande quantidade de aplicações práticas, bastando apenas um estudo de cada caso.

Quando os elementos produzidos tiverem destinações a locais de pouca agressividade, é perfeitamente possível realizar grandes reduções daquele percentual utilizado nas dosagens.

Estudos paralelos que o autor do presente trabalho vem realizando, têm demonstrado ser possível realizar argamassas que apresentem resistências da ordem de 35 MPa, aos 28 dias, e resistências bem maiores com adições, utilizando-se de doses de cimento portland comum de 350 kg por metro cúbico de argamassa, estabelecendo-se adequações granulométricas, com relações água/cimento baixas, e trabalhabilidades adequadas a uma vasta gama de aplicações encontradas na prática.

De outra forma, visualiza-se que em algumas aplicações e formas produtivas com altos teores de cimento levam a deteriorações mais rápidas.

3.2- CARACTERÍSTICAS DAS ARMADURAS EMPREGADAS NA CONFECCÃO DE ELEMENTOS

As armaduras normalmente empregadas na composição da argamassa armada podem ser apresentadas em três classes:

- armadura difusa contínua, constituída de telas de aço;
- armadura difusa descontínua, constituída de fibras curtas de aço e/ou outros materiais;
- armadura discreta, constituída de fios e barras de aço.

3.2.1- ARMADURA DIFUSA CONTINUA

A análise da armadura difusa contínua é um dos principais aspectos a serem analisados, visto que é o elemento característico de reforço da argamassa e, na maioria dos casos observados, o principal componente da argamassa armada atingido, corroendo-se e constituindo num dos mais sérios problemas da tecnologia.

Essas armaduras são constituídas de fios de pequeno diâmetro e, conforme citado por HANAI(1987), tem como "funções principais resistir aos esforços de tração, limitar a abertura de fissuras

(ou microfissuras, no caso de armaduras mais ou menos densas, subdivididas e distribuídas) e favorecer o surgimento de uma configuração de fissuras pouco espaçadas".

Essa armadura é constituída por telas tecidas de malha quadrada ou retangular com fios entrelaçados, telas dispostas em malhas retangulares e quadradas soldadas, telas tecidas de malha hexagonal, telas de chapa expandida ("Deployé"), esta última com poucas aplicações no Brasil até o presente momento.

A tela soldada é definida, pelo Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), como uma armadura de aço pré-fabricada, formada por fios de alta resistência mecânica, CA-50 e CA-60, soldados entre si em todos os pontos de cruzamento, formando malhas quadradas ou retangulares.

As outras telas, a menos da produzida pela expansão de chapas, não apresentam um controle de produção sistematizado e padronizado, não permitindo assim classificá-las; isso se deve ao fato dessas telas assim produzidas não terem utilização final a construção civil e sim, o fabrico de peneiras, cercas de pequenos animais e outras aplicações de pequena responsabilidade.

Outra particularidade das telas tecidas é que a maioria delas, para facilidade de entrelaçamento e economia no custo de sua produção, os fios são galvanizados antes de seu entrelaçamento e para efeito de aplicações mais frequentes, é de se supor que o controle da qualidade da galvanização não seja compatível com funções de maior responsabilidade na construção civil.

Em algumas obras foram utilizadas essas telas, com e sem galvanização e, nos casos onde ela é pouco solicitada, segundo relatos, tem apresentado bons resultados.

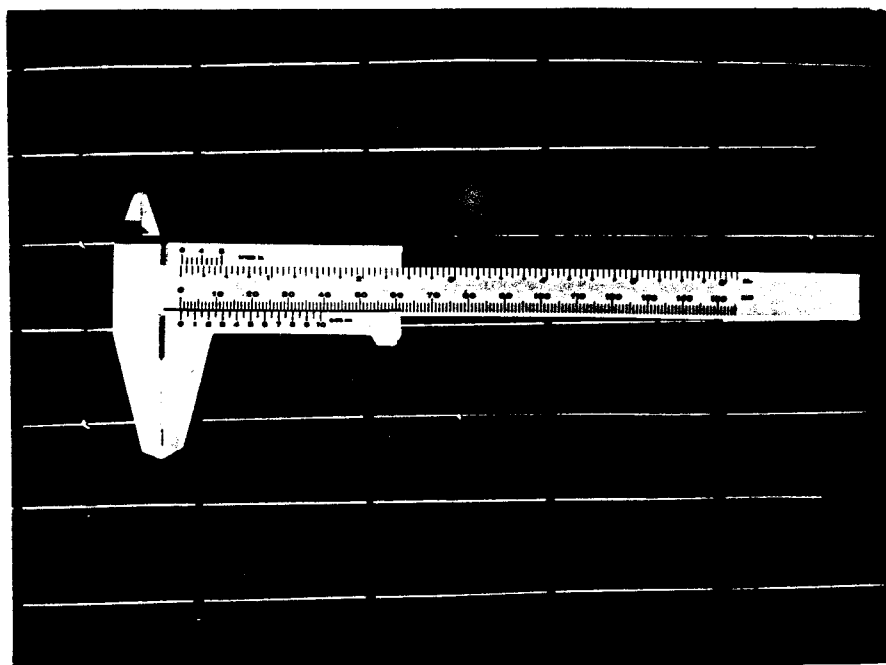
As telas soldadas que têm sido comercializadas são compostas por fios com diâmetros de 1,0 mm ou 1,5 mm ou 2,0 mm ou 2,76 mm ou 3,0 mm e espaçamentos de malhas de 2,5 cm x 5,0 cm ou 5,0 cm x 5,0 cm, embora, haja grande concentração de aplicações das telas

compostas por fios de 2,76 mm e 3,0 mm.

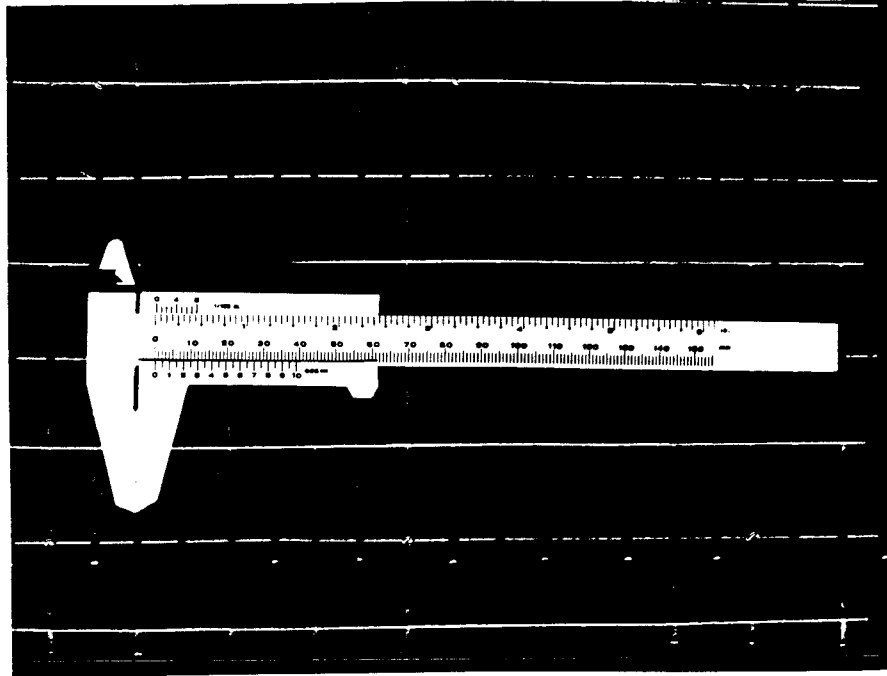
Existem no entanto telas soldadas com fios de outras bitolas, além das mencionadas, perfeitamente utilizáveis, em alguns casos com vantagens, na produção da argamassa armada.

Essas telas são fornecidas em painéis ou bobinas de 0,90x60,00 m² (2,0 mm), 0,90x120 m² (2,0 mm), 1,0 x 25,0 m² (1,0 mm e 1,5 mm), 2,45 x 60,0 m² e 2,45 x 60,0 m², para fios de diâmetro de até 4,2mm, ou painéis com comprimento de 4,20 m e 6,0 m.

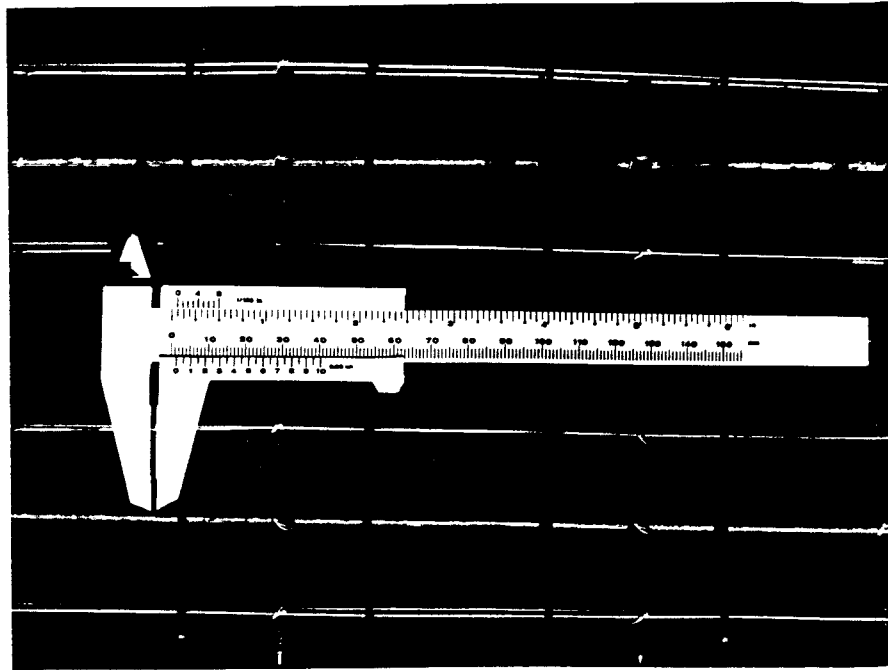
A armadura pode ser composta por várias telas, proporcionando alguns arranjos conforme descrito na documentação fotográfica DF3.1 a DF3.6.



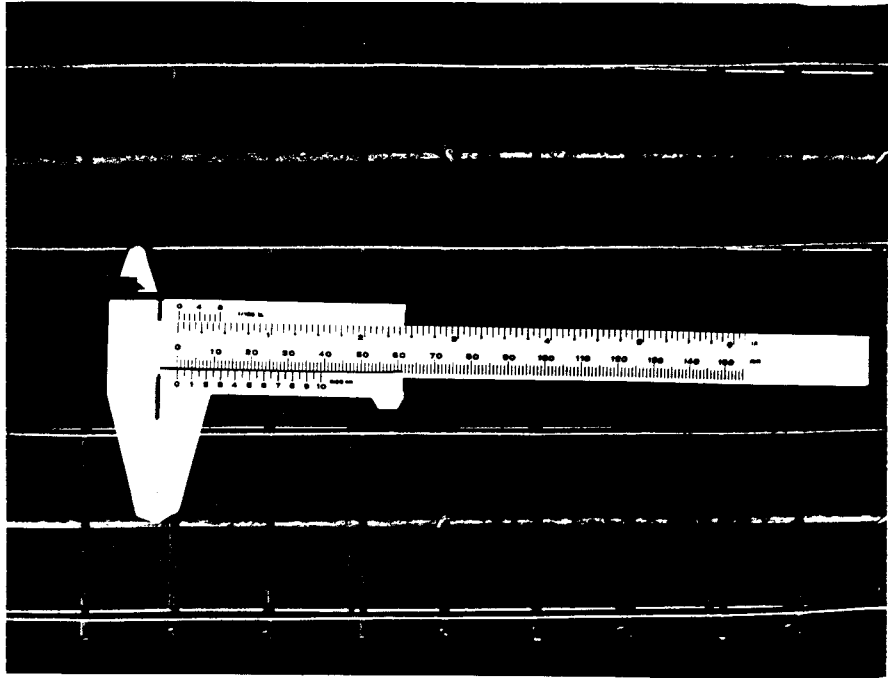
Documento DF3.1



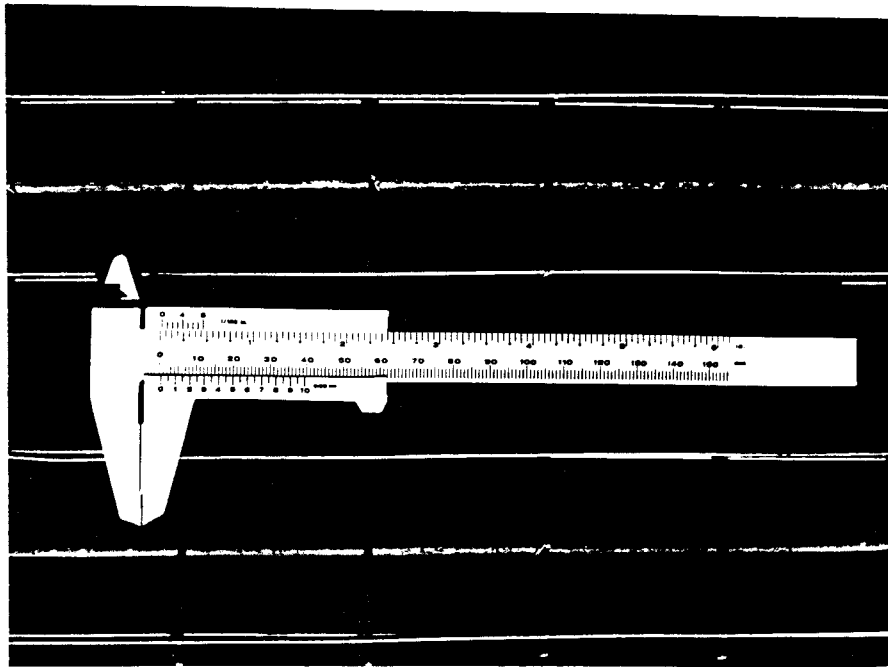
Documento DF3.2



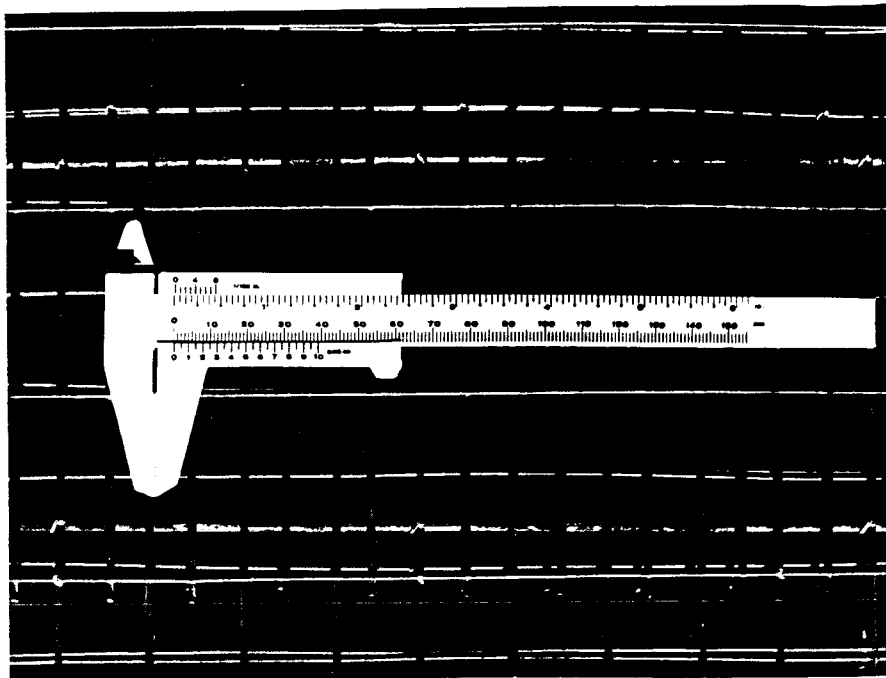
Documento DF3.3



Documento DF3.4



Documento DF3.5



Documento DF3.6

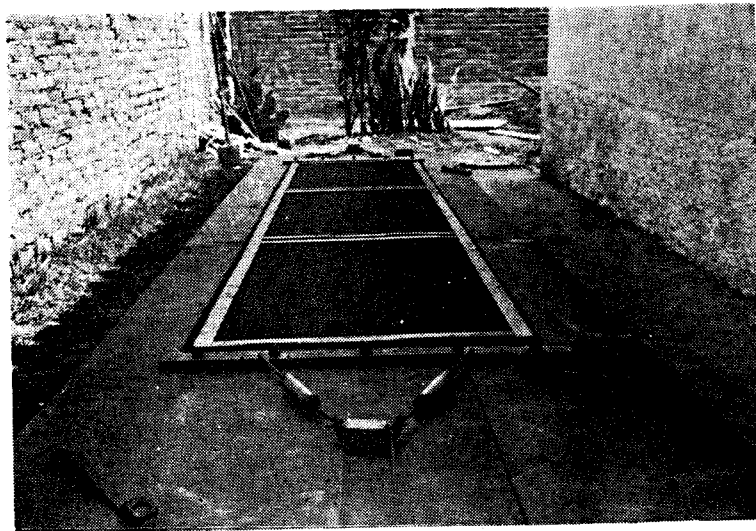
3.2.1.1 - O EMPREGO DE TELAS ENTRELACADAS

As telas entrelaçadas são normalmente de pequena rigidez, com fios de pequeno diâmetro, ($< 1,5\text{mm}$), extremamente maleáveis.

A utilização de espaçadores convencionais, quaisquer que sejam eles, é praticamente impossível ou, em algumas situações, a quantidade necessária a fim de garantir um cobrimento eficiente, inviabiliza sua utilização.

Para a execução de elementos planos, é conveniente a utilização de esticadores, conforme apresentado na documentação fotográfica DF3.7, limitando assim as alternativas de aplicações, ou ainda, utilizando-se da "técnica por dobradura" (que será apresentada posteriormente), onde se elimina o uso de

espaçadores.



Documento DF3.7

Por outro lado, tem sido empregada com sucesso na construção de elementos curvos ou de dupla curvatura, em aplicações em embarcações, cúpulas esféricas, etc, com a finalidade de reduzir a abertura de fissuras e permitir argamassagem entre fios e barras inicialmente posicionados.

Há no entanto que se ressaltar, para que não se tenham outros juízos, que nesses casos normalmente adotam-se proteções adicionais à argamassa armada.

O posicionamento dessas telas é conseguido, revestindo-se uma armadura discreta, rigidamente posicionada. Assim a armadura composta torna-se integralmente rígida. Porém, nesses casos, durante a execução, o controle de cobertura da argamassa deve ser criteriosamente estabelecido.

Em elementos planos, a utilização dessas telas, conjuntamente com outros tipos de armaduras (constituídas por

telas soldadas e fios e barras de aço), quando não confinadas, representam problema, ocorrendo o comprometimento do revestimento. Normalmente essas telas são utilizadas com a única finalidade de reduzir fissuras, ainda que sua utilização não seja racional.

Outra restrição a seu emprego, a ser levado em conta, é o fato do aço constituinte não ser de mesma qualidade dos aços correntemente utilizados na construção civil e ainda por serem galvanizados em sua maioria, com suspeição da qualidade dessa proteção.

Há portanto que se ter em conta a vida útil que se deseje estabelecer e rotinas de manutenção ou ainda revestimentos de proteção adequados.

Há evidências de que peças executadas apenas com essas telas, dentro de normas de execução de alto padrão de elementos de argamassa armada, em peças densamente armadas inclusive, pouco solicitadas, bons resultados têm sido conseguidos.

Atualmente, o custo dessas telas é relativamente elevado, inviabilizando uma série de pequenos projetos, diante de tecnologias alternativas.

Enfim, o que se observa, é que à medida que se utilize telas entrelaçadas e/ou fios de pequeno diâmetro o rigor de execução torna-se maior.

3.2.1.2 - O EMPREGO DE TELAS SOLDADAS

As telas soldadas também apresentam alguns problemas que são evidenciados em determinadas aplicações, quer por deficiências próprias, quer por problemas oriundos de sua utilização prática.

Nessas telas, possivelmente devido ao processo de fabricação, tem-se observado que existem ondulações próprias da tela, que são realçadas quando se utilizam faixas de grandes dimensões.

No processo de fabricação, os fios que constituem as telas

são tensionados e, é bem possível que esse tensionamento apresente diferenças relativas, e que a partir da aposição dos fios transversais e sua eletrosoldagem, criam-se aquelas ondulações. Esse fato é realçado, obviamente, quanto menor for o diâmetro dos fios.

Outro problema se deve ao fato de que exatamente nos pontos de solda, o aço tem sua ductilidade extremamente reduzida, tornando-se essa região frágil ao dobramento com pequenos raios de curvatura.

As telas eletrosoldadas têm sido as mais utilizadas atualmente, sendo aquelas constituídas por fios de bitola 2,7 e 3 (esta última vem se tornando um pouco menos utilizada) e em aplicações mais recentes, fio de bitola 2, em malhas quadradas e retangulares, que compostas, produzem malhas de até 1,25cm x 2,5cm, as preferidas para aplicações em elementos de argamassa armada, embora haja uma tendência de se utilizar uma composição com telas de malha 5,0cm x 5,0cm e fio de bitola 2,7, devido à minimização de custos.

3.2.1.3- O EMPREGO DE TELAS DE CHAPA DE AÇO EXPANDIDA

A utilização desse tipo de armadura é bem restrita no Brasil; pouco se tem notícia de suas virtudes e defeitos.

É uma tela que apresenta uma certa rigidez que não deve ser desprezada e deverão se suceder pesquisas sobre sua utilização.

A tela de metal expandido apresenta uma série de vantagens com relação às telas entrelaçadas e às telas soldadas (em certas situações), permitindo composições entre elas, além de possibilitar, em grande número de casos, a utilização de barras e fios utilizáveis como armadura complementar.

A sua produção é efetuada a partir de chapas de aço, com características que podem ser controladas, o que permite informações seguras a respeito do material, a serem observadas no

dimensionamento de elementos de argamassa armada.

Não apresenta alguns inconvenientes da tela soldada, como por exemplo, de pontos de solda que, conforme já se salientou, locais onde pode ocorrer a perda de ductilidade, possibilitando inclusive a eliminação de alguns cuidados de posicionamento de fios longitudinais (é óbvio que em alguns casos esses fios terão que existir).

Outra vantagem reside no fato de facilmente poder ser utilizada em elementos de dupla curvatura (as telas soldadas apresentam algumas limitações).

Acredita-se que com esse tipo de armadura, haverá a possibilidade de se reduzir a espessura de elementos, devido a adoção de controles mais adequados e simplificados do cobrimento.

A grande variedade de malhas e espessura de chapa permite composições infundáveis, que podem atender a todas as aplicações que até hoje se tem notícias (lembra-se aqui mais uma vez, que há necessidade de pesquisas). As perspectivas são tão animadoras que estudos deverão se processar para sua utilização também no concreto armado, reduzindo-se a fissuração, com possibilidade de substituição da armadura de pele, e possibilitando economia em relação à armadura transversal correntemente empregada, além de outros custos, visto que pode ser pensada como armadura pré-fabricada.

Hoje os custos são elevados quando comparados com outras telas, porém, as indústrias metalúrgicas deveriam voltar sua atenção para esse fatia de mercado, pois não se trata de eliminar a utilização de barras, fios e telas convencionais, normalmente produzidos para a construção civil, e sim proporcionar alternativas que, em última instância, significará economia de energia, através da racionalização da construção.

Essa evolução tecnológica deverá proporcionar alterações profundas na tecnologia da argamassa armada.

Na figura F3.1 são apresentadas algumas informações

necessárias para especificação do metal expandido.

Nas tabelas T3.1 e T3.2 são apresentados alguns padrões de telas de metal expandido encontrados no comércio.

Na Escola de Engenharia de São Carlos tem-se iniciado experimentos utilizando-se esse tipo de tela.

- A = abertura da malha, de centro a centro, no sentido da diagonal menor
- A₁ = abertura interna da malha
- B = comprimento da malha, de centro a centro, no sentido da diagonal maior
- B₁ = comprimento interno da malha
- C = cordão da malha
- D = cruzeta (junção de duas malhas)
- E = espessura do material
- E₁ = espessura da cruzeta
- SC = disposição transversal
- SL = disposição longitudinal

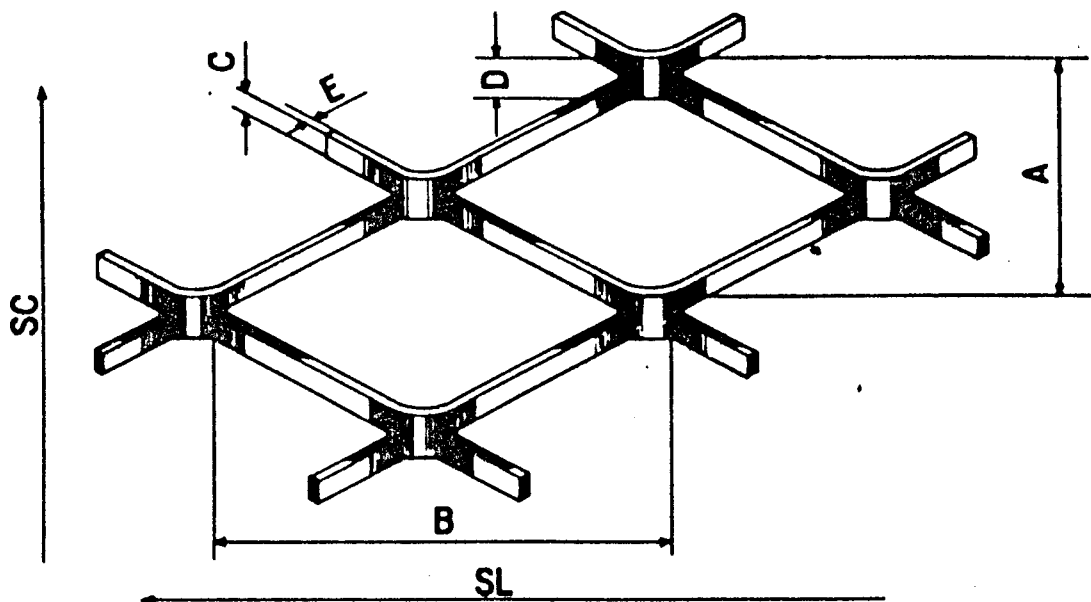


Figura F3.1 - FONTE: PERMETAL S/A

A	B	C	E	SL
Normal	Fixo	Máx.	Máx.	Máx.
SERIE LM (MICRO ESTIMETAL)				
0,6	1	0,3	0,2	250
1	2	0,4	0,3	300
2	4	0,8	0,4	300
3	6	1,3	0,7	750
SERIE LP (LOSANGO PEQUENO)				
5	10	2,5	0,9	1100
6	10	2,5	0,9	1100
7	12,5	3	1,2	1200
7	16	3	1,5	1250
12	20	4	1,5	1250
SERIE LN (LOSANGO NORMAL)				
12	25	4	1,5	1250
13	30	4,5	1,6	1230
16	38	5	2,0	1250
13	45	5	2,0	1250
19	45	6	2,0	1250
29	54	6	2,5	1250
SERIE LR (LOSANGO REFORÇADO)				
25	62	6	4,0	1500
35	75	6	4,0	1500
40	100	8	4,5	2500
50	125	9	4,5	2500
62	150	10	5,0	2500
76	200	10	5,0	2500

FONTE: Permetal S/A

Tabela T3.1

MEDIDAS DAS MALHAS EM MM A = Menor Diag. B = Maior Diag.	CÓDIGO DAS MALHAS	CORDÃO		ESPESSURA DO MATERIAL		PESO TEÓRICO P/M ² EM KG	ÁREA ABERTA APROXIMADA %	DIMENSÕES DAS CHAPAS		CHAPAS PADRÃO EM ESTOQUE EM MM
		DAS MALHAS	DAS MALHAS	e				LARGURA - SL - EM MM	COMPRIMENTO - SC - EM MM	
		Nº	MM							
0,8 x 1,5	LOS 0815	A	0,2	-	0,2	0,10	50	200	Rolos	2000x200
		B	0,3	30	0,3	0,60	25	200	Rolos	
1 x 2	LOS 12	A	0,3	30	0,3	1,5	40	200	Rolos	"
		B	0,4	28	0,4	2,6	20	200	Rolos	
1 x 4	LOS 14	A	0,3	30	0,3	1,5	40	200	Rolos	"
		B	0,4	28	0,4	2,6	20	200	Rolos	
1,5 x 2	LOS 152	A	0,4	28	0,4	1,7	46	200	Rolos	"
		B	0,5	26	0,5	2,7	33	200	Rolos	
1,5 x 3	LOS 153	A	0,4	28	0,4	1,7	46	250	Rolos	"
		B	0,5	26	0,5	2,7	33	250	Rolos	
2 x 3	LOS 23	A	0,4	28	0,4	1,3	60	250	Rolos	"
		B	0,5	26	0,5	2,0	50	250	Rolos	
2 x 4	LOS 24	A	0,4	-	-	1,3	60	300	Rolos	2000x300
		B	0,5	26	0,5	2,0	50	300	Rolos	
2 x 6	LOS 26	A	0,3	30	0,3	0,8	70	500	Rolos	"
		B	0,5	26	0,5	2,0	50	500	Rolos	
3 x 6	LOS 36	A	0,7	26	0,5	1,9	53	500	Rolos	2000x500
		B	1,0	22	0,8	4,3	33	500	Rolos	
4 x 8	LOS 48	A	0,6	26	0,5	1,2	70	500	Rolos	2000x500
		B	1,0	22	0,8	3,2	50	500	Rolos	
4 x 10	LOS 410	A	0,8	24	0,6	2,0	60	1000	Rolos	2/3x1000
		B	1,5	20	1,0	5,5	25	1000	Rolos	
5 x 10	LOS 510	A	0,8	24	0,6	1,6	68	1000	Rolos	"
		B	1,5	20	1,0	4,8	40	1000	Rolos	
5,5 x 10	LOS 551	A	0,8	24	0,6	1,4	71	1000	Rolos	"
		B	1,5	20	1,0	4,0	45	1000	Rolos	
6 x 10	LOS 610	A	0,8	24	0,6	1,4	73	1000	Rolos	"
		B	1,5	2,0	1,0	4,0	50	1000	Rolos	
6 x 13	LOS 613	A	0,8	22	0,8	1,6	73	1000	Rolos	"
		B	1,5	20	1,0	2,4	67	1000	Rolos	
6 x 18	LOS 618	A	0,8	22	0,8	1,7	73	1000	Rolos	"
		B	1,0	20	1,0	2,6	67	1000	Rolos	
7 x 13	LOS 713	A	0,8	22	0,8	1,5	77	1000	Rolos	"
		B	1,0	20	1,0	2,3	72	1000	Rolos	
7 x 16	LOS 716	A	1,0	20	1,0	2,2	72	1200	Rolos	"
		B	1,5	18	1,2	4,3	57	1200	Rolos	
8 x 16	LOS 816	A	1,0	20	1,0	1,8	75	1200	Rolos	"
		B	1,5	18	1,2	3,7	62	1200	Rolos	
10 x 20	LOS 1020	A	1,0	20	1,0	1,6	80	1200	Rolos	"
		B	1,5	18	1,2	3,0	70	1200	Rolos	
12 x 25	LOS 1225	A	1,2	18	1,2	2,0	80	1200	Rolos	"
		B	2,0	16	1,5	4,1	67	1200	Rolos	
13 x 30	LOS 1330	A	1,5	16	1,5	2,8	77	1200	Rolos	"
		B	2,5	14	2,0	5,9	62	1200	Rolos	

FONTE: IBRATEx - Produtos Metálicos e Sintéticos Ltda.

Tabela T3.2

3.2.2- ARMADURA DIFUSA DESCONTINUA

Não se tem notícias no Brasil sobre a utilização de fibras descontínuas na execução de elementos de argamassa armada, com idade representativa, que permita avaliar o seu desempenho.

Algumas construtoras tem, recentemente, comentado a utilização de fibras de aço na elaboração da argamassa armada. Isso deve ser visto com reservas, pelo menos por enquanto pois, não se trata apenas de misturar cimento, areia, fibras e água, há outros parâmetros importantes a analisar.

Há notícias de pesquisas com fibras vegetais no CEPED/BA, porém, ainda, são experiências a níveis laboratoriais, e com alguns entraves tecnológicos.

A seguir, efetuar-se-á alguns comentários sobre o material (fibras de aço) e possibilidades de aplicações, referenciando-se a alguns casos algumas aplicações feitas na tecnologia do concreto armado.

A idéia da utilização de fibras descontínuas como armadura de reforço para o concreto tem sido constantemente buscada por muitos engenheiros civis.

A adição de armadura em forma de fibras (contínuas ou descontínuas) aos elementos que compõem o concreto (e também a argamassa armada), para criar um material com características tanto mais próxima quanto possível de um material homogêneo e isotrópico, moldável estruturalmente, ou que propicie um comportamento tal que se tenha uma redução de fissuras ou pelo menos apenas microfissuras, tem sido evidenciado na literatura.

A partir de 1960 teve início o desenvolvimento moderno das fibras para uso em concreto armado. Surgiram então vários tipos de fibras: retas, onduladas, torcidas, deformadas com gancho, etc, e após então se desenvolveu o uso prático dos compostos de cimento reforçado com fibras.

Dessa forma a comunidade científica mundial interessou-se

pelas possíveis aplicações do material e, em 1975, o simpósio internacional, promovido pela RILEM - "Réunion Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions", sobre compostos de cimento-fibra, realizado em Londres, propiciou um grande passo na consolidação das futuras possibilidades.

Uma fibra é definida, geralmente, através de seu índice dimensional (relação entre o comprimento da fibra e seu diâmetro equivalente), sendo usual adotarem-se índices $30 < L/D < 150$, para comprimentos $0,10 \text{ cm} < L < 7,62 \text{ cm}$.

São produzidas pelo corte ou desbastamento de fios com diâmetros entre 0,25 e 0,76 mm. Através de cortes de lâminas ou achatamento de fios de aço, produz-se fibras planas, com seções transversais entre 0,15 e 0,41 mm de espessura e 0,25 a 0,90 mm de largura.

Uma das grandes vantagens é que a sua utilização pode ser feita tanto na usina quanto no local de aplicação, sendo o seu transporte facilitado pelo fato da possibilidade de acondicionamento em pequenas embalagens.

Nota-se que no Brasil há pouca divulgação sobre esse "novo" tipo de material, resumindo-se apenas a algumas aplicações específicas, pouco se sabendo sobre aqueles resultados, não havendo critérios específicos para dosagens, comportamento sobre os vários tipos de fibras que podem ser conseguidos no mercado (ainda que sempre sob encomenda), não existindo ainda consenso sobre o máximo possível de volume de fibras a utilizar (há citações de que para alguns tipos de fibras a porcentagem relacionada ao volume total de concreto seja de 2% e em outras citações tem-se chegado a valores de até 5%), dependendo ao que parece, das características do concreto, equipamentos, técnicas de mistura, tipo de fibra, etc.

O que há, por enquanto, no Brasil, é a necessidade do aparecimento de pioneiros na aplicação do material (fato que já

está ocorrendo), assumindo-se mais uma vez os riscos da técnica emergente.

A utilização das fibras de aço descontínuas despontam como uma real alternativa na composição da armadura para a produção da argamassa armada.

Há estudos que dizem respeito tanto ao seu comportamento mecânico, quanto ao seu desempenho do ponto de vista da durabilidade, podendo-se citar, dentre outros, os trabalhos e experiências de WILLIANSO-1966, SWAMI & AL-NOORI-1975, ELVERY-1975, HANNANT & EDGINGTON-1972, YALCIN & GUNDUZ-1980.

A idéia da armadura difusa aplicável à produção de elementos de argamassa armada fica aqui fortemente salientada.

Sua utilização poderia estar associada à aplicação de uma armadura complementar constituída por fios e barras.

Por outro lado, a argamassa armada, já em ambiente medianamente agressivo, necessita de proteção superficial, o que, por si só, já atesta a possibilidade da utilização da argamassa armada com fibras de aço.

Algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas nesse sentido e os primeiros resultados têm sido encorajadores.

Na figura 3.2 são apresentados alguns tipos de fibras encontrados no mercado.

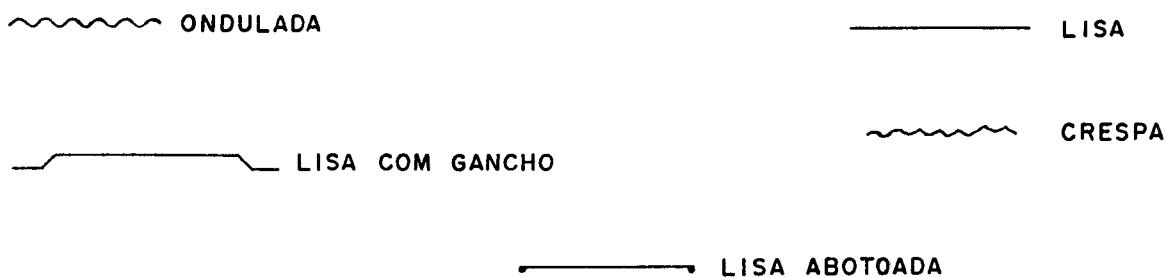


Figura 3.2

3.2.3 - ARMADURA COMPLEMENTAR COMPOSTA POR TELAS, FIOS E BARRAS DE AÇO

Tem-se empregado, como armadura complementar, barras e fios de aço, que são fixadas nas telas, com finalidade estrutural e de espaçador de telas.

Essa armadura complementar, conforme já se mencionou anteriormente, é constituída por fios e ou barras com bitola nominal de 3,0 a 12,5.

Há algumas vantagens, em certos casos, em substituir essas barras e fios de aço, por telas soldadas de fios (ou barras) de aço de bitolas análogas.

Existe uma variedade enorme de telas de malha retangular que supre de forma positiva aquela composição de fios e/ou barras.

Uma das vantagens reside no fato de se poder dispor de uma armadura mais rígida onde se fixasse a ela as outras telas que compõem a armadura e até mesmo um ou outro fio necessário para complementá-la, possibilitando controles de cobrimento da argamassa mais simples, reduzindo-se dessa forma os custos.

Nas tabelas T3.3 a T3.6 são apresentadas algumas telas soldadas passíveis de utilização na confecção de elementos de argamassa armada.

DESIGNAÇÃO	ESPAÇAMENTO ENTRE FIOS		DIÂMETRO DOS FIOS		SEÇÃO DOS FIOS		PESO BASE kgf/m ²	LARGURA m	COMPRIMENTO DO ROLO m	PESO DO ROLO kgf
	LONG. cm	TRANS. cm	LONG. mm	TRANS. mm	LONG. cm ² /m	TRANS. cm ² /m				
MF 91	10	x 20	3,4	x 3,0	0,91	0,35	1,00	0,975	120	117
MF 113	10	x 20	3,8	x 3,0	1,13	0,35	1,19	0,975	120	139
MF 138	10	x 20	4,2	x 3,0	1,38	0,35	1,39	0,975	120	163
MF 159	10	x 20	4,5	x 3,0	1,59	0,35	1,56	0,975	120	183
MF 196	10	x 20	5,0	x 3,0	1,96	0,35	1,86	0,975	120	218
MF 246	10	x 20	5,6	x 3,4	2,46	0,45	2,34	0,975	60	137
MF 283	10	x 20	6,0	x 3,8	2,83	0,56	2,72	0,975	60	159
MF 332	10	x 20	6,5	x 4,2	3,32	0,69	3,22	0,975	60	188
MF 396	10	x 20	7,1	x 4,2	3,96	0,69	3,73	0,975	60	218

Obs.: as larguras de telas indicadas na tabela são para tubos de 1,00 m de comprimento.

FONTE: BELGO MINEIRA

Aplicações como armadura complementar

Tabela T3.3

DESIGNAÇÃO	ESPAÇAMENTO ENTRE FIOS		DIÂMETRO DOS FIOS		SEÇÃO DOS FIOS		PESO BASE kgf/m ²	LARGURA m	COMPRIMENTO DO ROLO m	PESO DO ROLO kgf
	LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.				
	cm	cm	mm	mm	cm ² /m	cm ² /m				
PB 91	10	x 20	3,4	x 3,0	0,91	0,35	1,05	1,12 1,20	120 120	141 151
PB 113	10	x 20	3,8	x 3,0	1,13	0,35	1,25	1,12 1,20	120 120	168 180
PB 138	10	x 20	4,2	x 3,0	1,38	0,35	1,47	1,12 1,20	120 120	198 212
PB 159	10	x 20	4,5	x 3,0	1,59	0,35	1,65	1,12 1,20	120 120	222 238
PB 196	10	x 20	5,0	x 3,0	1,96	0,35	1,97	1,12 1,20	120 120	265 284
PB 246	10	x 20	5,6	x 3,4	2,46	0,45	2,48	1,12 1,20	60 60	167 179
PB 283	10	x 20	6,0	x 3,8	2,83	0,56	2,78	1,12 1,20	60 60	186 200
PB 332	10	x 20	6,5	x 4,2	3,32	0,69	3,29	1,12 1,20	60 60	221 237
PB 396	10	x 20	7,1	x 4,2	3,96	0,69	3,73	1,12 1,20	60 60	254 269

FONTE: BELGO MINEIRA

Aplicações como Armadura Complementar

Tabela T3.4

DESIG- NACAO	ESPACAMENTO ENTRE FIOS		DIAMETRO DOS FIOS		SECAO DOS FIOS		PESO kg/cm ²
	long.	trans.	long.	trans.	long.	trans.	
Q 47	15	x 15	3,0	x 3,0	0,47	0,47	0,75
Q 61	15	x 15	3,4	x 3,4	0,61	0,61	0,97
Q 75	15	x 15	3,8	x 3,8	0,75	0,75	1,21
Q 92	15	x 15	4,2	x 4,2	0,92	0,92	1,48
Q113	10	x 10	3,8	x 3,8	1,13	1,13	1,80
Q138	10	x 10	4,2	x 4,2	1,38	1,38	2,20
Q159	10	x 10	4,5	x 4,5	1,59	1,59	2,52
Q196	10	x 10	5,0	x 5,0	1,96	1,96	3,11
Q246	10	x 10	5,6	x 5,6	2,46	2,46	3,91
Q283	10	x 10	6,0	x 6,0	2,83	2,83	4,48
Q335	15	x 15	8,0	x 8,0	3,35	3,35	5,37
Q396	10	x 10	7,1	x 7,1	3,96	3,96	6,28
Q503	10	x 10	8,0	x 8,0	5,03	5,03	7,97
Q636	10	x 10	9,0	x 9,0	6,36	6,36	10,09
L 61	15	x 30	3,4	x 3,4	0,61	0,30	0,73
L 75	15	x 30	3,8	x 3,4	0,75	0,30	0,86
L 92	15	x 30	4,2	x 3,4	0,92	0,30	0,99
L113	10	x 30	3,8	x 3,8	1,13	0,38	1,21
L138	10	x 30	4,2	x 4,2	1,38	0,46	1,47
L159	10	x 30	4,5	x 4,2	1,59	0,46	1,64
L196	10	x 30	5,0	x 4,2	1,96	0,46	1,94
L246	10	x 30	5,6	x 4,5	2,46	0,53	2,39
L283	10	x 30	6,0	x 4,5	2,83	0,53	2,68
L335	15	x 30	8,0	x 5,0	3,35	0,65	3,25
L396	10	x 30	7,1	x 5,6	3,96	0,82	3,82
L503	10	x 30	8,0	x 6,0	5,03	0,94	4,77
L636	10	x 30	9,0	x 6,0	6,36	0,94	5,84
T 75	30	x 15	3,4	x 3,8	0,30	0,75	0,86
T 92	30	x 15	3,4	x 4,2	0,30	0,92	0,99
T113	30	x 10	3,4	x 3,8	0,30	1,13	1,15
T138	30	x 10	3,8	x 4,2	0,38	1,38	1,41
T159	30	x 10	3,8	x 4,5	0,38	1,59	1,58
T196	30	x 10	4,2	x 5,0	0,46	1,96	1,94
T246	30	x 10	4,2	x 5,6	0,46	2,46	2,33
T283	30	x 10	4,2	x 6,0	0,46	2,83	2,62
T335	30	x 15	4,5	x 8,0	0,53	3,35	3,09
T396	30	x 10	4,2	x 7,1	0,46	3,96	3,51
T503	30	x 10	5,0	x 8,0	0,65	5,03	4,51
T636	30	x 10	5,0	x 9,0	0,65	6,36	5,56

FONTE: BELGO MINEIRA

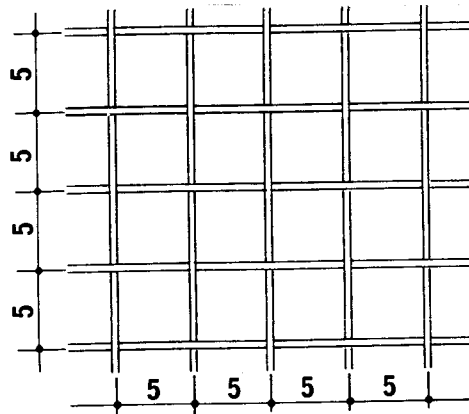
Aplicações como Armadura Complementar

Tabela T3.5

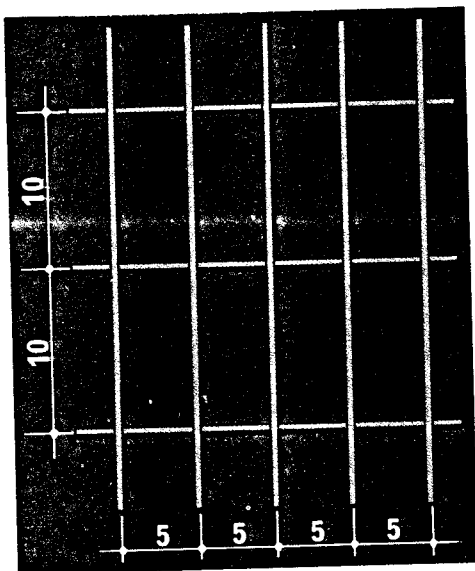
Diâmetro dos Fios	
(mm)	(BWG)
2,7	12
3,0	11
3,4	10
4,0	—
5,0	—

Malhas Básicas	
10 x 5 cm	
15 x 5 cm	
20 x 5 cm	

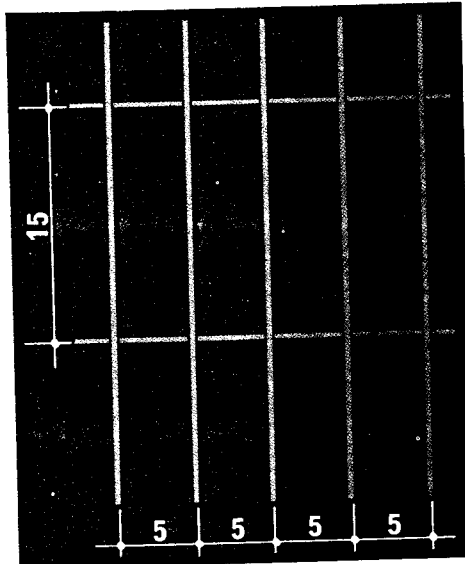
Dimensões Normais	
Alturas:	1,55 m
	2,00 m
	2,45 m
Comprimentos:	Rolos de 30 m
	Painéis de 5 m



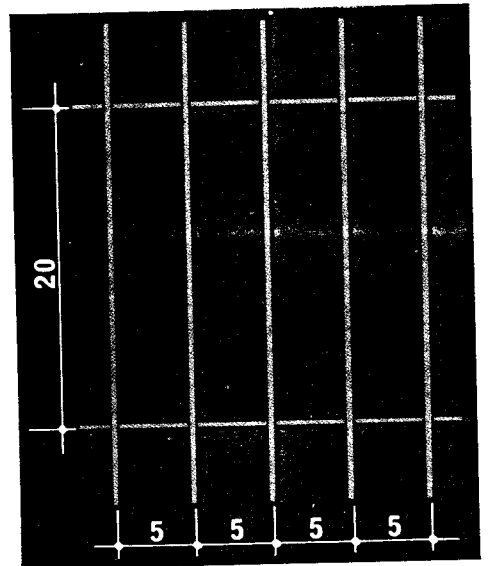
Malha quadrada



Menos 1 fio por malha



Menos 2 fios por malha



Menos 3 fios por malha

FONTE: BELGO MINEIRA

Telas Galvanizadas

Aplicações na produção da argamassa armada

Tabela T3.6

3.3- CIMENTOS HIDRAULICOS UTILIZADOS

De acordo com TEZUKA(1988), "as propriedades do concreto dependem da quantidade e da qualidade de cada um de seus componentes; dentre estes, o cimento é o mais ativo".

Na maioria das aplicações da argamassa armada tem-se utilizado os seguintes cimentos portland: CP-32 e CP-40, Alta Resistência Inicial (ARI), Pozolânico (POZ) e, Alto Forno (AF-32), cimentos esses encontrados no mercado, por ocasião das aplicações levadas a cabo.

A principal preocupação tem sido a de se conseguir grandes resistências iniciais, para desmoldagens rápidas, no caso da pré-moldagem e pré-fabricação, casos em que se tem empregado os cimentos ARI ou CP-40.

Poucos cuidados tem sido tomado com vistas ao tipo de cimento em função do meio ambiente ao qual a obra se acha inserida.

Tem-se observado uma grande variação nas dosagens para a confecção da argamassa: desde 1:1,7 até 1:4,0 (relação entre massa de cimento e areia), embora se tenha especificado para um grande número de aplicações, um traço em massa de 1:2 e relação água/cimento igual a 0,4, o que tem levado a doses de cimento da ordem de 680 a 700 kg/m³, nesse último caso.

Da mesma forma, relações água/cimento variando desde 0,35 até 0,50 têm sido empregadas, sabendo-se que em alguns casos, o estudo de uma relação água/cimento adequada, dentro dos bons padrões de execução, de acordo com depoimentos prestados, não foi objeto de preocupação!

Conforme mencionado por HELENE (1983): "O cobrimento de concreto tem a finalidade de proteger fisicamente a armadura e propiciar um meio alcalino elevado que evite a corrosão por passivação do aço. Portanto depende, essa proteção, essencialmente das características e propriedades intrínsecas do

concreto. A diferentes concretos deve corresponder diferentes cobrimentos mantido um mesmo nível de proteção".

Existem, porém, alguns problemas: para uma mesma dosagem, em vista da inadequação da manipulação dos materiais e dos processos de fabricação dos elementos, em alguns casos, a argamassa foi elaborada com características variáveis (havendo portanto diferentes argamassas em um mesmo elemento) e, torna-se óbvio que para um revestimento pré-estabelecido em projeto, efeitos indesejáveis estarão sendo produzidos.

Há porém situações em que houve uma racionalização na produção da argamassa, estudando-se dosagens, avaliando-se todo o processo, o que culminou em bons resultados.

A prática tem demonstrado que não adianta empregar-se materiais nobres, em grandes quantidades, se sua manipulação não for adequada.

Em algumas aplicações observaram-se problemas apreciáveis na argamassa, como má execução, porém em outras aplicações pode-se dizer que a qualidade da argamassa foi boa, com pequenos desgastes superficiais, porém nada que se comparasse aos casos clássicos observados em outras situações, embora se tenha observado, ainda assim, sérios problemas de deterioração no elemento oriundo de outros fatores.

Diante de parâmetros relativos, a velocidade de deterioração de elementos de argamassa armada, onde se constatou o caso, foi devido a problemas essencialmente técnicos e/ou de introdução de elementos altamente agressivos em situações favoráveis à sua atuação.

Em situações em que se observam tratamentos racionais, é possível estabelecer juízos e, conforme se verá nos capítulos seguintes, excelentes resultados foram conseguidos com a tecnologia.

Conforme lembrado por TEZUKA (1988), no que diz respeito à corrosão da armadura de elementos de concreto armado, o que pode

ser perfeitamente estendido à argamassa armada (ou melhor, não há diferenças!), o "concreto convenientemente dosado, compactado e curado proporciona excelente proteção contra a corrosão da armadura quando o cobrimento é adequado ...", e lembra ainda no que diz respeito à influência do cimento nas propriedades do concreto que, "do ponto de vista ao ataque químico, além do uso de uma relação água/cimento baixa, compactação rigorosa e cura apropriada para produzir um concreto denso, é recomendável a escolha de um cimento adequado".

Cabe aqui mencionar LAFUMA, citado em CANOVAS(1988) que "estabelece a dosagem mínima de cimento por meio de:

$$P_c = \frac{k}{\sqrt[5]{D_{\max}}}$$

sendo:

P_c massa de cimento em kg/m^3

$k = 700$

D_{\max} tamanho máximo do agregado em mm"

CANOVAS(1988) cita ainda que "a durabilidade de um concreto é maior quando toma contato com o meio agressivo numa idade em que já atingiu, pelo menos, 70% da resistência característica..."

Em vista da possibilidade do contato antes de ser atingida aquela resistência característica, CANOVAS sugere a introdução de um coeficiente de proporcionalidade, na fórmula de LAFUMA, que leve em conta essa variação, a fim de encontrar a dose mínima de cimento.

CANOVAS(1988) cita ainda que "o LNEC de Lisboa introduz essa circunstância na fórmula de LAFUMA, mediante o emprego de um fator K variável com a idade do concreto quando toma contato com

o meio agressivo..."

Na Tabela T3.7 são apresentados os valores de K, em função do meio ambiente, que, na falta de outras orientações, pode ser seguido na tecnologia da argamassa armada.

Aplicação do concreto	Características limites	Concreto de alta resistência aos agressivos	Concreto de resistências moderadas aos agressivos	
		Aglomerantes especiais	Cimento portland	Agromerantes especiais
		C.A.	C.A.	C.A.
Colocado fresco antes do endurecimento	$a/c \leq$ $k \geq$	0,40 850	0,40 850	0,40 800
Em contato com o meio agressivo entre o princípio do endurecimento e 24 horas depois de amassado	$a/c \leq$ $k \geq$	0,45 750	0,45 750	0,55 650
Em contato com o meio agressivo 24 horas depois de amassado	$a/c \leq$ $k \geq$	0,58 700	0,50 700	0,60 600
Concreto de enchimento	$k \geq$	-	-	-

C.A. - Concreto armado

Tabela T3.7

A Instrução Espanhola EH-80 limita a dose máxima de cimento para concreto armado e concreto protendido, respectivamente, a 400 kg/m³ e 550 kg/m³, e um mínimo de 250 kg/m³ para o concreto armado.

Nas Tabelas T3.8 a T3.10 são apresentadas, respectivamente quanto à exposição aos sulfatos, meio ácido e água do mar, algu-

mas recomendações no que diz respeito ao tipo de cimento em função da agressividade do meio, que poderiam ser adaptadas à tecnologia da argamassa armada, originadas do guia elaborado pela Eng^a. TEZUKO.

Nível de agressividade	SO ₄ solúvel no solo (%)	SO ₄ na água (ppm)	Relação água/cimento máxima (em massa)	Cimento tipo
Moderado	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,5	MRS, POZ, AF
				MRS+escória (>70%)
Forte	0,20 a 2,00	1500 a 10000	0,45	MRS+pozolana ARS
Muito forte (revest. protetor ou impreg.)	> 2,00	> 10000	0,45	ARS+pozolana ARS+escória (>70%)

Tabela 3.8

Nível de agressividade	pH	Substancias prejudiciais (mg/l)	Cimento tipo
Moderado	5,5 a 5,0	<300	AF(escória > 70%), POZ
Forte	5,0 a 4,0	300 a 1000	POZ, AF(escória > 70%) + revestimento ou impregnação
Muito forte	4,0 a 3,0	> 1000	Concreto polímero

Tabela T3.9

Zona	Relação água/cimento máxima (em massa)	Consumo cimento mínimo (Kg/m ³)	Cimento tipo
Submersa	0,45	450*	AF(escória>70%), POZ, CPS/CPE/CPZ (C3A de 4% a 10%)
Flutuação da maré	0,40	450*	Idem
Atmosfera e orla	0,40	450*	Idem

(*) sugestão para a argamassa armada (além disso deve-se adotar proteção adicional)

Tabela T3.10

3.4- AGREGADOS

A argamassa armada tem sido produzida, na maioria das vezes com agregado miúdo de diversas procedências, com diâmetro máximo característico de 4,8mm. Tem sido empregada também em algumas aplicações pedra britada com diâmetro máximo característico de até 9,6mm, com grande concentração na faixa de 6,3mm e, isso tem sido também chamado de argamassa armada. Tem sido muito utilizado o "pó de pedra" para melhoria da graduação das areias. Há também outras pesquisas sobre o assunto, a respeito do uso do pó de pedra em concreto, com bons resultados, conforme menciona SBRIGHI NETO (1986).

Apesar de não se ter observado problemas patológicos (pelo menos não há casos evidentes) cabe ressaltar alguns comentários relativos à procedência dos agregados e tecer palavras a respeito

de dosagens, principalmente se houver tendência de se utilizar areia artificialmente composta.

Tem-se comprovado em laboratório que utilizando-se de certa porcentagem de brita 0 na argamassa, são conseguidos, em alguns casos, aumentos de resistências de até 30%, e redução na relação água/cimento, facilmente atingindo-se a relação 0,30 com a utilização de superplastificantes e misturadores de eixo vertical planetário. Isso leva a perspectivas otimistas!

TEZUKA(1988) cita para o caso de concretos, que "as reações mais importantes entre cimento e agregado, do ponto de vista de dano potencial aos concretos, são aquelas com os álcalis do cimento. Em função da composição mineralógica dos agregados, distinguem-se três tipos de reações: reação álcali-sílica, reação álcali-silicato e reação álcali-carbonato.

Outros estudos atualizados sobre a reação álcali-agregado têm sido feito: KIHARA (1986), VAIDERGORIN (1986) e, no que diz respeito à pureza dos agregados, AGOPYAN (1986).

Na Tabela 3.11 é apresentada uma relação de agregados naturais potencialmente reativos com os álcalis.

3.5- AGUA DE AMASSAMENTO

A NBR-6118 especifica, através do item 8.1.3, que "a água de amassamento do concreto deverá ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis e as que tenham pH entre 5,8 e 8,0 e respeitem os seguintes limites máximos:

- matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido): 3mg/l;
- resíduo sólido: 5000mg/l;
- sulfatos (expresso em ions SO_4 : 300mg/l;
- cloretos (expresso em ions Cl^- : 500mg/l;
- açúcar: 5mg/l..."

	Tipo de agregado	Fase mineralógica reativa	Natureza da reação
	Areia	.opala(>0,25%), calcedônia (>3%) .quartzo tensionado (eventualmente)	álcali-sílica álcali-silicato
Rochas ígneas	Granito Granodiorito	.quartzo tensionado (>30%)	álcali-silicato
	Basalto	.minerais de alteração: palagonita, opala, calcedônia .vidro vulcânico (básico)	álcali-sílica álcali-sílica
	Riolito Dacito Andesito Traquito Fonolito	.vidro vulcânico (ácido a intermediário) .tridimita	álcali-sílica álcali-sílica
	Granulito Gnaisse Quartzito Xisto	.quartzo tensionado (>30%)	álcali-silicato
	Filito	.vermiculita (filossilicato) .quartzo tensionado	álcali-silicato álcali-silicato
Rochas metamórficas	Ardósia	.quartzo tensionado e filossilicatos)	álcali-silicato
	Hornfels	.vermiculita (filossilicato) e quartzo tensionado	álcali-silicato
	Milonito	.quartzo tensionado	álcali-silicato
	Rochas metas-sedimentares	.quartzo tensionado e filossilicatos	álcali-silicato
Rochas sedimentares	Calcário	.calcita/dolomita em proporções iguais e associadas a argilominerais (filossilicatos) .opala, calcedônia	álcali-carbonato álcali-sílica
	Arenito	.quartzo tensionado .opala, calcedônia	álcali-silicato álcali-sílica
	Grauvaca	.quartzo tensionado .argilominerais (filossilicatos)	álcali-silicato álcali-silicato
	Chert	.calcedônia, opala	álcali-sílica

Tabela T3.11 - FONTE: TEZUKA (1988)

A CETESB, no seu boletim 04.001 recomenda, que a água destinada ao amassamento do concreto destinado às obras sanitárias deverá ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. Presume-se satisfatórias as águas potáveis e as que atenderem aos seguintes limites máximos:

cloretos	200 mg/l
sulfatos	100 mg/l
partículas sólidas em suspensão	200 mg/l
matéria orgânica	200 mg/l
CO ₂ livre	5 mg/l
açúcar	5 mg/l

A Instrução Espanhola EH-80 especifica as seguintes tolerâncias:

- pH > 5
- substâncias dissolvidas: < 1500 mg/l
- sulfatos (SO₄⁻⁻): 100 mg/l
- íon cloreto (Cl⁻): 600mg/l
- hidratos de carbono: não devem conter
- substâncias orgânicas solúveis em éter: < 1500 mg/l

CANOVAS(1988), observa que no caso de concreto pretendido, o limite de íon Cl⁻ deve ser reduzido para 25mg/l. Comenta também que se o cimento contiver um baixo teor em aluminato, o limite de íons SO₄⁻⁻ pode ser aumentado para 5 g/l e que nas "substâncias orgânicas solúveis em éter estão incluídos os óleos, as gorduras e qualquer outra que possa afetar desfavoravelmente a pega e o endurecimento dos concretos..."

Como a água é um componente também da argamassa armada, cabe ressaltar que se deve limitar ao mínimo possível a relação água-cimento.

No figura F3.3 são apresentados gráficos que medem a influência da relação água-cimento sobre a resistência à compressão do concreto.

Tem-se constatado, de acordo com informações prestadas por

elementos que participaram de execuções de construções de argamassa armada, ser prática a adoção de relação água/cimento de 0,5; e em outros casos, com a finalidade de se atingir trabalhabilidade adequada em função da técnica executiva, tem-se utilizado na grande maioria das vezes, relações de 0,40 a 0,48.

O ACI-Comitê 549 "State-of-the-Art Report on Ferrocement" observa que a relação água/cimento normalmente utilizada nas construções de "ferrocement" tem sido de 0,35 a 0,5, havendo fortes indicações que, em vista de vários parâmetros, deva-se utilizar relações a/c < 0,45.

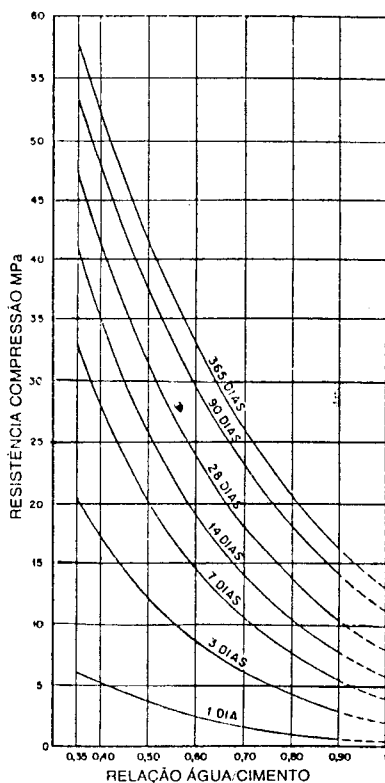


Figura F3.3 - FONTE: CANOVAS(1988)

Na prática, nas aplicações de pequeno porte, tem-se o conhecimento que não se está realizando controle a respeito da

qualidade da água de amassamento. Em algumas determinações de quantidade de íons Cl^- , a partir de amostras retiradas de estruturas de argamassa armada, tem-se concluído a existência de uma certa quantidade daqueles íons Cl^- livres, porém, a origem não pode ser avaliada (podendo ter origens múltiplas).

TEZUKA(1988) nas "recomendações gerais relativas ao concreto", em função do nível de agressividade: moderado, forte e muito forte, recomenda, respectivamente, as seguintes relações a/c: 0,50; 0,45 e 0,45 e nos concretos utilizados em água do mar, em zonas: "submersa, flutuação da maré e atmosfera e orla", os limites respectivos de 0,45; 0,40 e 0,40.

Cabe salientar que esses dados levam em conta o tipo de cimento e granulometria dos agregados.

No caso específico da argamassa armada tem-se recomendado uma máxima relação a/c de 0,40 e, ainda a atual norma 18:05.14.001, limita aquela relação a/c a 0,45.

No que diz respeito ao pH da água de amassamento cabe informar que se observam grandes variações em seus valores, à medida em que se altera a temperatura. Convém que sempre se estabeleçam essas medidas através de curvas para várias temperaturas da amostra fornecida.

POWERS(1954), RUETTIGERS/VIDAL/WINGS (1935) reportam que a permeabilidade de pastas aumentam significativamente acima de relações a/c = 0,5. Na figura F3.4 é apresentada a relação entre coeficiente de permeabilidade e relação água-cimento para pastas de cimento portland.

A "British Standards Institution" através da Instrução CP-110 (versão 1977) apresenta, conforme exposto na Tabela T3.12, as recomendações relativas à relação água/cimento, destinado à produção de concretos, em função da Natureza da Exposição.

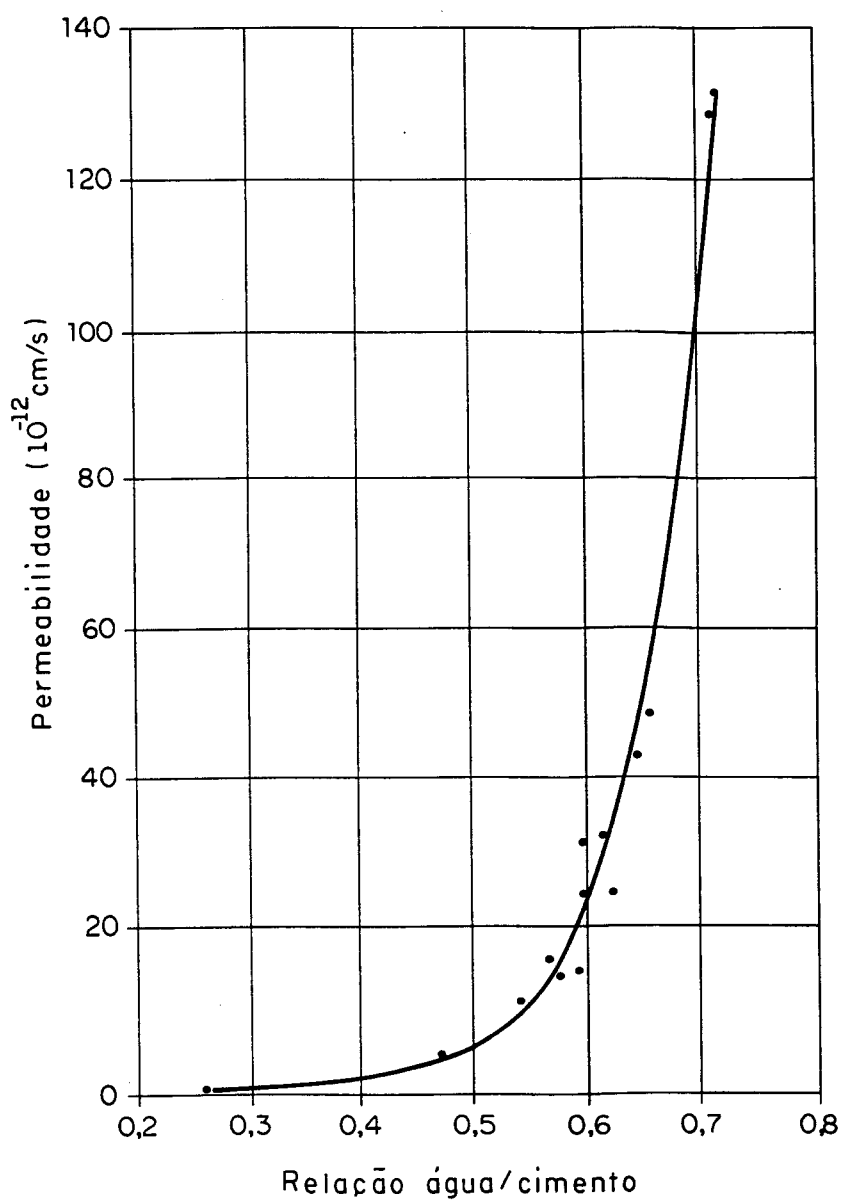


Figura F3.4 - FONTE: ACI

NATUREZA DA EXPOSIÇÃO

MAXIMA RELAÇÃO a/c

SUAVE: COMPLETAMENTE PROTEGIDA CONTRA AS INTEMPÉRIES E AMBI- ENTES AGRESSIVOS, SALVO BREVE PERIODO DE EXPOSIÇÃO NORMAL DURANTE A CONSTRUÇÃO	< 0,65
MODERADA: PROTEGIDA CONTRA CHU- VAS SEVERAS E CONTRA CONGELA- MENTO. CONCRETO ENTERRADO OU PERMANENTEMENTE SOB AGUA NÃO- AGRESSIVA	< 0,55
SEVERA: EXPOSIÇÃO A CHUVAS IN- TENSAS E ACIDAS, A MOLHAGEM E SECAGEM E EVENTUAL RISCO DE CON- GELAMENTO. SUJEITO A CONDENSA- ÇÃO OU GASES AGRESSIVOS.	< 0,45
MUITO SEVERA: EXPOSIÇÃO A AGUA DE MAR OU ATMOSFERA MARINHA E A ABRASÃO.	< 0,45
SUJEITO A SAIS USADOS EM DESCON- GELAMENTO	< 0,55

TABELA 3.12 - FONTE: HELENE(1986)

Comenta ainda que o ataque por líquidos é minimizado assegurando-se baixa permeabilidade e limitando a relação a/c a 0,5.

O ACI, Comitê 211, recomenda que em exposições à água do mar ou água de solos onde a concentração de sulfato ultrapasse 150 p.p.m., as resistências adicionais aos sulfatos podem ser obtidas limitando-se a relação a/c a 0,45, além de cimento adequado.

GREENIUS (1975) analisando vários tipos de painéis de "ferrocement" elaborados com cimento tipo "I" (ASTM) e relações a/c = 0,35 a 0,45, e após 350 ciclos de molhagem e secagem, concluiu que se obtém resultados satisfatórios realizando o "ferrocement" com essas características.

Vale a pena lembrar também que para relações água/cimento de 0,45 ou 0,40, quando se produz argamassas com cerca de 700kg de cimento/m³, atinge-se um volume de água de aproximadamente 315 l/m³ e 280 l/m³ o que poderá levar a uma argamassa porosa, com excesso de água livre.

No caso da argamassa armada, parece que o mais plausível seria limitar a quantidade de água por metro cúbico, a doses em torno de 240 kg/m³.

Pesquisas deverão ser levadas a efeito a respeito dessas relações água/cimento e, de outra forma, relações água/cimento inferior a 0,4 só poderá apresentar uma consistência adequada, mediante o emprego de aditivos plastificantes e superplastificantes, combinados ou não, em algumas situações, com os retardadores de pega e endurecimento.

3.6- O USO DE ADITIVOS E ADIÇÃO DE MICROSSILICA

O uso de aditivos na elaboração de argamassas, destinada às aplicações em argamassa armada, pode ser um fator fundamental para a execução de elementos duráveis, pela melhoria das propriedades do material.

Após as avaliações e estudos, teoricamente, de todas as etapas, passa-se à sua administração.

De acordo com BUCHER(1988), "as principais interações que o usuário deve conhecer no instante da aplicação de um aditivo químico são: "aditivo/aditivo" quando mais de um produto é incorporado no mesmo concreto e "aditivo/cimento" porque o mesmo aditivo pode ter comportamento completamente diverso em combinação com os cimentos comerciais disponíveis".

Para sua utilização basta que se façam ensaios prévios para se estabelecer, com certeza, a quantidade exata a ser utilizada, em função do meio ambiente e condições de aplicação da argamassa.

Em várias obras inspecionadas, nas quais se fez uso de aditivos, ele foi julgado como agente principal da deterioração de elementos. Isso acabou gerando uma crença generalizada de que o uso de aditivos deveria ser banido da argamassa armada.

A realidade nos mostra que a omissão em projetos e a improvisação na obra refletem muito mais nos resultados que a utilização de materiais que induzem a riscos.

Geralmente, as empresas não investem nas avaliações de causas! A manutenção de um banco informativo de resultados em função da conduta adotada em determinadas situações diz muito mais que muitas hipóteses teóricas.

Diante das várias técnicas empregadas na elaboração da argamassa armada, é possível identificar algumas propriedades que podem ser melhoradas na argamassa pela adoção de alguns aditivos.

Devido a uma série de problemas enumerados no presente capítulo, surge então a possibilidade de promover, com a utilização de aditivos, a melhoria de algumas propriedades da pasta e da argamassa.

3.6.1- INCORPORADOR DE AR

O aditivo incorporador de ar tem sido recomendado na

execução de obras sanitárias e, sua aplicação nas construções de obras similares de argamassa armada poderia ser uma opção adicional, no que diz respeito à durabilidade.

WILDER & SPEARS (1981) citam que o principal problema da execução de concretos destinados às obras sanitárias é a obtenção de concretos com pouca permeabilidade. Mencionam, ainda, que a utilização de aditivo incorporador de ar na elaboração do concreto supre essa deficiência e que, além disso, hoje essa prática já é totalmente assimilada pelos engenheiros que atuam nessa área. Algumas vantagens da utilização de aditivos incorporadores de ar no concreto são:

a) concreto fresco:

- melhor trabalhabilidade;
- redução da segregação;
- redução de capilares;
- redução da quantidade de areia na elaboração do concreto;
- redução da água de amassamento necessária;

b) concreto armado endurecido:

- aumento da resistência ao gelo/degelo;
- melhor resistência à ação de cloretos;
- melhor resistência à ação de sulfatos;
- redução da permeabilidade.

Mencionam ainda, que o maior benefício do concreto com ar incorporado, exposto ao ataque de sulfatos e outros agentes químicos, reside no fato de que esse concreto é muito mais trabalhável no estado plástico que o concreto de mesma qualidade que não contenha ar incorporado. Consequentemente proporciona um concreto mais compacto e menos permeável. Segundo experiências de mais de 20 anos, levadas a cabo pela Associação de Cimento Portland em Skokie, com vigas de concreto expostas em solos sulfatados, com várias espécies de concretos, demonstraram que aquelas com ar incorporado estavam em perfeitas condições.

Nas aplicações da argamassa armada em galerias poderia se

pensar na utilização desse aditivo, embora poucos estudos existam a esse respeito.

A CETESB em seu boletim 04.001, permite a utilização de incorporador de ar tal que o concreto assim aditivado tenha no máximo 6% de ar incorporado. Permite também: o emprego de plastificantes para a redução da relação a/c, impermeabilizantes e, retardadores de pega. Não aconselha a utilização de aceleradores de pega em estruturas de concreto que devam ser estanques e pouco permeáveis.

3.6.2- ADITIVOS ACELERADORES

Os aditivos aceleradores são aqueles que atuam quimicamente, aumentando a velocidade de hidratação do cimento, assim, a eficácia de um concreto é determinada pelas propriedades da pasta de cimento.

As substâncias básicas utilizadas na elaboração desses aditivos são: cloreto de cálcio, hidróxidos alcalinos, silicatos, fluossilicatos, formiato de cálcio, cloreto de alumínio, carbonato de sódio, carbonato de potássio, cloreto de sódio, etc.

Do ponto de vista de substância aceleradora, e econômica, o cloreto de cálcio é algo único, influenciando potencialmente na hidratação dos componentes do cimento.

Segundo RAMACHANDRAN (1985), as experiências e pesquisas com outras substâncias são ainda limitadas, além do que, para uma mesma eficiência, comparando-se com o cloreto de cálcio, haveria a necessidade da utilização de uma maior quantidade de matéria prima.

Estudos feitos por KURCZYK/SCHWIETE-1960, YOUNG-1974, MURAKAMI/TANAKA-1968, RAMACHANDRAN-1971, COLLEPARDI & MARCHESE-1972, BERGER-1972, citados em RAMACHANDRAN(1985) resultaram na evidência de que há uma alteração causada pelo cloreto de cálcio na morfologia do silicato tricálcico.

Essas mudanças na morfologia poderiam ser resultado da absorção química de ions Cl^- na rede cristalina C-S-H. O efeito do cloreto de cálcio nas características da microestrutura do cimento, silicato tricálcico e silicato tricálcico + gesso foram comparados naqueles estudos. A adição de 2% de cloreto de cálcio no cimento resultou em um acréscimo de resistência de 50% e isso se dá por uma alta consolidação da estrutura.

Uma estrutura similar se desenvolve na pasta de silicato tricálcico mais cloreto de cálcio, mas com 70% de acréscimo da resistência.

Em um sistema aluminato tricálcico mais gesso, tratado com 8% de cloreto de cálcio, a resistência aumentou em 100%.

BERGER et alii-1976, citados em RAMACHANDRAN(1985), concluíram que para um mesmo grau de hidratação a porosidade de uma pasta contendo cloreto de cálcio foi menor que a pasta de referência utilizada sem cloreto de cálcio.

RAMACHANDRAN/FELDMAN-1978, citados em RAMACHANDRAN(1985), concluíram que há uma influência do cloreto de cálcio no volume específico das pastas de cimento. Para isso utilizaram-se de um porosímetro de mercúrio com máxima pressão de intrusão de 30000 libras/polegada quadrada e, apenas poros com diâmetros maiores que $0,0065\mu\text{m}$ poderiam ser registrados. Entretanto, concluíram, que pastas contendo cloreto de cálcio podem ter uma porção substancial da porosidade total em poros com diâmetro abaixo de $0,0065\mu\text{m}$.

COLLEPARDI (1973) encontrou que no silicato tricálcico hidratado, com 2% de cloreto de cálcio, para um dia, o produto tinha mais poros na faixa de 10 a 50 angstroms.

A retração de uma pasta de silicato tricálcico é aumentada na presença de cloreto de cálcio.

BERGER(1976) comparou a retração da pasta de silicato tricálcico e pasta de silicato tricálcico mais 1% de cloreto de cálcio para um grau de hidratação constante. Para qualquer grau

de hidratação a pasta contendo cloreto de cálcio mostrou uma retração maior. Há evidências de que há um aumento na retração por secagem de concretos e argamassas.

3.6.3- ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA/RETARDADORES

Um redutor de água pode ser definido como um aditivo que reduz a quantidade de água de mistura para elaboração do concreto para uma mesma consistência. Ele melhora as propriedades do concreto endurecido e, em particular, aumenta sua resistência e durabilidade. Usualmente, a redução da água de amassamento pelo uso de aditivos seria da ordem de 5%. Entretanto, os redutores de água comerciais podem reduzir a água de amassamento de 10% a 15%.

Há porém a possibilidade de se utilizar esses aditivos como redutores de água e cimento, mantendo-se a mesma trabalhabilidade e resistência de concretos convencionais. Assim esses aditivos atuariam como redutores de cimento. Além disso, permitindo uma redução de cimento, esses aditivos são capazes de reduzir o calor de hidratação, uma propriedade usualmente requerida para argamassagens em climas quentes.

Se os redutores de água são utilizados sem alteração das quantidades de materiais das misturas, há um aumento da consistência, nesse caso eles atuariam como plastificantes. A utilização como plastificante seria interessante no caso de peças com alta densidade de armadura.

Um aditivo que prolongue o tempo de pega e a trabalhabilidade é chamado de retardador de pega ou aditivo retardador. O retardador é utilizado particularmente em concretos aplicados sob condições de temperaturas elevadas. O gelo, que poderia ser empregado na mistura, para decrescer a temperatura, é mais caro que um aditivo retardador e poderia não ser totalmente efetivo (RAMACHANDRAN - 1985).

As matérias primas utilizadas para a composição de redutores

de água e retardadores são: lignosulfonados, ácidos hidrocarboxílicos (glucônicos, salicílicos, málico, cítrico, tartárico, mucico, heptônico, sacárico, tânico, etc.), polímeros hidroxilados, carboidratos (monossacarídeos, polissacarídeos, ácidos hidrocarboxílicos, etc.) e produtos inorgânicos (fosfatos, boratos, sais de chumbo, sais de zinco, heptonato de sódio, etc.).

Os lignosulfonados são ainda os mais frequentemente utilizados como redutor de água.

SINGH(1975) concluiu, após ensaios em corpos-de-prova com teor de cimento de 300 kg/metro cúbico, abatimento de 100mm, adição de um redutor de água (0,2%) à base de polímero hidroxilado, que há um decréscimo na permeabilidade para pequenas idades e idades avançadas.

WALLACE (1960) encontrou resultado semelhante com o lignosulfonado.

MACPHERSON/FISCHER (1960) encontraram resultados semelhantes com o ácido carboxílico.

Todos foram unânimes em afirmar que o fato se deve ao alto grau de hidratação do cimento conseguido em concretos tratados com aditivos.

COLLEPARDI et alii (1970/1972) demonstraram que a difusão de ions Cl^- no concreto é relativamente reduzido pelo decréscimo da relação a/c e acréscimo da compactação do concreto. Esses efeitos podem ser obtidos pela utilização de aditivos redutores de água, melhorando a trabalhabilidade da mistura.

3.6.4- ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

Os superplastificantes foram introduzidos no Japão e mais tarde na Alemanha.

Enquanto que os redutores normais de água possibilitam uma retirada de 10% a 15% da quantidade de água necessária ao amassamento, a utilização de superplastificantes permite uma

redução de até 30%.

As principais substâncias utilizadas na confecção dos superplastificantes são: melaminasulfonada, naftaleno sulfonado, lignosulfonados modificados, éteres de ácidos sulfônicos, éteres de carboidratos, etc.

Os aditivos superplastificantes atuam modificando as propriedades reológicas no estado fresco (grupo I - ISO 7690 - Projeto 1982).

BUCHER(1988) cita que sua função principal é a de "redução de água de alta eficiência"; e observa que "as funções secundárias ou acessórias que normalmente podem acompanhar estes tipos de aditivos são: incorporação de ar, aceleração de pega, aceleração de endurecimento, retardamento de pega com eventual redução da resistência mecânica".

Na figura F3.5, é apresentada a ação defloculante do superplastificante à base de melaminasulfonada e, na figura 3.6 é apresentado o desempenho de aditivos superplastificantes em argamassas com vários cimentos.

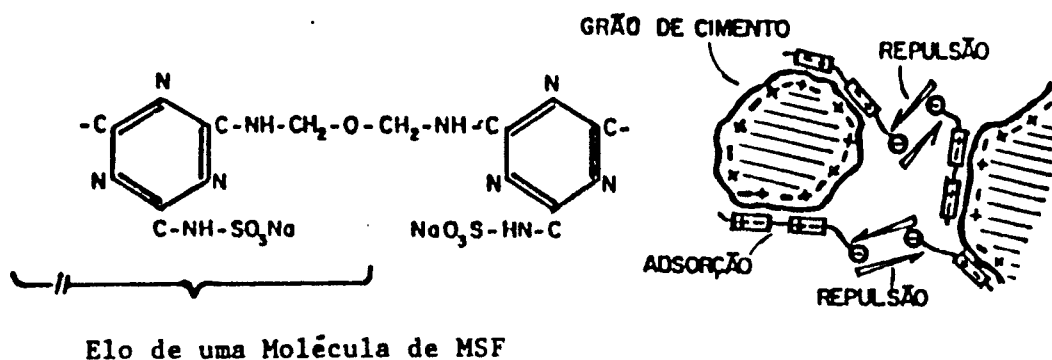
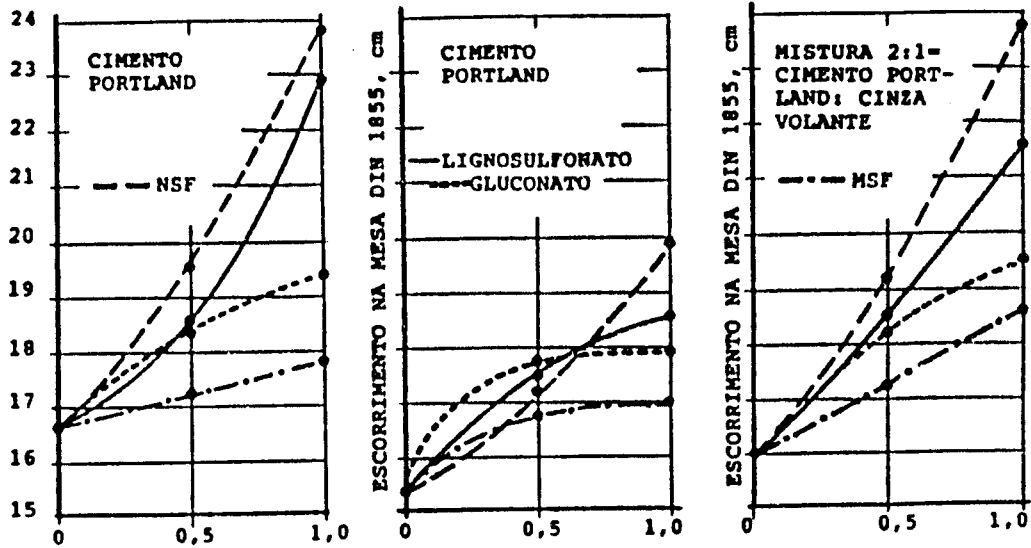


Figura F3.5 - FONTE: BUCHER(1988)



Dosagem de aditivo em porcentagem da massa de cimento

Figura F3.6 - FONTE: BUCHER (1988)

Citado em BUCHER(1988), um dos procedimentos para se avaliar o desempenho do aditivo é através do procedimento de Kantro, que consiste em medir uma área de espalhamento de uma pasta, a partir do enchimento de um tronco de cone com as dimensões mostradas na figura F3.7, inicialmente sem aditivo (sensibilidade do cimento à água) e compará-la com pastas aditivadas, em várias condições: temperatura, umidade relativa do ar e relações água/cimento variadas.

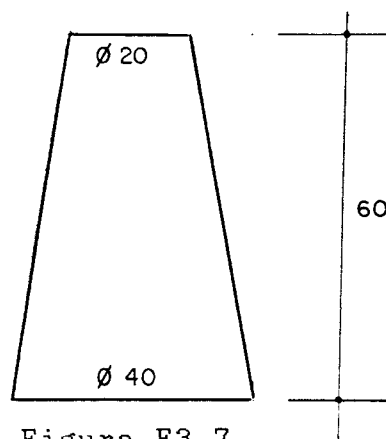


Figura F3.7

Os superplastificantes agem no cimento portland dispersando as partículas de cimento que se encontram agrupadas, por adsorção de suas moléculas nos grãos de cimento, causando a repulsão entre as mesmas.

A seguir são listadas algumas aplicações de concretos e argamassas que podem ser facilitadas com a utilização de superplastificantes:

- elementos densamente armados,
- locais de difícil acesso,
- criar facilidades no bombeamento e projeções,
- concretagens (argamassagens) submersas,
- indústria de pré-fabricados,
- concretos (argamassas) de alta resistência,
- concretos (argamassas) com reduzida permeabilidade,
- concretos (argamassas) pigmentados.

Os superplastificantes podem ser utilizados com vantagens em concretos (argamassas) elaborados com cimentos: pozolânicos, alto-forno, e, compósitos com vários tipos de fibras e, concretos (argamassas) leves.

O efeito do superplastificante não é limitado apenas ao cimento portland e pode, assim, ser aplicado a outros sistemas de cimentação.

Como a redução da água está relacionada com resistência mecânica, é possível obter-se concretos (argamassas) com mesma qualidade, no mínimo, que os concretos (argamassas) convencionais, com redução de cimento.

Os superplastificantes são também compatíveis com outros aditivos. É essencial entretanto que se façam testes iniciais para se avaliar o efeito da combinação deles.

Há três possibilidades do uso do superplastificantes no concreto e argamassas:

- produção de concretos e argamassas com baixa relação água/cimento,

- produção de concretos e argamassas com reduzido teor de cimentos,

- produção de concretos e argamassas fluídas.

Alguns problemas podem ser listados na utilização de superplastificantes para a produção de concretos fluídos, que seria a rápida perda de trabalhabilidade que frequentemente ocorre nesses casos, principalmente quando se trabalha em elevadas temperaturas. Esse fato dificulta a aplicação do concreto, muitas vezes inviabilizando o emprego dos aditivos superplastificantes. A alta plasticidade obtida é, na maioria das vezes, transitória e dependendo das condições, perdura por 30 a 60 minutos.

Porém, na maioria das aplicações da argamassa armada, o tempo mencionado no parágrafo anterior é suficiente para a aplicação da argamassa na fôrma.

Conforme dados apresentados por HATTORI (1979), do ponto de vista da durabilidade, os resultados foram excelentes.

3.6.5- A ADIÇÃO DE MICROSSÍLICA

A microssílica é um sub-produto da fabricação de silício metálico ou de ligas de ferro-silício. Pode ser aditiva ao cimento como uma super pozolana.

Segundo se tem divulgado, a microssílica tem diminuído a permeabilidade do concreto de mil a dez mil vezes.

Algumas das vantagens da utilização de concretos aditivados com microssílica são:

- densificação da pasta, substituindo a água;
- grande resistência a abrasão;
- grande resistência à compressão;
- aumento da resistividade elétrica do concreto;
- aumento da resistência da massa de concreto aos ataques de agentes químicos;

- concretos sem adições, dosados para um $f_{c3} = 40$ MPa, com adições de microssílica tem-se atingido $f_{c3} = 70$ MPa.

A microssílica é fornecida atualmente (material ainda importado no Brasil) de forma aditivada, obtendo-se no preparo de concretos, uma substancial redução na relação água/cimento, além de proporcionar um concreto com trabalhabilidade melhor e mais coeso. Em alguns casos, é possível elaborar um concreto com relação a/c = 0,36, com consumo de microssílica da ordem de 10% em relação à massa de cimento, quando se tenha o superplastificante incorporado.

Experiências feitas pelo autor em São Carlos, utilizando-se de uma argamassa com traço de 1:2 e a/c=0,37 e utilizando-se cerca de 8% de microssílica (com superplastificante incorporado) em relação ao peso de cimento, atingiu-se resistência à idade de 6 dias da ordem de 50MPa. Outras experiências que estão em andamento na Escola de Engenharia de São Carlos levam a crer que o uso da microssílica deverá proporcionar grandes reduções na porcentagem de cimento para a argamassa armada, além de proporcionar argamassas com características excepcionais.

CAPITULO IV

PRINCIPAIS FORMAS DE DETERIORAÇÃO

4.1 - DETERIORAÇÃO SUPERFICIAL DA ARGAMASSA

Assim como ocorre nas estruturas de concreto aparente, as principais degradações que ocorrem nos elementos de argamassa armada, quando estão expostos sem proteções adicionais, são: lixiviação, carbonatação e retração, e alguns casos, a degradação tem ocorrido pela retenção de fuligem e fungos, além de concentrações salinas que se tornam elevadas após um certo tempo.

A argamassa está longe de poder ser considerada uma mistura homogênea; pode-se distinguir a formação de dois tipos de superfície: uma decorrente da restrição imposta pela fôrma, agravada pelo posicionamento da armadura, com pequenos cobrimentos e, aquelas ocorrentes a partir de um adensamento natural.

Na maioria das formas produtivas da argamassa armada, sempre se utilizam de fôrmas com características tais que proporcionam uma textura superficial de pouca rugosidade.

O efeito parede causado pelas fôrmas, em alguns casos, é fortemente evidenciado e agravado pela proximidade das armaduras. Isso leva a concluir que a argamassa, em um mesmo elemento, pode apresentar propriedades distintas.

Nas proximidades das paredes da fôrma observa-se uma concentração da pasta de cimento e, em torno da armadura, o fato se repete (há citações na literatura que essa espessura alcança o valor de até 1mm).

Na região de posicionamento dos fios da armadura que, pode ser assumida também como fôrma, uma grande quantidade de partículas do agregado não irá contorná-la e haverá assim uma região em que praticamente existirá apenas pasta de cimento.

Essa região é a mais crítica, e apresenta características distintas da argamassa no interior, tem maior porosidade, é susceptível de uma retração química mais intensa, é mais facilmente carbonatável e tem grande sensibilidade à cura.

HELENE(1989), apresenta os seguintes valores constantes da Tabela T4.1, relativos à porosidade da pasta e da argamassa, comparativamente à porosidade do concreto.

Material	Traço em massa seca	Consumo de cimento por m ³	Relação água/cimento em massa	Porosidade (Vol.vazios/m ³)%				
				Grau de hidratação e idade aproximada				
				=33%	=67%	=80%	=90%	=100%
				3d	28d	1 ano	10 anos	50 anos
Concreto	1:2:3	350	0,5	19	11	8,7	6,9	5,4
Argamassa	1:2	600	0,5	33	19	15	12	9,4
Pasta	1	1200	0,5	63	37	29	23	28

Tabela T4.1 - HELENE (1989)

Um fato curioso observável é que, mantida a relação a/c em 0,5, ter-se-á, respectivamente ao concreto, argamassa e pasta, consumos de 175kg, 300kg e 600kg de água por metro cúbico.

HELENE observa também que para essa argamassa é gerado cerca de 120kg/m³ de Ca(OH)₂ e para a pasta cerca de 240kg/m³.

Dessa forma, aquela região em torno da armadura e próxima à fôrma ficará mais susceptível a uma degradação maior, carbonatando-se mais facilmente e, exatamente na posição da armadura, haverá praticamente uma concentração elevada de pasta, levando, se a cura for insuficiente, a fortes retrações.

Na figura F4.1 é idealizada a situação e na documentação fotográfica DF4.1 é apresentado uma constatação do problema.

Os elementos projetados com fôrma unilateral, apesar do acabamento apresentar-se com uma rugosidade maior, a situação não é tão evidenciada, embora outros problemas possam surgir.

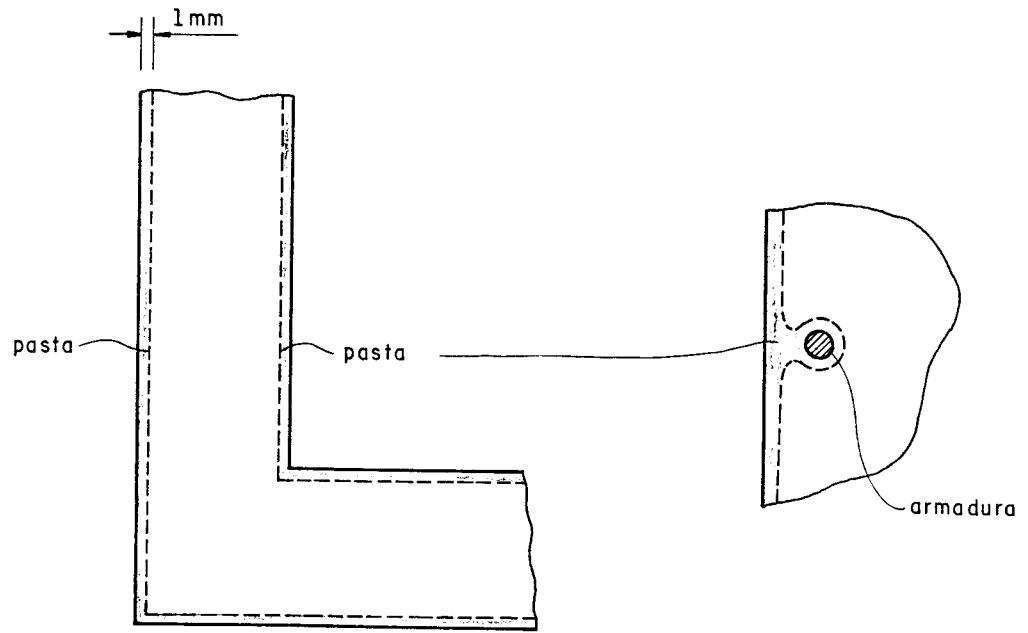
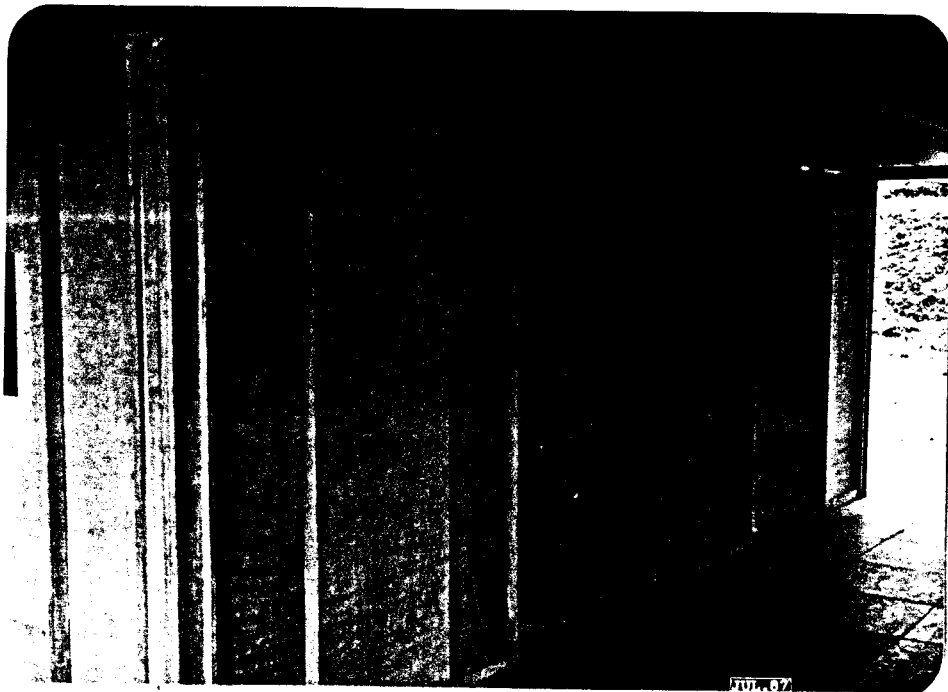


Figura F4.1



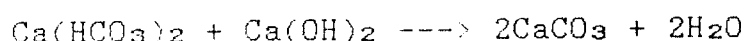
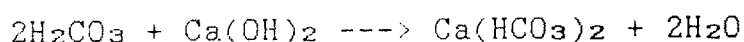
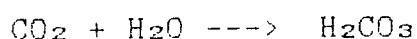
Documento DF4.1

Diante disso, os elementos que estiverem sujeitos à ação das chuvas, molhagem e secagem, reação com gás carbônico e outras substâncias agressivas de uma maneira geral, deverão receber tratamento superficial.

A maior porosidade das pastas é explicada, em parte, pela grande concentração de água livre, comparativamente à água do concreto. Em média, nos concretos, tem-se observado que na maioria dos casos, a quantidade de água necessária para a elaboração de um metro cúbico gira em torno de 200kg/m³ enquanto que para a argamassa, tem sido da ordem de 270kg/m³, e, conforme se mencionou, chegou em alguns casos a até 350kg/m³.

É interessante observar nos dados apresentados na Tabela T4.1 que, no caso da pasta de cimento será gerado cerca de 240kg/m³ de Ca(OH)₂, enquanto que para a argamassa esse valor importa em aproximadamente 120kg/m³ e no caso do concreto 75kg/m³.

A região em torno da armadura e próxima à fôrma estará susceptível a uma degradação maior, carbonatando-se mais facilmente, de acordo com a seguinte reação:



e havendo a carbonatação há queda de pH (para 9,4 - HELENE-1988).

Prosseguindo a reação, com uma intensidade maior de gás carbônico, poderá haver a formação de bicarbonato.

Isso explica a maior deterioração da argamassa em alguns casos pois, a solubilidade desses sais a 18°C, é:

carbonato de cálcio: 13 mg/l

bicarbonato: 1890 mg/l

Outro fator influente na velocidade de carbonatação é o binômio umidade relativa/temperatura. GREGER (1969) observa que ambientes secos climatizados ($UR < 65\%$ e $T = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$) podem conduzir à grande intensidade de carbonatação, comparando-se com os ambientes úmidos. O fato se deve à obstrução causada pela água. É óbvio que outros problemas poderão ser originados pela presença da água.

Nos elementos projetados com fôrma unilateral, apesar do acabamento apresentar-se menos polido que aquele em contato com a fôrma, esses efeitos tem-se mostrado menos pronunciados porém, há que se considerar a exsudação.

Em algumas inspeções mediu-se profundidade de carbonatação da ordem de 1mm. Ressalta-se porém que no mesmo elemento essa profundidade é variável.

A preocupação com o fato está relacionada com a situação de exposição do elemento. Aqueles que estiverem em ambientes protegidos, caso dos painéis de vedação, e em micro-ambiente não agressivo, é desnecessário haver proteções adicionais, considerando-se também o elevado teor de cimento; um consumo da ordem de 450kg/m^3 é suficiente para a elaboração de boas dosagens e atenderiam a destinação que se dá a uma grande parte de aplicações.

Nos outros casos surge a dúvida de como contornar a situação.

A adoção de relações água/cimento menores que 0,4 para traços em massa de cimento e areia de 1:2, em geral não leva a bons resultados práticos, a menos de análises prévias com uso de agregados compostos. Surge então a idéia de se lançar mão de aditivos, conforme já se mencionou, como os superplastificantes.

Com os produtos nacionais tem-se atingido boa trabalhabilidade com doses entre 1,5% e 2%, em relação ao peso de cimento e isso tem permitido redução na relação água/cimento para valores da ordem de 0,3.

A literatura tem reportado os sucessos conseguidos com esses aditivos porém, à sua administração várias considerações devem ser levadas em conta. Uma dose adequada, relacionada aos bons padrões de execução da argamassa, conduzem às hipóteses feitas em projeto.

Por outro lado, considerar que um elemento com uma espessura da ordem de 20mm seja impermeável não tem muito significado pois, é preciso ter em mente que a armadura dista da face um valor muito menor que a espessura do elemento.

HELENE(1989) apresenta um quadro das principais formas de envelhecimento das superfícies de concreto e, é perfeitamente aplicável à argamassa armada. No quadro Q4.1 são apresentados os mecanismos de envelhecimento.

Para melhorar a proteção da armadura, uma primeira hipótese seria pensar no aumento do cobrimento, conjuntamente com a utilização de agregado gráudo com granulometria máxima de 6,3mm, limitada em vista do distanciamento entre os fios que normalmente compõem a armadura no caso da argamassa armada, porém, em alguns casos, podendo atingir o valor de 9,6mm.

A adoção de cobrimentos maiores, acarreta, em algumas situações, uma fissuração com abertura superficial muito grande, produzindo defeitos estéticos no elemento.

A adoção de agregado gráudo, quando possível, deve ser efetuada.

AGRESSIVIDADE		CONSEQUENCIAS	
Natureza do processo	Condições particulares	Alterações de cor	Alterações físico-químicas
carbonatação	UR 60% a 85%	em geral mais clara	.redução do pH .corrosão do aço .fissuração superf.
lixiviação	atmosfera ácida águas moles	escurece com manchas	.redução de pH .corrosão do aço .desagregação superf.
retração	molhagem/secação ausência de cura	manchas e marcas nas fissuras	.fissuração .redução do pH .corrosão do aço
fuligem	atmosferas urbanas e industriais (zonas úmidas)	manchas escuras	.redução do pH .corrosão do aço
fungos	zonas úmidas e salinas	manchas escuras e esverdeadas	.redução do pH .desagregação superf. .corrosão do aço
concentração salina	atmosferas marinhas e industriais	esbranquecimento	.redução do pH .despassivação da armadura .desagregação superf.

QUADRO 4.1 - FONTE: HELENE (1989)

Diante das observações realizadas nas inspeções, há um forte indicativo da necessidade de revestimentos protetores que, devem funcionar como proteção adicional ao cobrimento da armadura, porém se deve ressaltar que tal revestimento não deve ter a finalidade de proteger uma argamassa mal executada.

Os revestimentos protetores que podem ser utilizados no aumento da vida útil da superfície são os hidrófugos de poro aberto e os revestimentos impermeabilizantes.

HELENE(1989) apresenta uma série de observações a respeito das características a serem observadas no preparo de superfícies e nos cuidados com tais revestimentos que, feita para o concreto armado aparente, aplica-se, em parte, à argamassa armada. No quadro Q4.2, são apresentadas algumas situações.

O contato direto de concreto ou argamassa com soluções ácidas, como por exemplo, clorídrico, fluorídrico, nítrico, sulfuroso e sulfúrico ocasiona sua deterioração, pois eles reagem com o Ca(OH)_2 e álcalis, diminuindo o valor do pH.

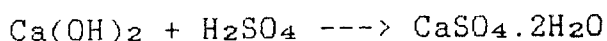
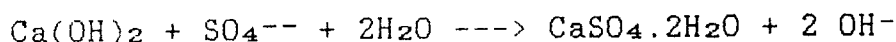
Deve ser considerado também, no que diz respeito à agressividade pelos ácidos, não só o valor de pH, mas a composição do ácido, isto é, sua parte aniônica: esse fato é evidenciado no caso de se ter deterioração por ácido sulfúrico.

Com o dióxido de enxofre, SO_2 , e o trióxido de enxofre SO_3 na atmosfera e, em presença de umidade, tem-se a formação dos ácidos sulfurosos (H_2SO_3) e sulfúrico (H_2SO_4). O ácido sulfúrico formado pode-se depositar sobre as estruturas de concreto ocasionando sérios inconvenientes, devido à ação química sobre o cimento.

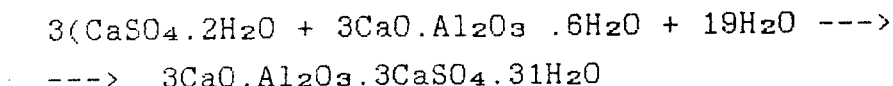
ESTADO DA SUPERFÍCIE	CONSEQUÊNCIAS	PREPARAÇÃO
Impregnada de óleo e produtos desmoldantes	<ul style="list-style-type: none"> . Baixa aderência de películas . Baixa penetração de líquidos hidrofugantes 	<ul style="list-style-type: none"> . jato de água quente . detergentes biodegradáveis . desbaste mecânico (jato de areia, lixamento)
Impregnada de restos de madeira da fôrma ou de cola da fôrma	<ul style="list-style-type: none"> . Baixa aderência de películas . Degradação precoce do revestimento 	<ul style="list-style-type: none"> . jato de areia . lixamento elétrico . jato de água quente
Impregnada de fuligem	<ul style="list-style-type: none"> . Baixa aderência de películas . Degradação precoce do revestimento 	<ul style="list-style-type: none"> . jato de água quente ou de areia . lavagem com solução de fosfato trisódico . lixamento elétrico
Impregnada de fungos, bolor	<ul style="list-style-type: none"> . Baixa aderência de películas . Degradação precoce do revestimento 	<ul style="list-style-type: none"> . lavagem com solução de hipoclorito de sódio (10%) . lavagem com solução de água sanitária . jato de areia e lixamento
Porosidade excessiva	<ul style="list-style-type: none"> . Riscos de ruptura de películas contínuas de revestimento . Redução da ação hidrofugante 	<ul style="list-style-type: none"> . lixamento e estucamento da superfície . tamponamento dos poros
Com alcalinidade elevada (superfície jovem)	<ul style="list-style-type: none"> . Degradação (saponificação) de produtos orgânicos 	<ul style="list-style-type: none"> . lavagem com ácido clorídrico (5%) seguida de enxague com abundância de água potável
Esfarelamento superficial	<ul style="list-style-type: none"> . Baixa aderência de película 	<ul style="list-style-type: none"> . solução aquosa de metassilicato de sódio (20%) . Solução aquosa de fluorsilicato de magnésio ou de zinco

Quadro Q4.2 - FONTE: HELENE (1989)

As soluções de sulfato reagem com o hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , livre, proveniente da hidratação do cimento portland, ou com o aluminato tricálcico, C_3A , hidratado, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, que é um constituinte normal do cimento, podendo-se ter as reações entre o sulfato ou ácido sulfúrico e o Ca(OH)_2 .



O sulfato de cálcio hidratado reage com o C_3A hidratado, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, formando o sulfoaluminato de cálcio, etringita, podendo-se escrever:



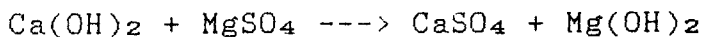
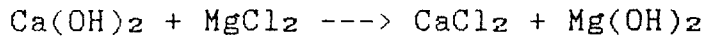
A formação de cristais de sulfoaluminato de cálcio é acompanhada de considerável aumento de volume, desenvolvendo alta pressão interna que pode ocasionar a expansão e conseqüente desagregação; apresenta-se na Tabela T4.2 esses dados, na qual se verifica o grande volume molecular do sulfoaluminato de cálcio em relação aos de sulfato de cálcio e aluminato tricálcico hidratado.

Composto	Massa Molecular	Densidade	Volume Molecular (cm ³)
Ca(OH)_2	74,1	2,23	33,2
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	172,2	2,32	74,2
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	378,0	2,52	150,0
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$	1273,0	1,73	715,0

Tabela T4.2

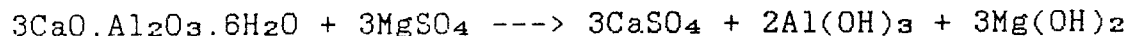
As reações de troca iônica também podem dar origem a elementos não aglomerantes.

Por exemplo, o magnésio reage com o Ca(OH)_2 e produz um sal que não tem boas características aglomerantes, solúvel e pode ser carregado em água corrente.

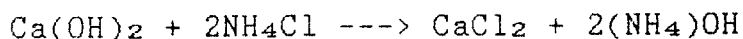


Na primeira reação há a formação do cloreto de cálcio, que dissociado, o ion Cl^- atacará a armadura e na segunda reação há a formação do gesso que é expansivo.

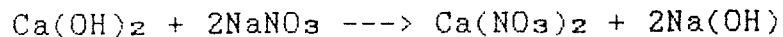
O sulfato de magnésio pode também reagir com os aluminatos produzindo além do gesso, outros sais sem características aglomerantes.



A amônia também pode reagir com o hidróxido de cálcio, formando elementos solúveis.



Os nitritos e nitratos, normalmente utilizados nas indústrias de fertilizantes também produzem elementos altamente solúveis.



4.2 - CORROSAO BACTERIOLOGICA DA ARGAMASSA .

A utilização da argamassa armada nas aplicações de saneamento tem sido feita desde 1980, com as obras do Vale do

Camurujipe em Salvador/BA.

Pesquisas encontram-se em andamento visando a utilização da argamassa armada em galerias de grande porte, para águas pluviais inicialmente.

Ocorre que, pelo menos no Brasil, a maioria das galerias estão sujeitas à ação de esgotos e, fica difícil desconsiderar o fato e, principalmente a ação que esse efluente poderá criar em elementos de pequena espessura. Assim se farão comentários aqui sobre alguns estudos importantes sobre o assunto, que visam subsidiar os pesquisadores com dados importantes já detectados em outros estudos.

A deterioração em galerias de esgotos sob a influência de agentes bacteriológicos e químicos não é um problema recente, tem sido conhecido e investigado por muitos anos. Em 1918, atenções foram dadas ao combate à corrosão do sistema de esgoto da cidade do Cairo, no Egito. Porém, as primeiras experiências relacionadas com o problema da corrosão pela ação de sulfetos nos coletores de esgoto, foram conduzidas por RICHARD POMEROY e FRED BOULUS, durante o período de 1930 a 1945, quando se iniciou a operação dos coletores-tronco do distrito sanitário de Los Angeles, nos EUA.

Durante a década de 1950, exaustivos estudos foram efetuados na Austrália por DAVY PARKER e THISTLETHWAYTE. Simultaneamente SUSKIN, VAN AORDT e outros, na África do Sul, forneceram importantes informações quanto à tecnologia envolvida no projeto de coletores de concreto resistentes à corrosão. POMEROY continuou seus estudos e pesquisas sobre corrosão pela ação dos sulfetos durante os 30 anos que se seguiram à publicação do seu trabalho original, tendo publicado importantes trabalhos que forneceram subsídios sobre os processos básicos e meios para o combate da corrosão.

Em decorrência do metabolismo das bactérias há a decomposição ativa de matérias orgânicas e minerais que intervêm

nos ciclos naturais do carbono, nitrogênio e enxofre.

Há vários tipos de bactérias, algumas participando benéficamente na biodegradação de substâncias poluidoras ou na síntese de substâncias valorizáveis.

Outras tem ação prejudicial, degradando numerosos materiais de construção orgânica, e outras atacando até mesmo materiais pouco degradáveis, como por exemplo, o concreto.

Para o seu metabolismo, as bactérias necessitam de catalizadores biológicos, de enzimas que permitem a evolução entre célula e o meio.

As bactérias podem ser classificadas, quanto à necessidade de oxigênio, como:

a) **aeróbias** - quando se desenvolvem unicamente em presença do oxigênio do ar e o consome no curso de seu metabolismo;

b) **anaeróbias** - quando podem se desenvolver na ausência de oxigênio dissolvido; utilizam o oxigênio necessário à sua vida de moléculas oxigenadas do meio, como, por exemplo, de um aldeído, de um ácido pirúvico ou ainda de um composto mineral como o ion sulfato.

As bactérias do ciclo enxofre são as mais importantes do ponto de vista da corrosão da argamassa.

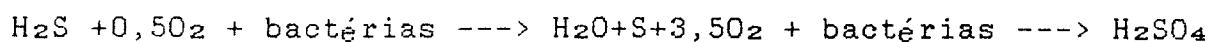
Numerosos microorganismos intervêm nas transformações do enxôfre dessas substâncias, ocasionando a formação de derivados mais reativos que os produtos iniciais, como o ácido sulfídrico, gerados por bactérias anaeróbias que se desprendem em estado gasoso e passa à atmosfera.

As bactérias anaeróbias atuam sobre o ácido sulfídrico produzindo o dióxido de enxofre (SO_2) que posteriormente passa a trióxido de enxofre (SO_3) e, finalmente a ácido sulfúrico cuja concentração sobre as paredes úmidas da galeria pode chegar a 5%. Mesmo concentrações de H_2SO_4 dessa ordem, citado por THORNTON JR., não inibem completamente a atividade bacteriológica.

Mesmo no caso do esgoto doméstico, embora os dejetos sejam

alcalinos, pode ocorrer a putrefação da matéria orgânica, que contém enxofre e sulfato de hidrogênio, pelas bactérias anaeróbias. O gás sulfídrico não é por si mesmo um agente destrutivo, mas dissolvido em película de umidade sobre o concreto, oxida-se, agora sob a ação de bactérias aeróbias, transformando-se em ácido sulfúrico. O ataque se processa, portanto, acima do nível do líquido.

A oxidação do H_2S , pelas bactérias, se processa da seguinte forma:



Esse ácido sulfúrico formado é o responsável pela corrosão do concreto em uma galeria.

Na figura F4.2 é representado o mecanismo da corrosão bacteriológica em condutores de concreto, de esgoto sanitário.

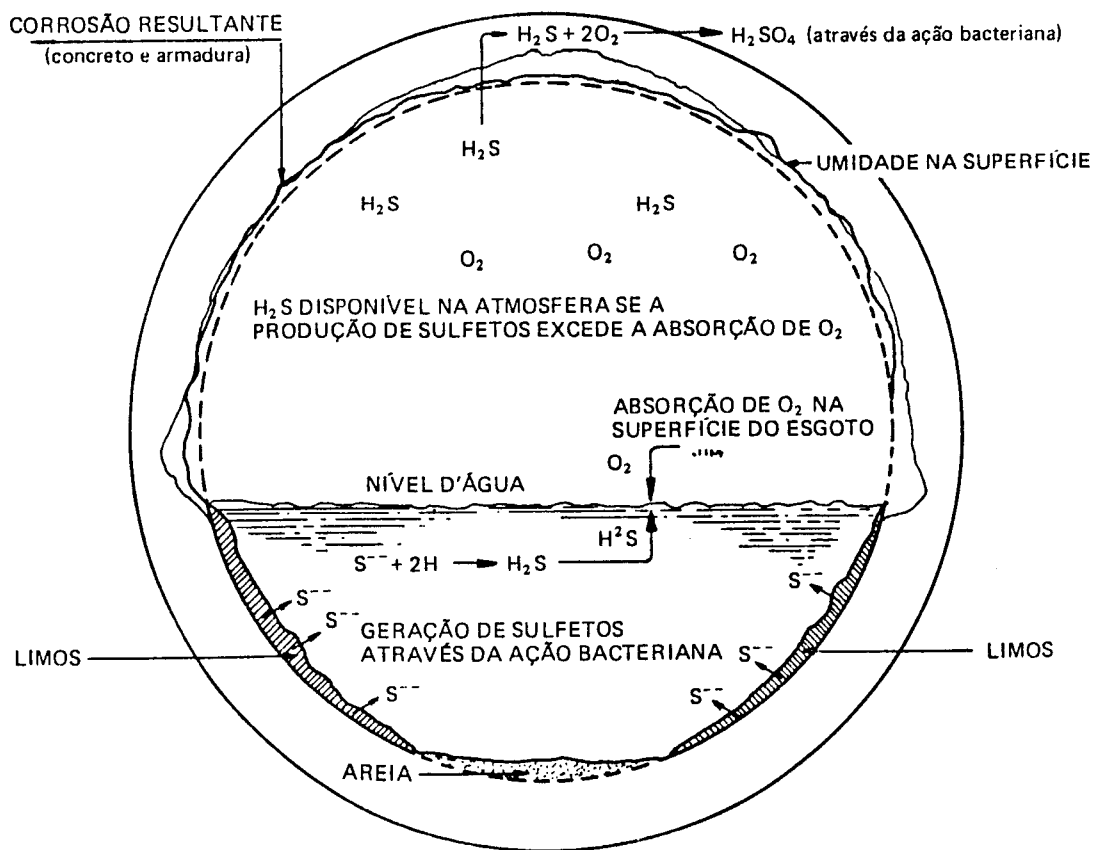
A presença de sulfetos nos esgotos pode ser devida à sua descarga direta nas águas servidas, tal como acontece com alguns despejos de indústrias e pela descarga de tanques sépticos. Contudo a sua presença é, em geral, causada pela dos sulfatos normalmente encontrados nas fontes de sistema de abastecimento de água através da ação bacteriológica e aumentado pelo uso humano. Essa atividade bacteriológica se encontra em uma camada de limo que normalmente se desenvolve nas superfícies submersas dos esgotos.

4.2.1- FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A PRODUÇÃO DO GAS SUL-SULFIDRICO

Vários fatores influenciam a produção de gás sulfídrico:

- a) temperatura;
- b) D.B.O. (demanda bioquímica de oxigênio);
- c) conteúdo de sulfatos;
- d) o pH da água de esgoto;
- e) turbulência no fluxo de esgotos;

- f) condições de fluxos irregulares;
- g) curvas acentuadas no traçado da rede de esgotos;
- h) diluição de material sólido;
- i) concentração de limo, etc.



FONTE: HELENE (1986)

Figura F4.2

A literatura especializada tem reportado que em locais de turbulência, altos valores de sulfeto de hidrogênio ocorrem, mesmo que a concentração de sulfetos dissolvidos seja baixa e, condições de fluxos irregulares e quedas de água também tem influenciado a concentração de sulfetos na atmosfera e, 0,5 ppm de sulfetos na água de esgoto podem causar severas corrosões localizadas.

Tem sido observado também que em fluxos de águas de esgoto sem nenhuma turbulência, que concentrações de sulfetos dissolvidos de 0,1 ppm parece não ser suficiente para gerar quantidade de sulfeto de hidrogênio capaz de provocar a corrosão, além do que, em algumas condições é completamente seguro assumir que pequenas ou nenhuma corrosão ocorrerá durante os primeiros 30 anos, que corresponde à vida útil de uma rede de esgotos.

POMEROY, citado em LUDWIG, avaliou que, sob condições típicas, uma média anual de concentrações de sulfetos dissolvidos de 0,1 ppm a 1 ppm produzem ataques no concreto. Em concentrações elevadas, esse ataque chega a 25mm por década.

Cita ainda que:

- curvas acentuadas em um condutor de esgoto podem aumentar a concentração de sulfetos e sua geração;
- velocidade de fluxo baixa, tem também influenciado na produção de sulfetos.

No caso dos canais drenantes de argamassa armada e em galerias, fechadas, esse mecanismo de degradação poderá estar ocorrendo. Pesquisa nesse sentido está sendo idealizada na EESC-USP e oportunamente os resultados serão divulgados.

4.3 - LIXIVIAÇÃO

As águas moles e/ou ácidas dissolvem grandes quantidades de pasta de cimento.

O efeito lixiviante da superfície e as reações com SO_2 e

H₂S, são típicos das regiões industriais e concentrações urbanas representativas. Esses gases, conforme se mencionou em 4.2.1, formam-se também nos córregos e rios poluídos que, reagindo com a umidade e em presença do oxigênio transformam-se em ácido sulfúrico. Há que se considerar também as chuvas ácidas, observáveis naquelas regiões que são extremamente agressivas nas primeiras horas.

Nos locais de atmosferas contaminadas, a implantação de projetos utilizando-se da tecnologia da argamassa armada, deverá ser subsidiada por análises peculiares a cada caso.

4.4 - RETRAÇÕES DE SECAGEM E QUÍMICA

A argamassa normalmente emprega altas doses de cimento em sua elaboração, conforme já se mencionou.

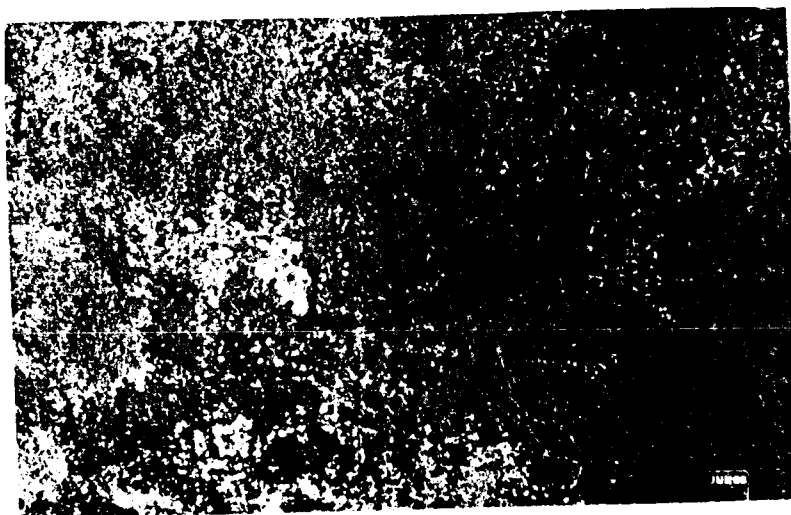
Já de início, a tecnologia se resente do problema de uma cura adequada. Nota-se, principalmente nessa etapa, o descaso de alguns empreiteiros, atribuindo a responsabilidade dessa etapa construtiva a profissionais com pouca responsabilidade (serventes). Surgem então os problemas!

A argamassa pode experimentar a retração por secagem e a química, a primeira de origem hidráulica e a segunda devido às reações de hidratação do cimento e/ou carbonatação. Conseqüentemente, conforme já se salientou, e diante de alguns processos produtivos, os maiores efeitos tem-se notado nas proximidades da armadura e, diante desse fato, outros mecanismos de deterioração poderão se acelerar.

4.5 - ATAQUE PELA FULIGEM E FUNGOS

A argamassa é um material poroso superficialmente e, após algum tempo, há uma remoção da camada de pasta superficial pelo efeito lixiviante das águas que atuam sobre ela, quando o elemento se encontra exposto.

Esse efeito determina uma rugosidade superficial elevada, conforme apresentado na documentação fotográfica DF4.2, facilitando a deposição de fuligem na superfície do elemento. Essas partículas são geralmente de natureza ácida que dão origem à produtos que reduzem a alcalinidade da argamassa criando condições que facilitam a despassivação da armadura e sua posterior deterioração.



Documento DF4.2

Os microorganismos através de seu metabolismo geram substâncias que culminam por atacar a argamassa. As superfícies infectadas permanecem constantemente úmidas, e promovem a redução do pH da argamassa e uma desagregação superficial, culminando com o ataque da armadura.

4.6 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A CORROSAO DA ARMADURA

O fenômeno da deterioração da armadura nos elementos de argamassa armada é essencialmente eletroquímico.

Para a ocorrência desse fenômeno, é necessário haver a presença de umidade e do oxigênio, podendo contribuir também nisso elementos agressivos, dos quais se destaca o íon cloro

(Cl⁻) livre, que pode estar presente nos constituintes da mistura, ou penetrar por difusão ou através de falhas na argamassa.

Também a corrosão poderá ocorrer na ausência do íon cloro, como, por exemplo, em decorrência dos efeitos da carbonatação da argamassa.

Tem-se relatado, contudo, que a baixa relação água-cimento conduz geralmente a um processo lento, fato que no caso da argamassa armada, conforme já se salientou, é necessário ser visto com cautela pois, baixa relação água/cimento pode significar, ainda assim, grande quantidade de água livre. É necessário associar uma baixa relação água/cimento a uma quantidade máxima de água na mistura. Daí o simples transporte das suposições referenciais feitas para o concreto poderá significar problemas às estruturas de argamassa armada.

Outro fator importante de se analisar na tecnologia é o efeito da difusão de armadura na argamassa.

Com a finalidade de tornar didática a questão, considere-se a superfície exposta de uma barra de aço de diâmetro nominal 12,5 e comprimento de 100 cm:

$$A_{ext} = \pi . D . l = 3,14 . 1,25 . 100 = 393 \text{ cm}^2$$

O equivalente em área de aço, representado por uma tela normalmente empregada na argamassa armada, com fio de diâmetro de 2 mm é de:

$$A_{s, equiv} = 40 . \pi . d . l = 40 . 3,14 . 0,2 . 100 = 2513 \text{ cm}^2$$

Ter-se-á portanto uma área exposta de 6,4 vezes maior que a considerada barra isolada, o que pode significar, uma maior susceptibilidade ao ataque se, a proteção garantida pelo cobrimento não for realmente efetiva.

Da mesma forma, os riscos de se ter uma argamassa de proteção heterogênea é muito maior, e a proteção física e/ou

química necessária poderá ser facilmente comprometida se a produção da argamassa armada não for de boa qualidade, devendo-se ainda considerar a necessidade de manutenção de pequenos cobrimentos (4 a 6 mm), necessários para se evitar outros problemas, em alguns casos, de natureza estrutural.

Aí talvez as fibras descontínuas de aço venham a se comportar melhor, tanto satisfazendo a condição de difusão de armadura quanto estabelecendo uma relação cobertura/espessura da armadura, maior, comparando-se com a barra de 12,5 mm, além da interrupção da fibra (descontínua) e, uma distribuição tridimensional.

A consideração da agressividade do meio, em qualquer hipótese de armadura considerada, é um fator essencial, visto que é a argamassa que será deteriorada inicialmente, se os cuidados de manutenção de baixa permeabilidade e absorção forem estabelecidos a priori e, em qualquer caso, a proteção superficial adicional será necessária.

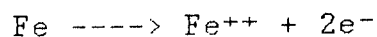
Assim, a deterioração da armadura na argamassa armada não pode ser considerada como um mecanismo próprio da tecnologia, ainda que se considere algumas facilidades de sua ocorrência, e sim, simplesmente um problema associado às técnicas produtivas, à qualidade e à quantidade de argamassa necessária àquela proteção da armadura.

4.6.1 - PRINCÍPIOS DA CORROSAO DO AÇO

A corrosão do aço geralmente ocorre em um meio aquoso e a forma mais comum é a de natureza eletroquímica, embora em alguns casos se tenha noticiado sua ocorrência de forma essencialmente química.

O processo se dá com a formação de semi-células, ocorrendo no anodo uma reação eletroquímica de oxidação (polo negativo),

com o ferro se oxidando, gerando ions ferrosos:



enquanto que no catodo ocorre uma reação eletroquímica de redução, devendo existir também um condutor elétrico, além de um meio aquoso.

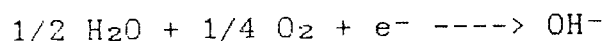
Com relação ao anodo, o potencial padrão de oxiredução (potencial gerado em relação a um eletrodo padrão de hidrogênio) é de $E_{\circ} = -0,440\text{V}$.

O Fe^{++} é transformado em óxidos de ferro (ferrugem) e, esses produtos de reação atingem volumes muitas vezes maiores que o inicial, originando tensões internas que provocam a ruptura das argamassas e concretos à tração, provocando assim fissuras e/ou lascamentos no nível da armadura.

No catodo observa-se uma redução e o potencial padrão de oxiredução atinge o valor de $E_{\circ} = 0,401\text{V}$.

Outro fator importante a se considerar é a presença de oxigênio.

No caso dos concretos, que é um meio altamente básico, há geralmente uma grande disponibilidade de suprimento de oxigênio, ocorrendo a seguinte reação:



De acordo com GJORV & VENNESLAND & EL-BUSAIDY (1976), há uma influência da relação água/cimento e espessura considerada, na difusão do oxigênio, conforme se apresenta na figura F4.3, realizado para argamassa e concreto:

Outro fator importante refere-se à presença de elementos agressivos, dos quais se destaca o ion Cl^{-} .

SHALON & RAPHAEL (1959) demonstraram que, mesmo na presença de cloretos, a taxa de corrosão do aço será baixa se o concreto

for continuamente saturado com água.

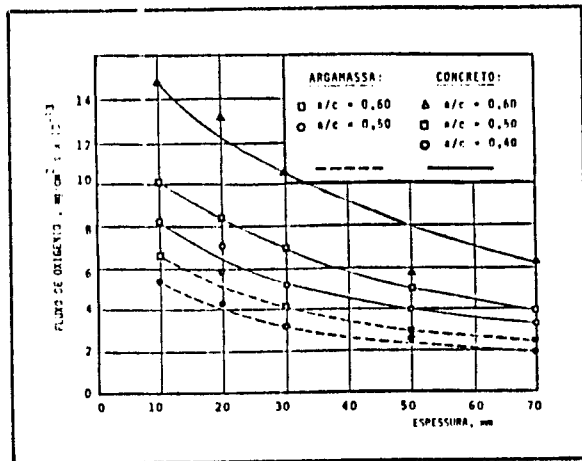


Figura F4.3 - FONTE: ACI-Comitê 222

GRIFFIN & HENRY (1963) demonstraram o efeito da concentração de um sal (cloreto de sódio) na taxa de corrosão, conforme apresentado na figura F4.4:

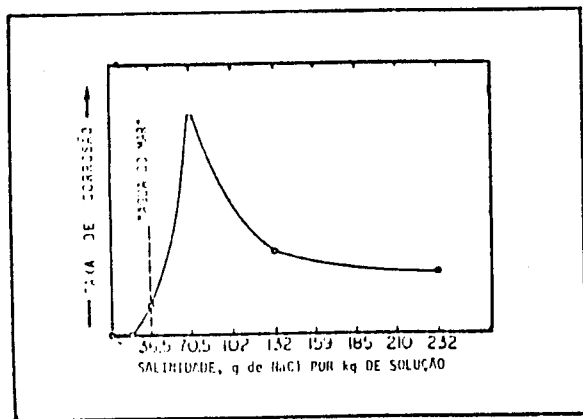


Figura F4.4 - FONTE: ACI-Comitê 222

Nota-se, pela figura F4.4, que há um aumento da taxa de corrosão até um determinado ponto, a partir do qual, mesmo com

acréscimo da concentração de ions cloro, aquela taxa diminui e atribui-se o fenômeno à reduzida solubilidade e difusibilidade do oxigênio e, portanto, à sua falta para manter o processo de corrosão.

4.6.2 - A INFLUENCIA DO pH NA TAXA DE CORROSAO

UHLIG (1971) demonstrou a influência do pH sobre a corrosão do ferro, conforme se apresenta na figura F4.5.

Normalmente os concretos bem executados (o que não excetua as argamassas estruturais) fornecem uma boa proteção química às armaduras, pela passivação do aço. Isso se deve à ocorrência de um meio fortemente alcalino que se verifica em torno da armadura, com um pH na maioria das vezes em torno de 12,5.

Tem-se noticiado que apenas sob condições onde sais estão presentes ou quando o cobrimento da armadura encontra-se carbonatado, é que o aço torna-se vulnerável.

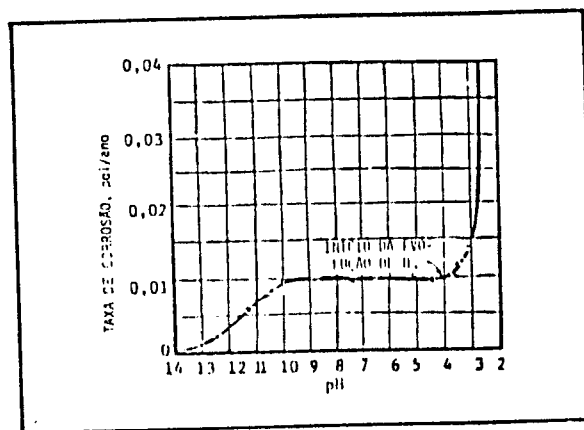


Figura F4.5 - FONTE ACI - Comitê 222

POURBAIX (1976) representou graficamente diagramas do potencial elétrico versus pH, inclusive o comportamento eletroquímico e a corrosão do ferro em meio aquoso, cujo diagrama para o ferro, é o apresentado na figura F4.6, a seguir:

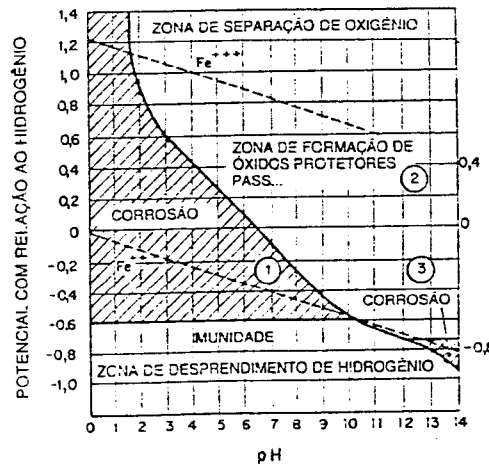
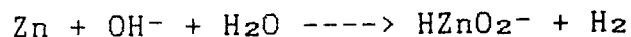


Figura F4.6

Analisando o gráfico anterior, observa-se que poderá haver a ocorrência de corrosão se o pH for acima de 13, porém, tem-se noticiado que não há a confirmação desse fenômeno nos concretos.

Nos casos de utilização de armaduras galvanizadas num meio ambiente com pH em torno de 12,5, o zinco reage rapidamente, formando produtos solúveis (zincatos) além de liberar hidrogênio gasoso:



4.6.3 - A INFLUENCIA DE AGENTES AGRESSIVOS

O íon cloro parece ser o elemento mais agressivo no que diz respeito ao ataque à armadura.

HATTORI (1979) investigou a corrosão da armadura em concretos aditivados com superplastificante e mostrou que a incorporação de um superplastificante à base de naftaleno no

concreto, não leva a qualquer oxidação significativa da armadura. Comparou os resultados com outros aditivos: lignosulfonado e cloreto de cálcio (este último em várias dosagens). Os resultados são apresentados na Tabela T4.3.

TIPO DE ADITIVO	DOSAGEM	OXIDAÇÃO
	(% / peso de cimento)	(%)
-	-	0,25
superplastificante	0,60	traços
lignosulfonado	0,25	0,10
cloreto de cálcio	0,05	0,30
cloreto de cálcio	0,50	0,60
cloreto de cálcio	1,00	11,60
cloreto de cálcio	2,00	19,60
cloreto de cálcio	4,00	75,00

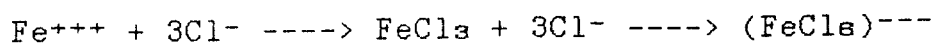
Tabela T4.3

Os cloretos podem permear nos concretos, independentemente de fissuras, conforme cita GJORV(1973).

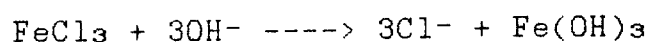
Tem-se noticiado a existência de três teorias para se demonstrar os efeitos dos íons cloreto na degradação da armadura: do filme de óxido (penetração coloidal no filme de óxido na superfície metálica, através de poros e defeitos); da adsorção (adsorção na superfície metálica em competição com o oxigênio dissolvido ou com íons hidroxila, promovendo a hidratação dos íons metálicos, proporcionando sua dissolução); do complexo transitório (competição com os íons hidroxila na produção de íons ferrosos pela corrosão, formando um complexo solúvel de cloreto de ferro que se difunde a partir de áreas anódicas destruindo a passivação da armadura dando continuidade ao processo corrosivo).

O grande problema parece que é a não fixação do íon cloro

que, e eles sempre estarão presentes dando prosseguimento à corrosão, sem se fixar.

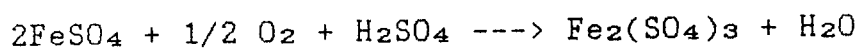
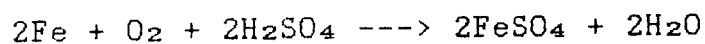


por hidrólise



Pela teoria do filme de óxido, tem-se dito que os íons Cl^- penetram mais facilmente que outros íons, como o SO_4^{--} , por exemplo.

No caso de íons SO_4^{--} , o processo se dá também, analogamente aos íons Cl^- , sem sua fixação, permitindo também uma continuidade da degradação do aço:



CAPITULO V

OBSERVAÇÃO DE CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA

Foram realizadas observações em coberturas, reservatórios enterrados, reservatórios apoiados, galerias, canais drenantes, estruturas de contenção, equipamentos urbanos, postos de saúde, centros comunitários, etc, construções datadas desde 1960, primeiras obras de argamassa armada existentes no Brasil, até o ano de 1988, bem como os processos produtivos desenvolvidos até então, desde aqueles que utilizam técnicas mais simples até os processos industrializados.

Observou-se, nessa coletânea de construções, obras íntegras e algumas seriamente deterioradas, outras em estágio inicial de deterioração e algumas já em estado de ruína. Estabeleceram-se alguns critérios para coleta de informações que permitissem avaliar a concepção da obra a nível de projeto, avaliação da qualidade de de mão-de-obra, propostas produtivas, avaliações de problemas eminentemente químico, físico e principalmente tecnológico.

Em vista de se tratar de trabalho exclusivamente científico, o autor se reservou o direito de suprimir a identificação de algumas obras, visto que o presente trabalho é público e essas identificações poderiam vir a ser utilizadas para outras finalidades que não as que são objeto desse trabalho científico. Da mesma forma, a supressão dessas identidades não traz prejuízos quaisquer tanto para estudantes, pesquisadores, quanto para o empresário interessado na informação para o aperfeiçoamento da técnica do "bem construir", na humilde colaboração que se pretende dar à tecnologia com o presente trabalho.

O autor não autoriza a utilização de quaisquer dados aqui mencionados para fins que não tenham caráter estritamente científico, quer em partes, quer de forma global, ficando essa

utilização condicionada às anuências: do autor, do orientador e da Universidade de São Paulo.

5.1 - RELATORIO DE INSPEÇÃO DA COBERTURA "A"

Apresentam-se neste relatório os resultados obtidos na inspeção realizada da cobertura A no período de 09 a 17 de junho de 1986.

A cobertura inspecionada encontra-se inserida em um meio ambiente agressivo (orla marítima).

A inspeção realizada limitou-se à análise das condições gerais da cobertura, no que se refere à fissuração, corrosão das armaduras, propriedades físicas e químicas da argamassa e dos resíduos depositados. Não foram efetuados ensaios de resistência dos materiais empregados nem ensaios de carregamento da estrutura.

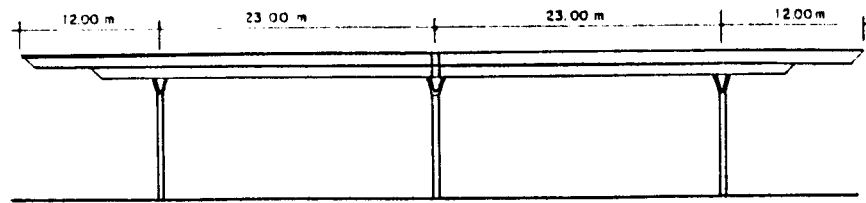
5.1.1 - DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA

A cobertura inspecionada compõe-se de vigas-telhas pré-moldadas dispostas no plano horizontal, abrigando uma edificação de uso público, com uma área útil de 15.120 m².

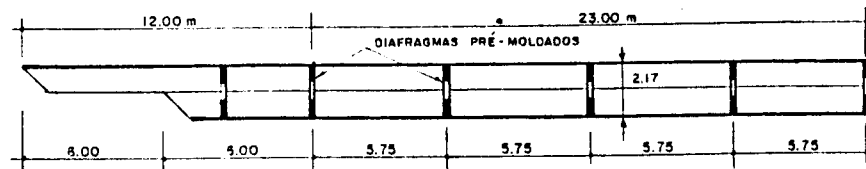
Constitui-se de 144 vigas simplesmente apoiadas, com seção transversal vazada em forma de hexágono regular, com distância entre apoios de 23m e mais um balanço unilateral de 12m, perfazendo um comprimento total de 35m. Cada elemento possui em seu interior seis diafragmas transversais enrijecedores.

A armadura utilizada foi composta por telas de aço soldada, de malha de 5cm x 5cm, fios de diâmetro nominal 3, e complementada por fios e barras de aço.

Na figura F5.1 são apresentadas algumas características da viga/telha, bem como seu processo executivo.



a) Elevação longitudinal



b) Seção longitudinal da viga pré-moldada.

ARMADURA

3 TELAS DE AÇO SOLDADAS

ϕ 3 mm c/ 50 mm

$f_{yk} = 600$ MPa

BARRAS DE AÇO

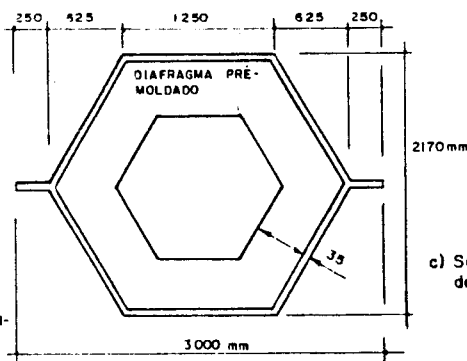
ϕ 5/16", ϕ 1/4"

$f_{yk} = 500$ MPa

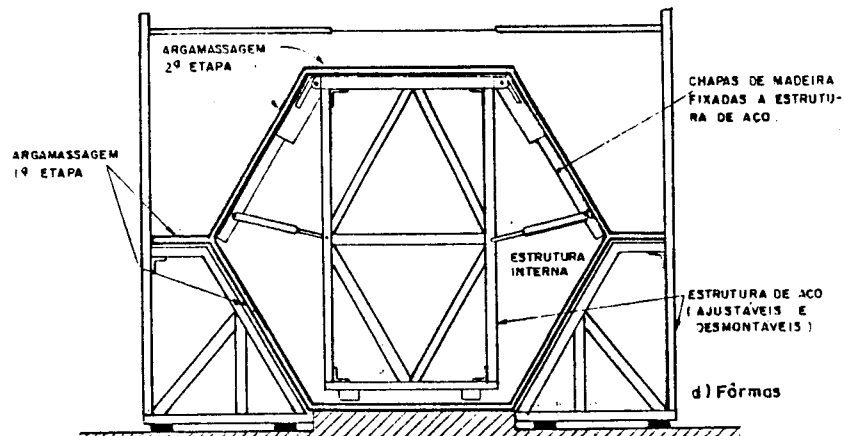
ARGAMASSA

$f_{ck} = 25$ MPa

MOLDAGEM COM EQUIPAMENTO DE PROJEÇÃO.



c) Seção transversal da viga.



d) Fôrmas

Figura F5.1

5.1.1.1 - ELEMENTOS INSPECIONADOS

Foram previamente selecionados 66 (sessenta e seis) elementos de cobertura, para a observação visual, conforme assinalado na planta de cobertura apresentada na figura F5.2.

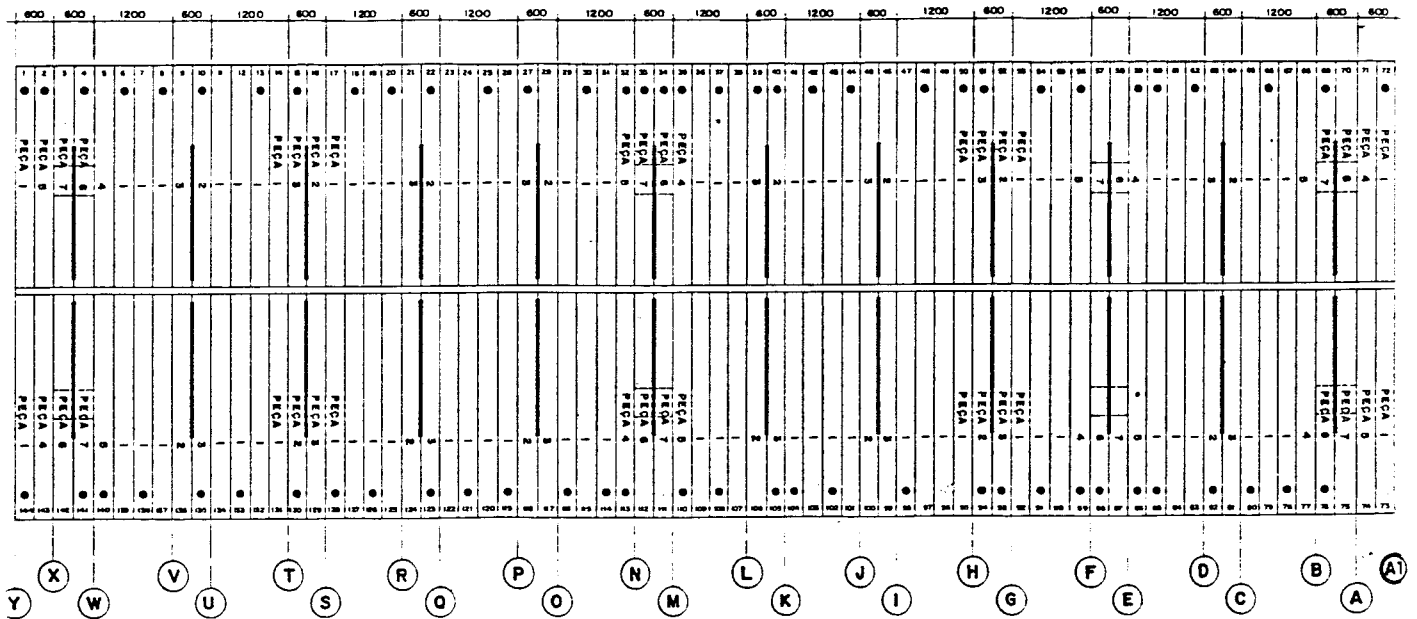


Figura F5.2

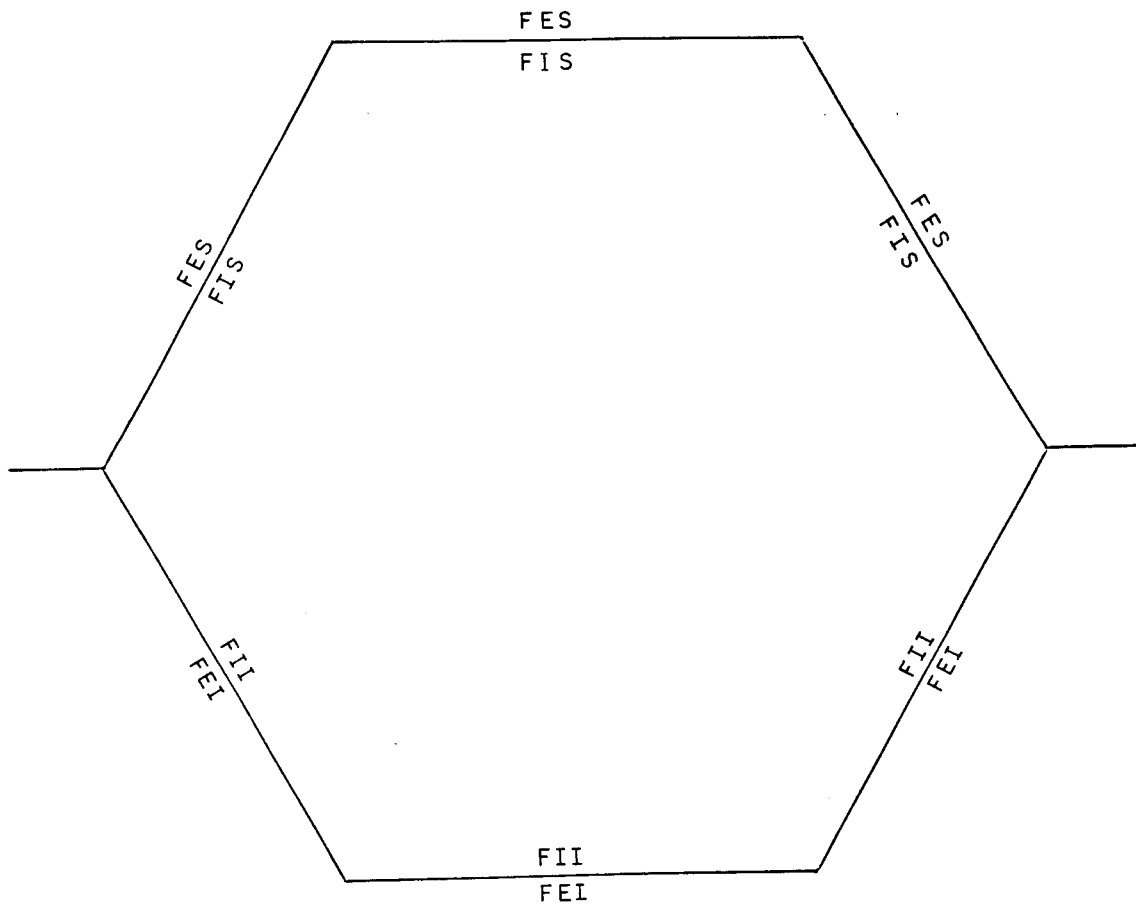
Para facilidade de registro das informações, foram confeccionadas planilhas de anotações que representam cada face do elemento estrutural observado desenvolvido no plano. Para cada face de um mesmo elemento, a planilha representa sete segmentos de 5m (com subdivisões de 0,5m), conforme modelo apresentado na figura F5.3. Na figura F5.4 são apresentados os critérios adotados para a identificação de cada face.

LADO:

LADO:

ELEMENTO INSPECIONADO

Figura F5.3



FES=face externa superior
FIS=face interna superior
FII=face interna inferior
FEI=face externa inferior

Figura F5.4

Foi adotada também uma numeração para cada elemento, conforme sua posição na planta de cobertura.

Os elementos efetivamente observados, para amostragem, foram os seguintes:

001 - 002 - 004 - 006 - 008 - 010 - 013 - 015 - 018 - 020 - 022
025 - 027 - 030 - 032 - 033 - 034 - 035 - 037 - 039 - 040 - 042
044 - 048 - 050 - 051 - 054 - 056 - 059 - 060 - 062 - 066 - 069
072 - 076 - 078 - 080 - 082 - 085 - 086 - 088 - 089 - 091 - 093
094 - 098 - 102 - 104 - 105 - 108 - 110 - 113 - 114 - 116 - 119
121 - 123 - 126 - 128 - 130 - 133 - 135 - 138 - 140 - 141 - 144

5.1.1.2 - COLETA DE AMOSTRAS

Para a realização das análises químicas, além do material depositado na FES, foram retiradas amostras num total de 17 (dezessete) corpos de prova com diâmetro de 40 mm, com altura correspondente à espessura das placas que compõem as vigas-telhas.

Os elementos dos quais se extraíram corpos de prova foram:

004 - 006 - 008 - 011 - 040 - 045 - 066 - 074
082 - 085 - 104/1 - 104/2 - 130/1 - 130/2
135 - 143 - s/n.

A amostra s/n (sem numeração) teve sua identificação extraviada quando da sua remessa para observações no laboratório em São Carlos-SP.

As amostras, logo após sua retirada, foram acondicionadas em invólucro impermeável, catalogadas e acondicionadas em caixas destinadas ao seu transporte.

5.1.2 - RESULTADOS OBTIDOS COM A INSPEÇÃO REALIZADA

5.1.2.1 - FISSURAÇÃO

Foi observada a existência de fissuras em um grande número de peças. Essas fissuras apresentavam-se, em relação à seção transversal do elemento, propagações: paralela e longitudinal. Ocasionalmente observaram-se fissuras em rede.

As fissuras longitudinais ocorreram em uma região de balanço do elemento, na face externa superior, em posições de arestas do polígono, com aberturas de até 0,8 mm. O mesmo ocorreu em alguns elementos, na região do apoio de extremidade. Observou-se que essas fissuras decrescem em termos de abertura à medida que se dirigem da extremidade para o interior. Isto pode ser observado, por exemplo, no elemento de nº. 18.

Em alguns elementos foram observadas fissuras transversais, na região de ocorrência de momentos negativos com aberturas variáveis de até 0,4 mm. Observa-se esta ocorrência, por exemplo, nos elementos 22, 25 e 33.

Há também a ocorrência de fissuras em rede, como é o caso do elemento nº. 35, com aberturas de até 0,2mm.

Observou-se também um grande número de fissuras, de vários tipos, com ocorrência na região entre os apoios, que sugerem que sejam de retração.

Não se fez um mapeamento de fissuras em todos os elementos inspecionados, porém elas podem ser observadas em grande parte deles.

Observou-se nos diafragmas localizados nos apoios de extremidade, em quase todos os elementos, fissuras com aberturas de até 0,5 mm. Essas fissuras ocorreram de forma peculiar, em todo o diafragma, com as fissuras caminhando de sua parte mais externa para a parte mais interna, como pode ser observado na documentação fotográfica DF5.1.



Documento DF5.1

5.1.2.2 - RESIDUOS

Foi observada a ocorrência de deposição de resíduos, coletados também para a análise química, entre os seguintes elementos:

17/18 - 53/54 - 65/66 - 69/70 - 77/78

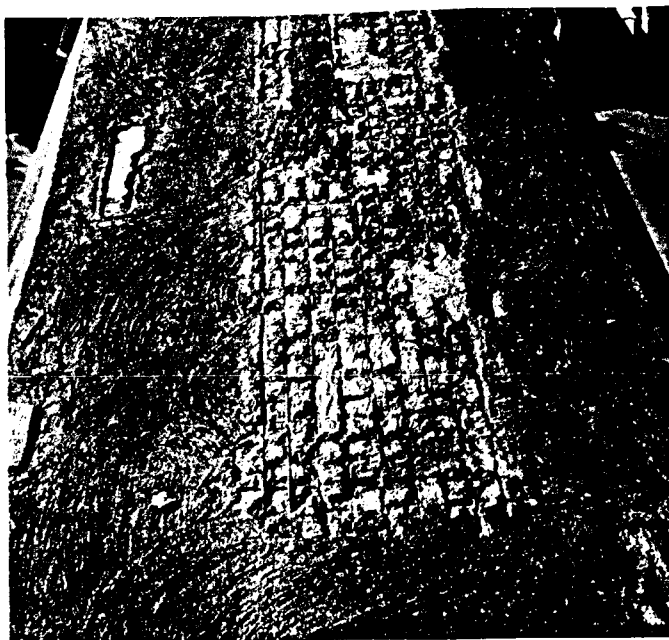
Observou-se, em alguns pontos, o crescimento de vegetais.

Observou-se também uma coloração escura em grande parte da cobertura com predominância onde estão localizados os elementos de nº. 73 a 144.

5.1.2.3 - DETERIORAÇÕES

As mais sérias deteriorações observadas são relativas ao processo de corrosão da armadura, causada, principalmente, pelo pequeno cobrimento em alguns trechos (1 a 2mm) ou pela sua

exposição (inexistência de cobrimento) ou, por deficiências de ordem técnica e produtiva. Com a expansão dos produtos da corrosão observa-se uma desagregação na argamassa de proteção da armadura, apesar de em alguns elementos observar-se uma qualidade razoável da argamassa, conforme documentação fotográfica DF5.2.



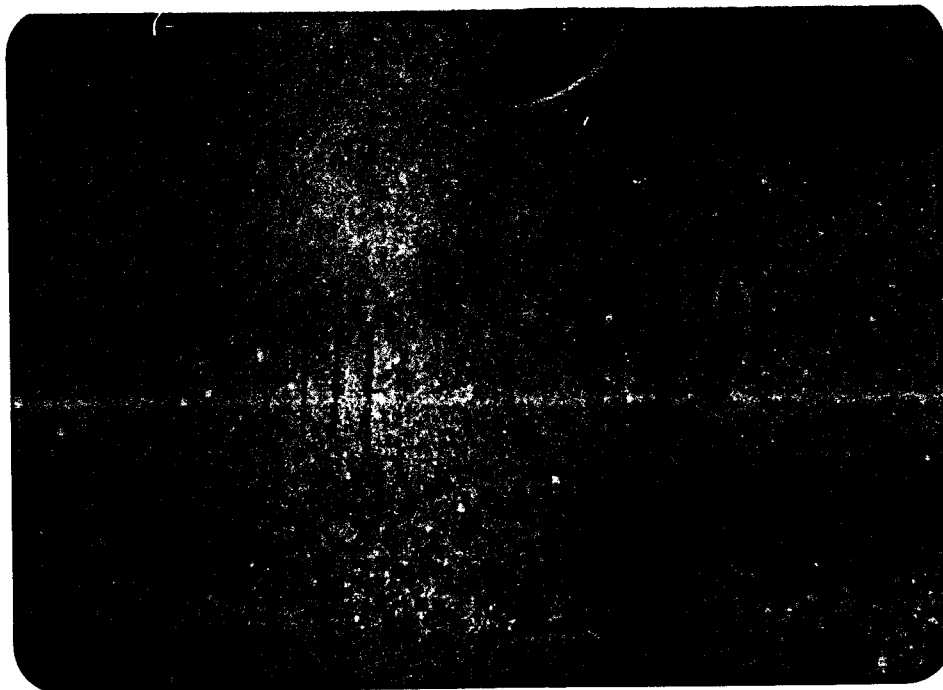
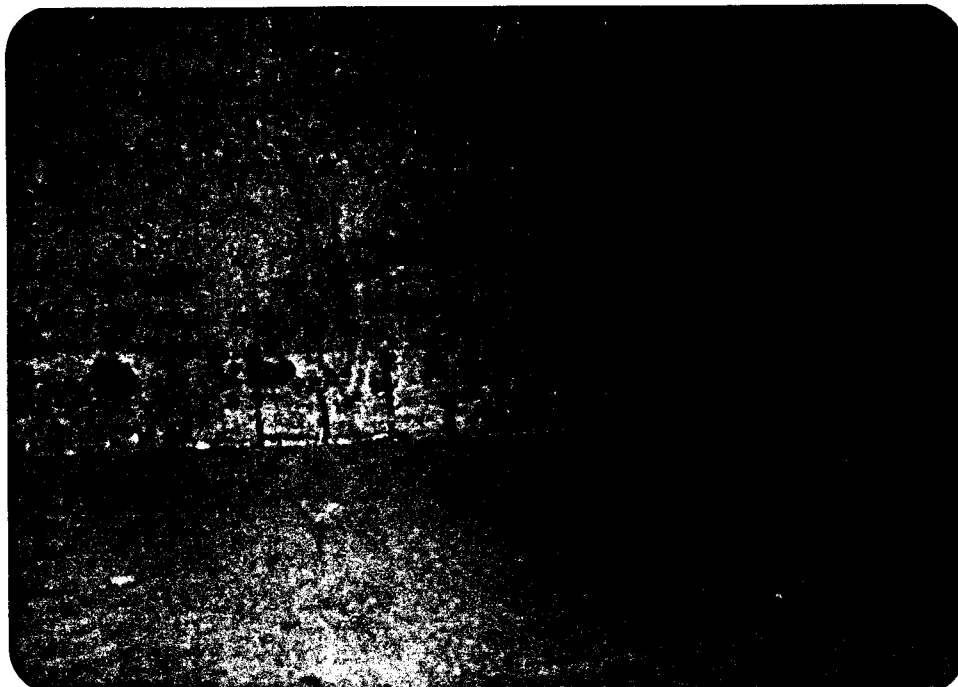
Documento DF5.2

5.1.2.3.1 - FACE EXTERNA INFERIOR (FEI)

Esta face está protegida com pintura epóxica e, mesmo em locais onde a armadura está aparente, não se observam problemas de deterioração. O estado atual dessa face, em geral, é bom.

5.1.2.3.2 - FACE INTERNA INFERIOR (FII)

Em alguns poucos elementos foram observados alguns sinais de deterioração da armadura na tela próxima da superfície (vide documentação fotográfica DF5.3 e DF5.4).



Documentos DF5.3 e DF5.4

5.1.2.3.3 - FACE INTERNA SUPERIOR (FIS)

Aqui também ocorreram casos semelhantes aos observados na

FII.

Observa-se que a armadura em alguns elementos ficou exposta ou com cobrimentos da ordem de 1mm.

Nota-se, também, que em alguns trechos a argamassa foi impedida de envolver a armadura, provavelmente por estar muito próxima da fôrma.

Em observação feita em setembro de 1989, pode ser notado que na região do balanço há um início de degradação da armadura e da argamassa, exatamente na posição dos fios das telas, ocasionado pelo pequeno cobrimento nessa região e possivelmente devido a uma retração química, já que há nessas posições uma grande concentração elevada de pasta de cimento, além do que esse trecho da cobertura é susceptível a um ciclo de umidescimento e secagem.

5.1.2.3.4 - FACE EXTERNA SUPERIOR (FES)

Essa é a face onde se observam as maiores deteriorações. De 66 elementos inspecionados, apenas em dois deles não se observou, visualmente, deteriorações na armadura (elementos 69 e 114).

Nos elementos de nº. 013, 015, 020, 022, 033, 050, 098, 110, 121 e 123 existem poucos focos de início da corrosão da armadura.

Em grande parte dos elementos observa-se que o quadro clínico, no que diz respeito à deterioração da armadura e consequentemente da argamassa, é grave.

Há alguns casos onde o processo de deterioração está bem acelerado, como os elementos de nº. 040, 054, 066, 086, 104, 130 e 138.

A maioria dos pontos ou faixas deterioradas, percebe-se, pela análise do mapeamento, ocorreu nas arestas do hexágono regular, com parte da armadura totalmente exposta, possivelmente por falhas técnicas executivas, tanto no manuseio com a armadura quanto provavelmente pela ausência de um controle rigoroso na sua produção.

Existem pontos onde as telas mais próximas à superfície já estão totalmente desintegradas ou quebradiças ao toque manual.

Comparando-se todas as faces, observa-se que a FES é a mais deteriorada de todas.

Em alguns elementos, a argamassa na FES encontra-se totalmente desagregada.

5.1.2.4 - ANÁLISE DOS TESTEMUNHOS

Da análise física dos corpos de prova pôde ser observado que o cobrimento da armadura é bem variável, em alguns casos inexistente, e em outros atinge até 20mm.

As espessuras dos elementos onde foram retirados corpos de prova, locais aparentemente integros, são as mostradas na Tabela T5.1:

Elemento	004	006	008	011	040	045	
Espessura (mm)	40	47	43	41	49	40	

Elemento	066	074	082	085	104/1	104/2	
Espessura (mm)	45	55	35	49	32	34	

Elemento	130/1	130/2	135	143	s/n		
Espessura (mm)	48	38	44	49	52		

Medidas de Espessura dos Elementos
Tabela T5.1

Outro detalhe observado, de forma táctil e visual, é que a textura da argamassa é diferente entre os distintos corpos-de-prova, sugerindo diferentes argamassas, até em um mesmo elemento.

A armadura nos corpos de prova retirados encontra-se em bom estado, a menos da amostra nº. 66 que apresenta um dos fios da tela que compõe aquela armadura com sinais de corrosão.

A armadura, nos pontos onde foram extraídos os corpos de prova, está com cobrimentos variáveis em relação à FES e com cobrimentos deficientes, em alguns pontos, em relação à FIS, conforme documentação fotográfica no DF5.5 e DF5.6.



Documentos DF5.5 e DF5.6

5.1.2.5 - ANÁLISES QUÍMICAS

5.1.2.5.1 - MATERIAL DE DEPOSIÇÃO

A análise química do material de deposição apresentou os resultados mostrados nas Tabelas T5.2 a T5.6:

Tabela T5.2

Material de Deposição

Amostra 17/18

- perda ao fogo	2,51%
- dióxido de silício (SiO ₂)	44,73%
- óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	11,72%
- óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	5,15%
- óxido de cálcio (CaO)	19,92%
- óxido de magnésio (MgO)	8,74%
- trióxido de enxofre (SO ₃)	0,45%
- óxido de sódio (Na ₂ O)	0,38%
- óxido de potássio (K ₂ O)	1,50%
- cloretos (Cl ⁻)	0,01%

Tabela T5.3

Material de Deposição

Amostra 53/54

- perda ao fogo	2,24%
- dióxido de silício (SiO ₂)	66,58%
- óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	9,20%
- óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	3,17%
- óxido de cálcio (CaO)	12,72%
- óxido de magnésio (MgO)	2,08%
- trióxido de enxofre (SO ₃)	0,34%
- óxido de sódio (Na ₂ O)	0,42%
- óxido de potássio (K ₂ O)	2,30%
- cloretos (Cl ⁻)	0,02%

Tabela T5.4
Material de Deposição
Amostra 65/66

- perda ao fogo	1,02%
- dióxido de silício (SiO ₂)	64,97%
- óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	9,08%
- óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	3,37%
- óxido de cálcio (CaO)	12,94%
- óxido de magnésio (MgO)	3,53%
- trióxido de enxofre (SO ₃)	0,38%
- óxido de sódio (Na ₂ O)	0,38%
- óxido de potássio (K ₂ O)	2,00%
- cloretos (Cl ⁻)	0,02%

Tabela T5.5
Material de Deposição
Amostra 69/70

- perda ao fogo	1,95%
- dióxido de silício (SiO ₂)	51,40%
- óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	11,30%
- óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	3,96%
- óxido de cálcio (CaO)	18,36%
- óxido de magnésio (MgO)	5,05%
- trióxido de enxofre (SO ₃)	0,51%
- óxido de sódio (Na ₂ O)	0,42%
- óxido de potássio (K ₂ O)	1,80%
- cloretos (Cl ⁻)	0,03%

Tabela T5.6
Material de Deposição
Amostra 77/78

- perda ao fogo	0,82%
- dióxido de silício (SiO ₂)	75,05%
- óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	8,26%
- óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	2,65%
- óxido de cálcio (CaO)	7,20%
- óxido de magnésio (MgO)	1,12%
- trióxido de enxofre (SO ₃)	0,30%
- óxido de sódio (Na ₂ O)	0,50%
- óxido de potássio (K ₂ O)	2,40%
- cloretos (Cl ⁻)	0,02%

5.1.2.5.2 - CORPOS-DE-PROVA

As análises relativas aos corpos-de-prova apresentaram os resultados mostrados na Tabela T5.7.

Verifica-se, pela Tabela T5.7, que houve nos pontos amostrados uma grande variação na dosagem da argamassa nos elementos 066, 104, 130 e 135.

A profundidade de carbonatação é grande, provavelmente já atingindo a região da armadura e dessa forma aumentando os riscos de corrosão.

Com a carbonatação ocorre uma redução no pH da argamassa em torno da armadura, o que altera, de forma substancial, as condições de estabilidade química da capa ou película passivadora.

Elementos	Teor de cimento (partes em massa)	Profundidade de Carbonatação (mm)		Cl ⁻ (%)
		FES	FIS	
004	1,0:1,9	4	4	0,01
006	1,0:1,9	7	3	0,02
008	1,0:2,0	6	4	0,01
011	1,0:2,0	10	10	0,01
040	1,0:1,8	8	4	0,01
045	1,0:1,8	2	2	0,02
066	1,0:2,5	1	3	0,01
074	1,0:1,9	8	2	0,02
082	1,0:2,1	3	7	0,01
085	1,0:1,7	15	1	0,01
104	1,0:2,6	8	8	0,02
130	1,0:2,4	5	5	0,01
135	1,0:2,9	15	3	0,02
143	1,0:2,0	4	12	0,01
s/n	1,0:1,7	6	2	0,01

Análise de corpos-de-prova

Tabela T5.7

Não existem dados a respeito da relação água/cimento.

A quantidade de íons Cl⁻ parece não ser grande, porém algumas observações devem ser feitas.

A título de exemplo para a argamassa armada, quando não se utilizam aditivos redutores de água, a dosagem usual de utilização em massa é de 1:2, com a/c = 0,4 e um consumo de cerca de 700 kg de cimento por m³, resulta, para uma porcentagem de íons Cl⁻ livres conforme observado, uma concentração de 500 mg/l

em relação à massa de cimento.

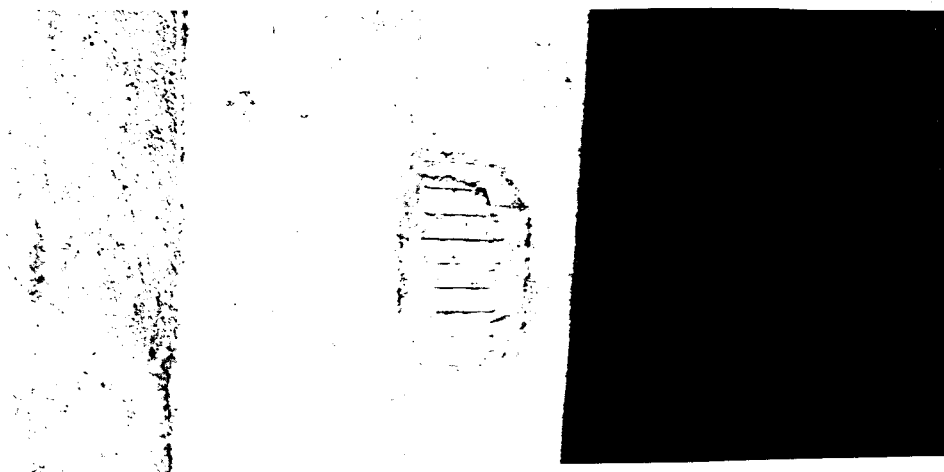
A NBR 6118 limita em 500 mg/l a concentração total de cloretos, expressa em íons Cl^- , na água de amassamento, e ainda há que se considerar que uma parcela se fixará através de reações com o cimento!

Por outro lado, deve-se pensar na difusibilidade de íons Cl^- , oriundos do meio externo, além de uma incorporação acidental provinda, por exemplo, dos agregados.

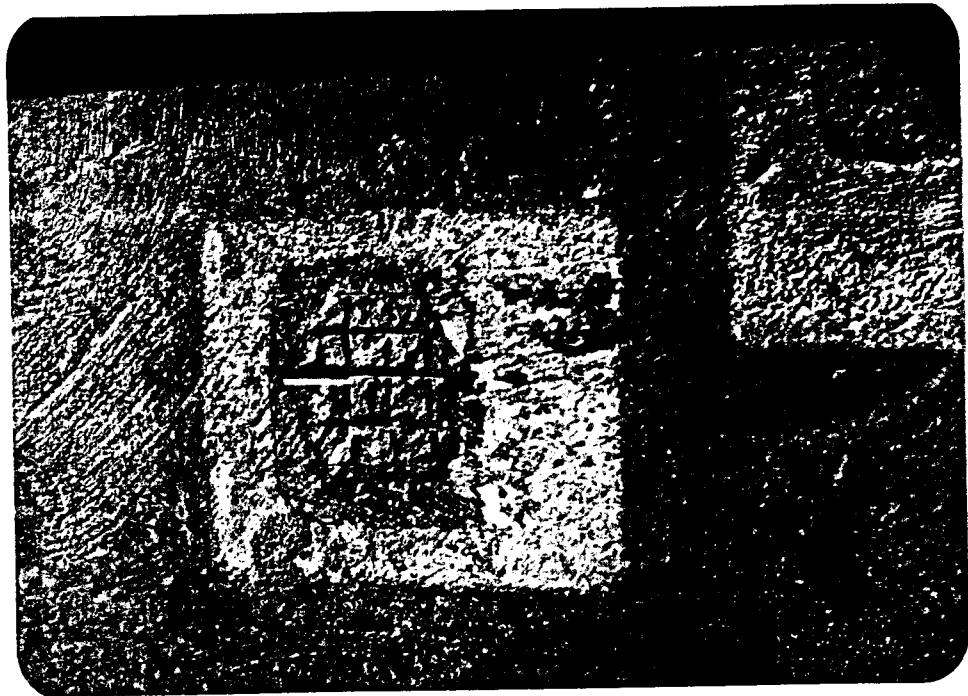
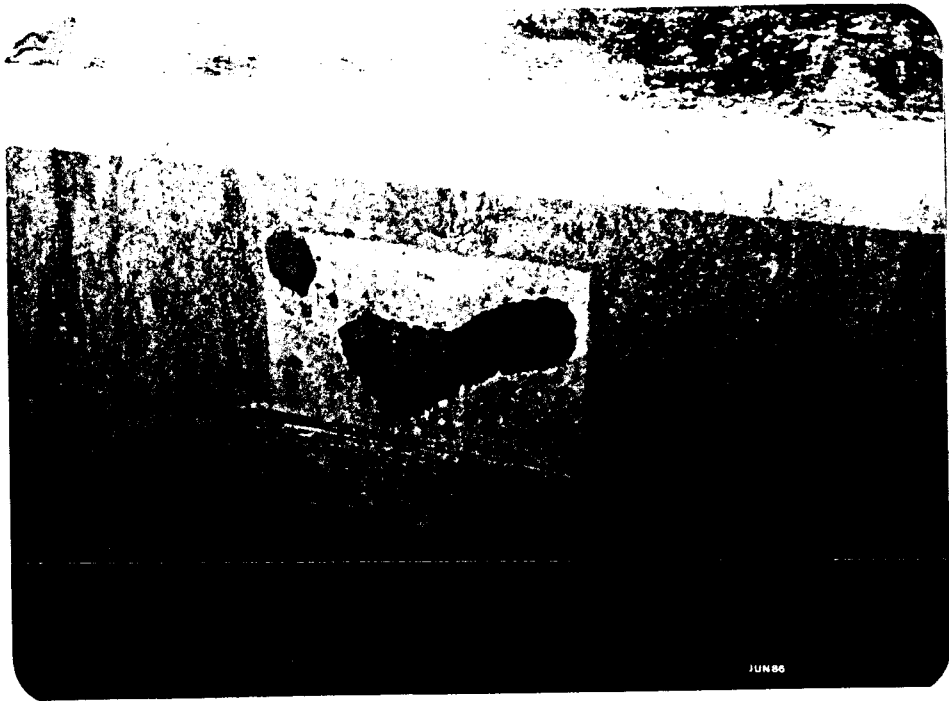
5.1.3 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA UTILIZADA

Observa-se que foram feitos dois tipos (os mais utilizados) de manutenção na FES: proteção com capa de argamassa e/ou pintura com tinta de base mineral.

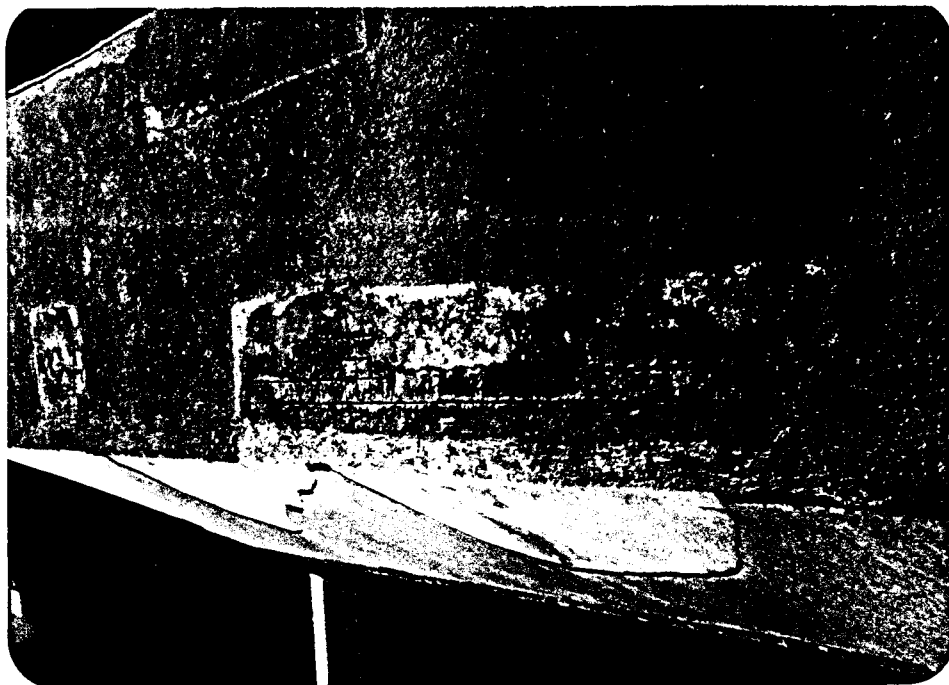
A proteção com capa de argamassa não se solidarizou com a argamassa das vigas-telhas e encontra-se, em grande parte, sem aderência ou com aderência frágil, sem possibilitar uma proteção efetiva, permitindo dessa forma uma penetração fácil de gases e líquidos nas juntas formadas (vide documentação fotográfica de DF5.7 a DF5.12).



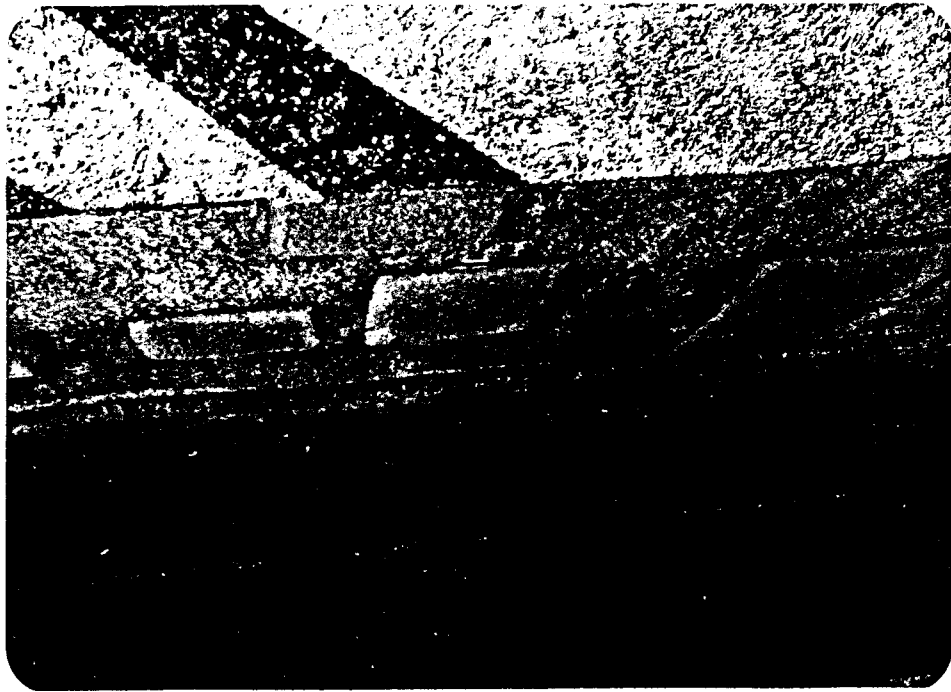
Documento DF5.7



Documentos DF5.8 e DF5.9



Documentos de DF5.10 e DF5.11



Documento DF5.12

A pintura de base mineral aplicado sobre a armadura exposta, na FES, mostra-se que já se encontra deteriorada em muitos casos, e o mecanismo da deterioração daquela armadura tem continuado (vide documentação fotográfica DF5.13 e DF5.14).



Documento DF5.13

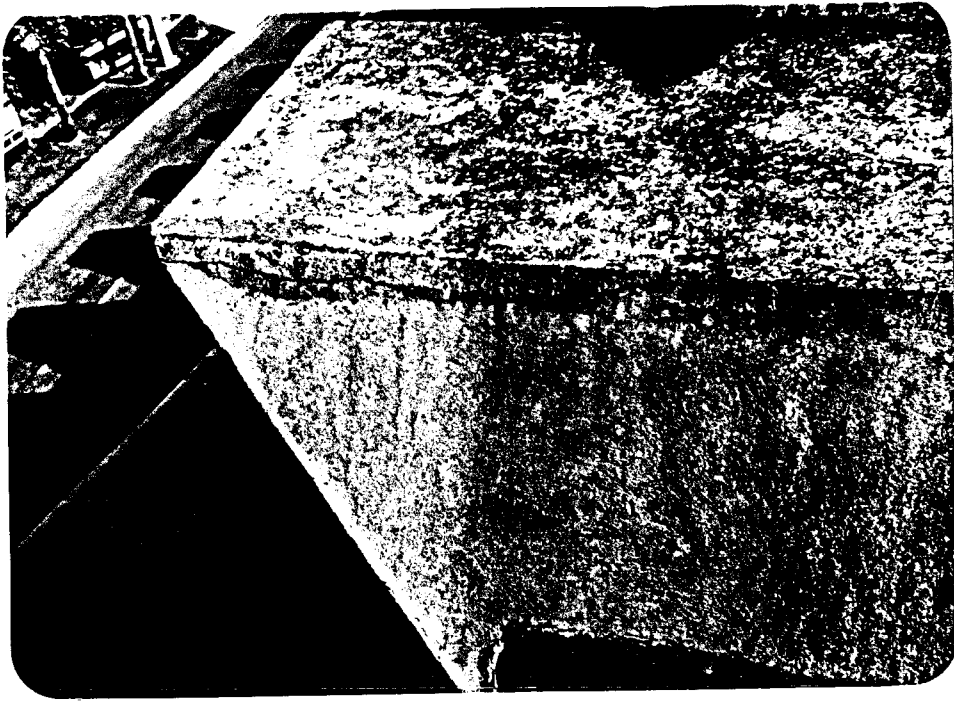


Documento DF5.14

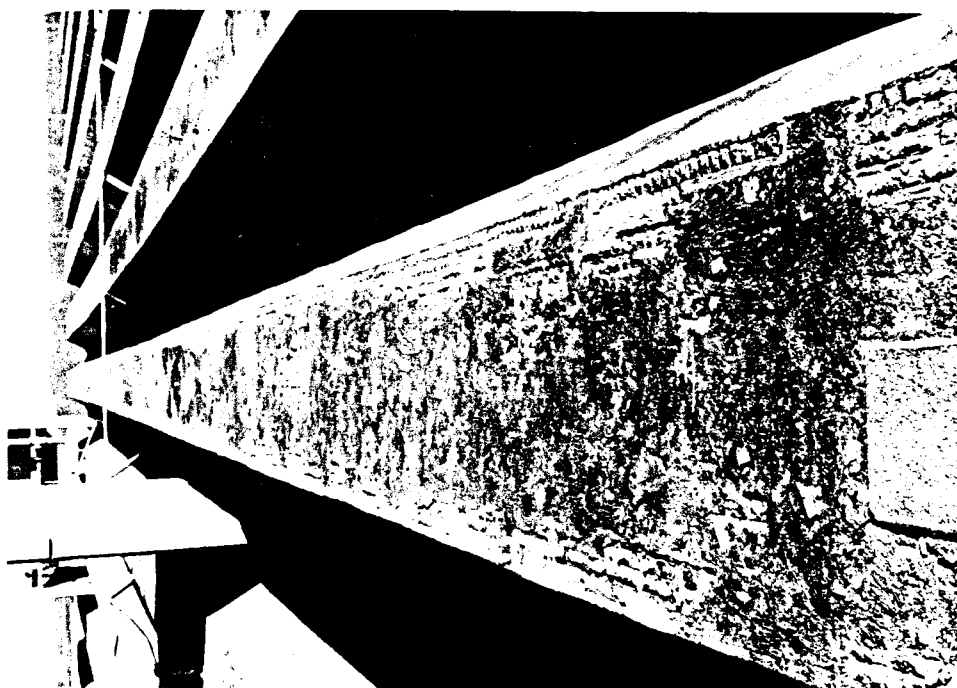
Na documentação fotográfica de DF5.15 a DF5.20 são apresentados outros detalhes da cobertura.



Documento DF5.15



Documentos DF5.16 e DF5.17



Documentos DF5.18 e DF5.19



Documento DF5.20

5.2 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "B"

Apresentam-se neste relatório os resultados obtidos na inspeção da cobertura B. A referida cobertura foi executada durante os anos de 1968/1969.

A inspeção ora relatada foi realizada no período de 8 a 15 de fevereiro de 1985.

As instalações do referido prédio destinam-se a salas de aula e escritórios, além de de laboratórios isentos de produtos agressivos.

O meio ambiente em que a obra se acha inserida não é agressivo, não existindo também nas proximidades fontes poluentes que pudessem afetar, de modo extraordinário, os materiais da cobertura.

Elementos	Profundidade		Teor de cimento (partes em massa)	Cl ⁻ (%)
	de Carbonatação (mm)			
	FES	FIS		
004	4	4	1,0:1,9	0,01
006	7	3	1,0:1,9	0,02
008	6	4	1,0:2,0	0,01
011	10	10	1,0:2,0	0,01
040	8	4	1,0:1,8	0,01
045	2	2	1,0:1,8	0,02
066	1	3	1,0:2,5	0,01
074	8	2	1,0:1,9	0,02
082	3	7	1,0:2,1	0,01
085	15	1	1,0:1,7	0,01
104	8	8	1,0:2,6	0,02
130	5	5	1,0:2,4	0,01
135	15	3	1,0:2,9	0,02
143	4	12	1,0:2,0	0,01
s/n	6	2	1,0:1,7	0,01

Análise de corpos-de-prova
Tabela T5.7

Não existem dados a respeito da relação água/cimento.

A quantidade de ions Cl⁻ parece não ser grande, porém algumas observações devem ser feitas.

Considerando-se uma umidade de equilíbrio nas argamassas, em torno de 3%, para uma argamassa que tenha cerca de 700kg de cimento por metro cúbico, as concentrações de ions Cl⁻ livres, deverão suplantar em muito os limites estabelecidos na NBR6118, ultrapassando de 6000mg/l

5.2.1 - DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA

A cobertura **B** tem uma área útil, em planta, de 1597 m². A
cobertura foi elaborada a partir da pré-moldagem de elementos com
seção transversal em "V", que após posicionamento na estrutura
suporte foram rejuntados, comportando-se a partir de então como
uma folha poliédrica.

A cobertura foi composta com três tipos de pré-moldados:

- 61 elementos com comprimento de 13,50m;
- 17 elementos com comprimento de 12,00m;
- 67 elementos com comprimento de 8,50m.

Na figura F5.5 são apresentadas as características da
cobertura.

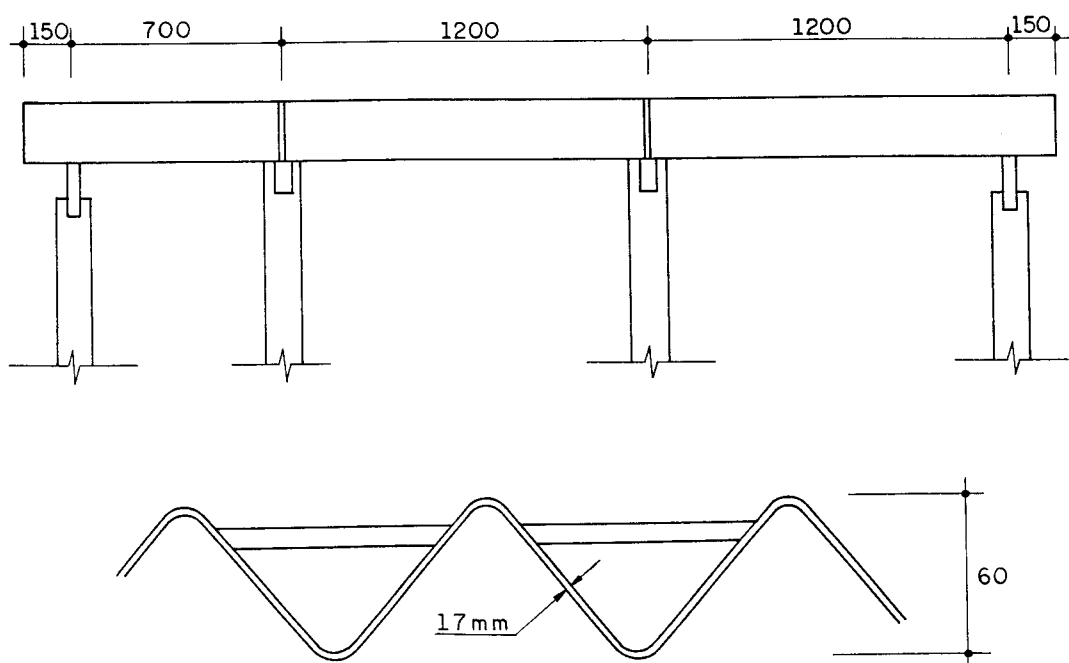


Figura F5.5

5.2.1.1 - O PROJETO E A EXECUÇÃO

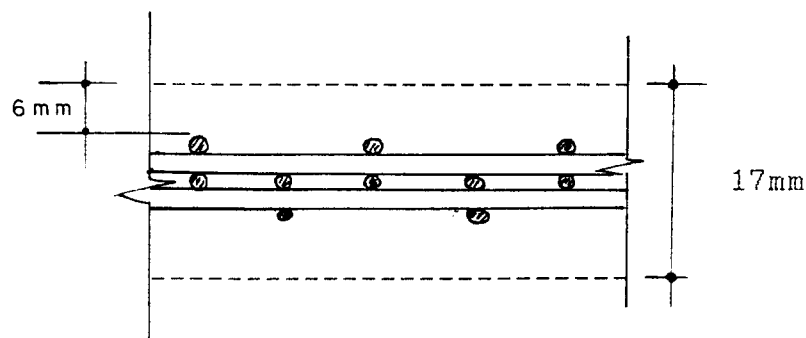
Os elementos foram projetados com as seguintes características:

- argamassa: dosagem em peso de 1:2 (cimento e areia de granulometria média a grossa); a relação a/c, conforme relatos, foi possivelmente de 0,35;

- armadura: os elementos de comprimento 12,00m e 13,50m foram confeccionados com duas telas entrelaçadas de arame recozido, de malha 12,5 mm x 12,5 mm e fio com diâmetro de 1,25mm e nos elementos com comprimento de 8,50m foi utilizada apenas uma tela com características idênticas àqueles outros. Utilizaram-se também barras de aço de diâmetros: 6,35mm e 5mm, alojadas nos vértices dos elementos.

5.2.2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Teoricamente, nas abas do perfil "V", se teria a seguinte condição de manutenção de cobrimento de armadura, conforme figura F5.6:



$$\text{cobrimento} = 0,5[1,7 - (1,25 \times 4)] = 6\text{mm}$$

Suposição teórica da posição das telas na argamassa

Figura F5.6

O arranjo das telas, conforme se mencionou, é apenas teórico. Devido à falta de rigidez da tela, mesmo com espaçadores (também não utilizado), é praticamente impossível se garantir o cobrimento de 6mm desejado e até mesmo, cobrimentos menores.

Foi o que se observou: em toda a extensão da cobertura, há deficiências no cobrimento da armadura e em algumas regiões, ele inexistente. Isso resultou, em pouco tempo, numa degradação total de uma das telas que compõe a armadura. Onde os cobrimentos eram pequenos, observou-se também o lascamento da argamassa pela oxidação da armadura.

O mecanismo da corrosão deve ter sido acelerado também pelo fato de ter sido empregado CaCl_2 (cloreto de cálcio) como aditivo acelerador (conforme informações prestadas em entrevistas).

Outros fatores que contribuíram para isso pode ter sido a porosidade observada em alguns locais.

Porém, a tela que realmente se encontra distante de pelo menos 5mm da face da peça apresenta-se totalmente íntegra.

A face superior dos elementos, aparentemente, está em boas condições. Isso é perfeitamente possível devido à técnica empregada na confecção dos elementos pré-moldados.

Os elementos, que inicialmente tinham a forma de vigas isoladas em forma de "V", foram confeccionados com fôrma de alvenaria, conforme esquema da figura F5.7.

Durante a argamassagem, as telas, não sendo rígidas, foram pressionadas facilmente contra as fôrmas e isso possivelmente resultou em seu afloramento na face inferior.

O comportamento mecânico do elemento é crítico como elemento isolado, porém, após o seu rejuntamento na posição definitiva, o comportamento é outro, havendo um aumento significativo da rigidez do conjunto.

Além disso, fazendo-se um cálculo simplista, observa-se que a tela é muito pouca solicitada. Considerando-se a flexão, as barras de 6,35mm e 5mm são suficientes, se considerado um método

de cálculo como viga isolada.

Foi o que se observou na realização da prova de carga nos elementos com 13,50m de comprimento.

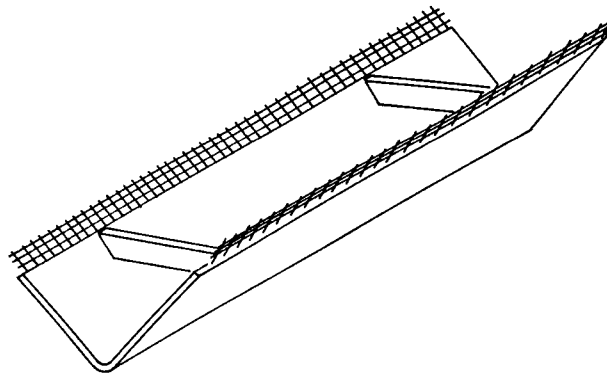


Figura F5.7

A prova de carga foi realizada conforme esquema a seguir, apresentado na figura F5.8.

A prova de carga foi realizada da seguinte forma:

Considerou-se para efeito de prova de carga que se faria a medição efetiva de deslocamentos verticais em apenas um elemento. Para isso foi aplicada uma carga distribuída, em 3 elementos, de até $1,20 \text{ kN/m}^2$. O elemento efetivo foi, portanto, o elemento central.

Os deslocamentos verticais foram medidos com extensômetros mecânicos de curso de até 50mm e sensibilidade de 1 centésimo de mm. O máximo deslocamento vertical observado foi de 8,40 mm. No elemento central mediu-se, inicialmente, um deslocamento vertical residual de 30mm. Dessa forma, o máximo deslocamento vertical da viga-telha foi de 38,4 mm, verificando-se uma relação com o vão

livre de 1/312,5.

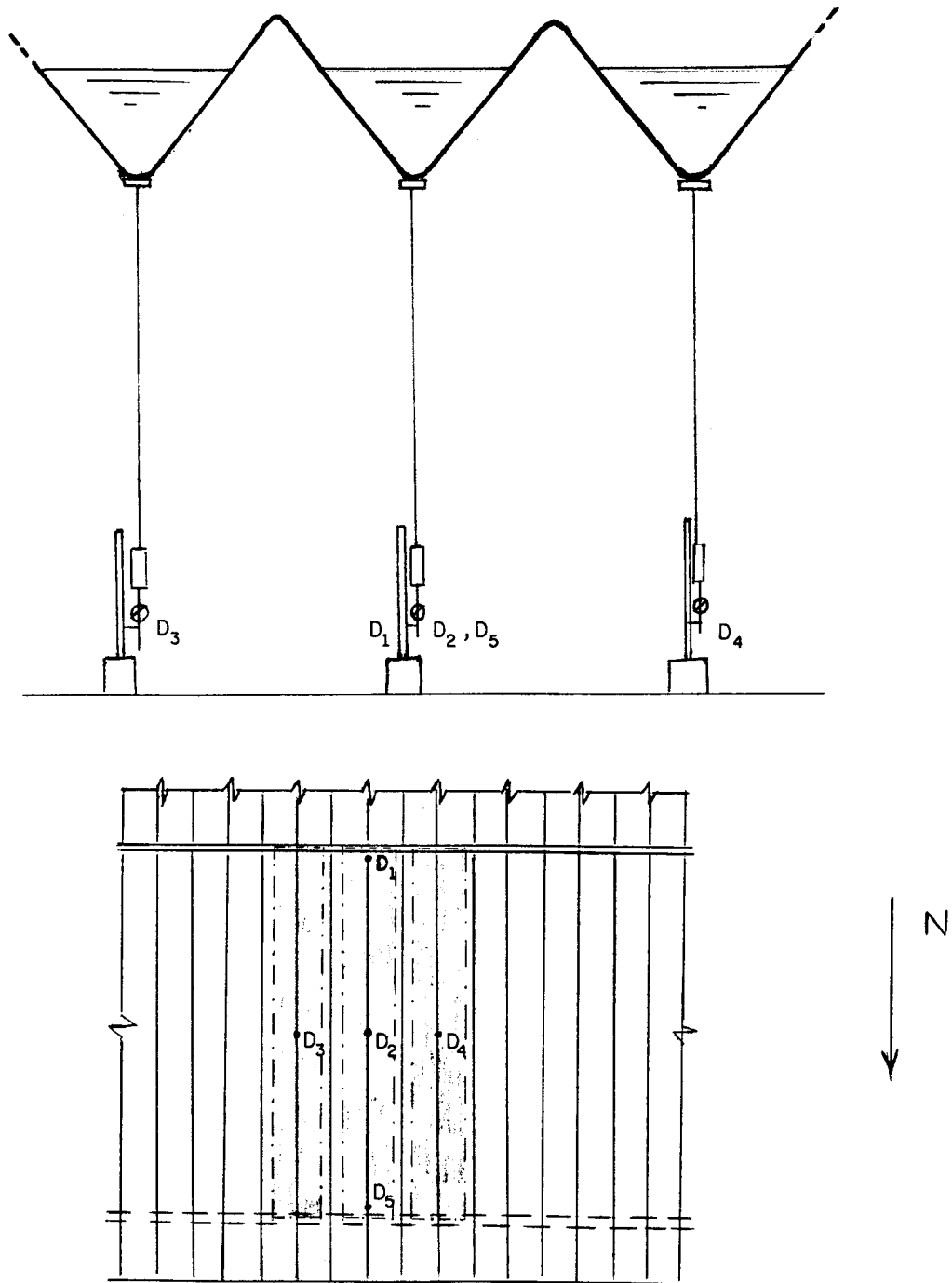


Figura F5.8

Na reconstituição da dosagem - determinação do teor de cimento (partes em massa), elaborada em janeiro de 1987, determinou-se em 2 amostras proporções de 1:2,2 e 1:2,3.

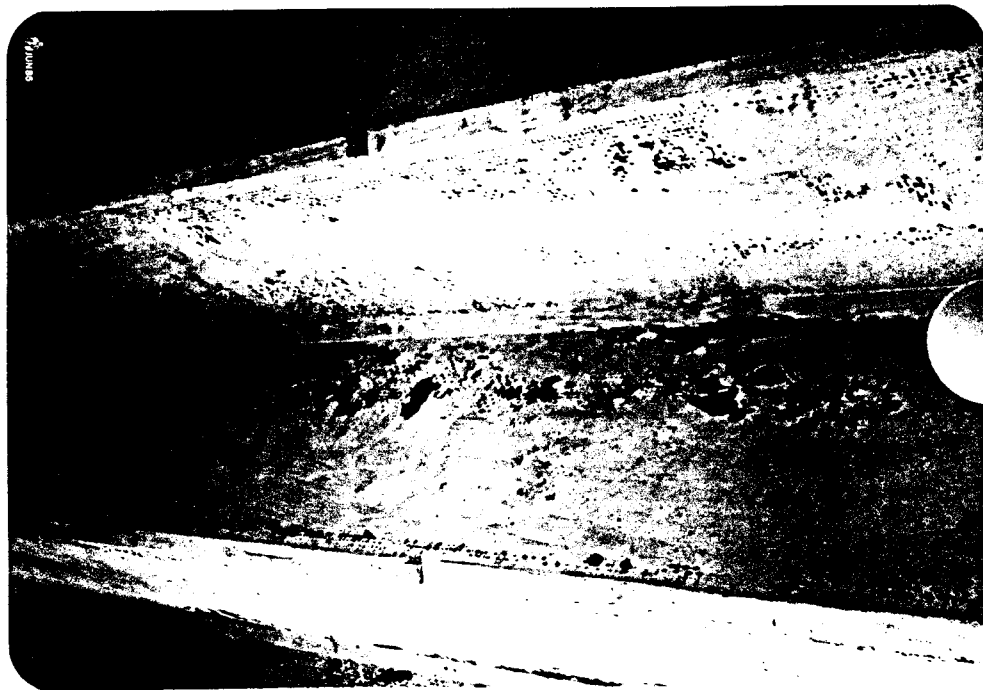
Medições de profundidade de carbonatação foram feitas no campo e em laboratório. Nas medidas feitas no campo, adotou-se o seguinte critério:

- a) medidas em regiões deterioradas e/ou fissuradas;
- b) medidas em regiões visualmente íntegras.

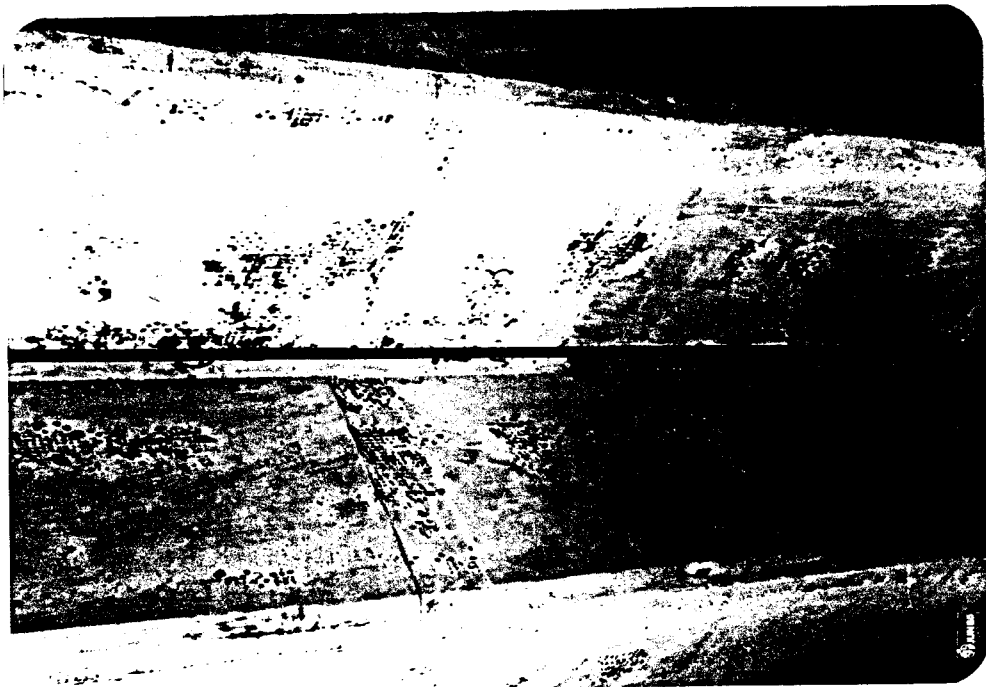
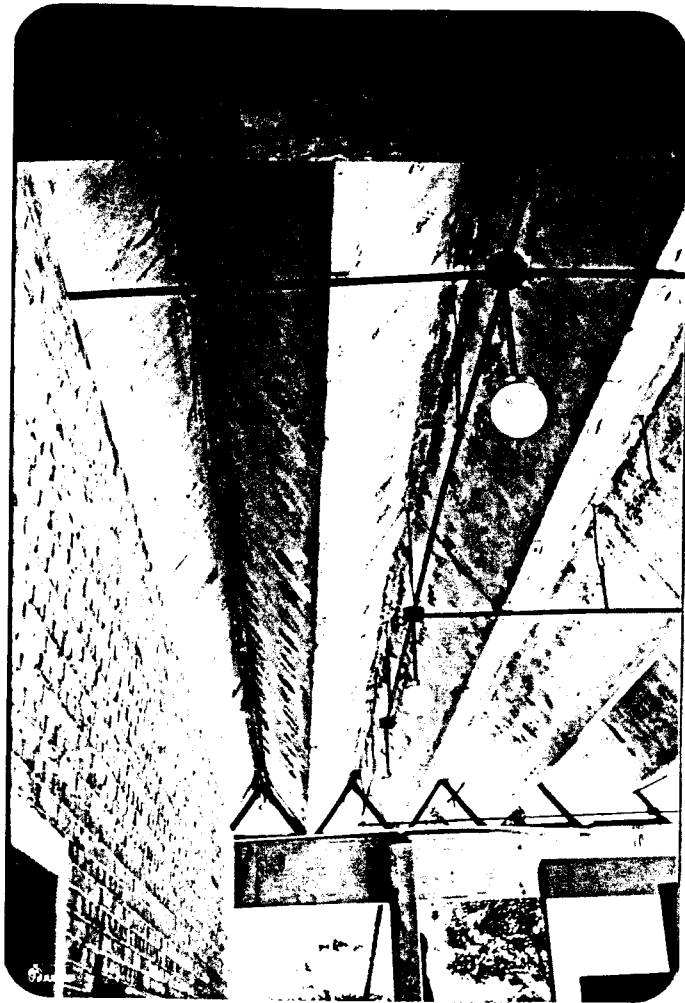
As profundidades de argamassa carbonatada variaram de 1 a 10mm em alguns casos e em toda a espessura da peça em outros, nos diversos pontos onde foram feitas as medidas.

Essa situação poderá se tornar crítica naqueles elementos de comprimento de 8,50m, visto que são dotados de apenas uma tela e naquelas regiões aflorantes, estão corroídas.

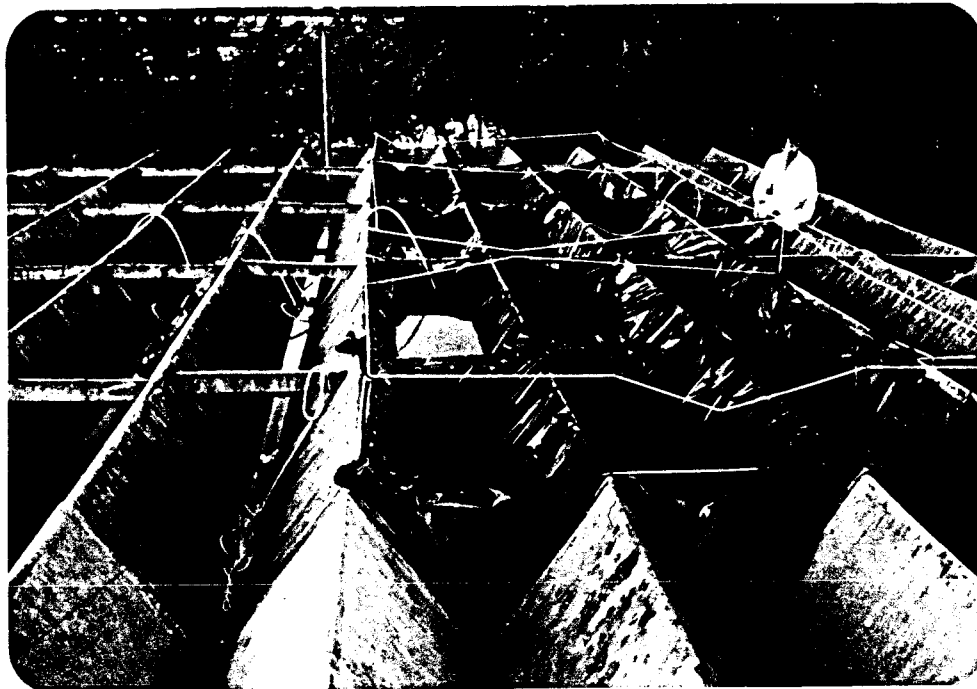
A seguir, na documentação fotográfica DF21 a DF24 são apresentados alguns detalhes da cobertura e técnica para realização da prova de carga.



Documento DF21



Documentos DF22 e DF23



Documento DF24

5.3 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "C"

Apresentam-se neste relatório os resultados obtidos na inspeção realizada na cobertura C.

A presente inspeção foi realizada no período de 13 a 20 de dezembro de 1985.

A edificação em questão destina-se à utilização pública, para fins sociais.

A região onde está implantada a referida edificação é urbana e dista, aproximadamente, 800m da região central da cidade.

Essa região é, aparentemente, hoje e no passado, isenta de fontes poluentes significativas.

Antes do término da obra iniciaram-se as atividades de parte dessa edificação, porém, nunca existiu qualquer atividade que pudesse influenciar nas características finais de projeto. Sempre

se destinou à utilização como sede social: 1 salão de festas, 2 banheiros, 1 biblioteca, 1 lanchonete e dependências de escritório, além de um "hall" de entrada.

A cobertura existente é sobre um forro executado com o sistema de lajotas e vigas pré-moldadas de concreto armado que se apresenta íntegro.

5.3.1 - DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA

A cobertura da referida sede social, compõe-se por elementos de argamassa armada planos e, de projeção retangular, com dimensões de 17,15m, por 19,10m, constituindo uma área coberta de 327,50 m².

A cobertura compõem-se de elementos pré-moldados, trapezoidais, superpostos, conforme figura F5.9, e com os seguintes comprimentos:

- 106 elementos com 3,50m;
- 106 elementos com 4,92m.

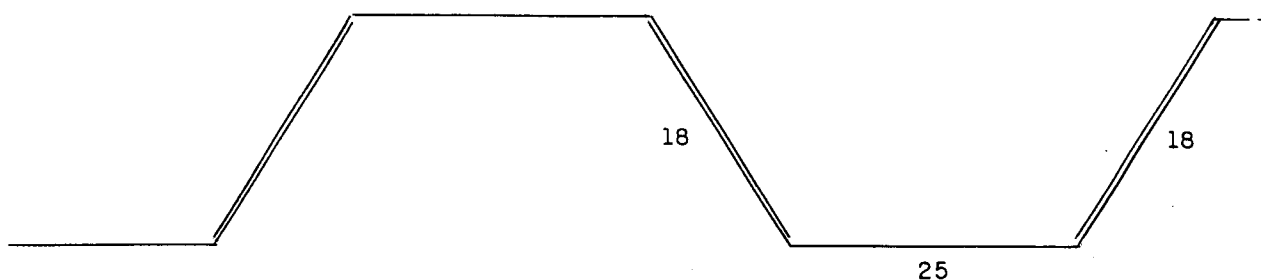


Figura F5.9

Os elementos foram constituídos por uma armadura simples - tela de arame recozido entrelaçada, com malha de 1,25 mm x 1,25mm

e fios com diâmetro de 1mm.

5.3.1.1 - ELEMENTOS INSPECIONADOS

Para a avaliação da cobertura foram observados 50 elementos, 25 com comprimento de 3,50m e 25 com comprimento de 4,92m, inferiores e superiores.

Essas avaliações foram feitas tanto na parte superior quanto na parte inferior.

Onde se permitiu, foram retiradas amostras, em número de 5, para reconstituição de traço e determinação da profundidade de carbonatação.

5.3.2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Da observação dos elementos pode-se concluir que alguns se encontram totalmente íntegros e outros seriamente afetados pela corrosão.

Em vários elementos pode-se observar que há uma série de eflorescências de coloração marrom que sugerem que esteja havendo uma lixiviação dos produtos de corrosão.

Na figura F5.10 é apresentado um esquema da aplicação da armadura no elemento, teoricamente.

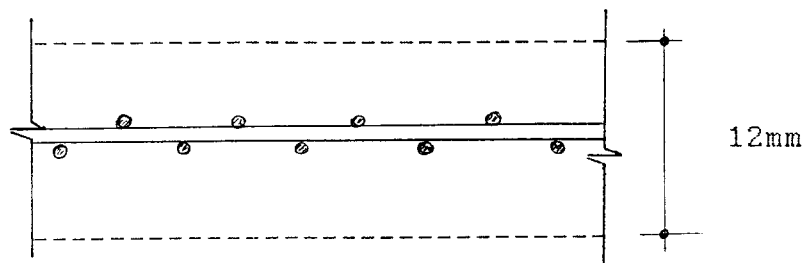


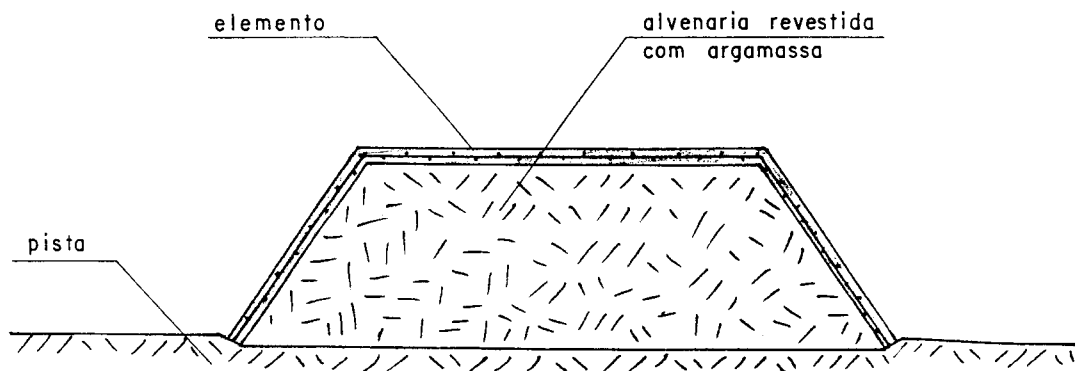
Figura F5.10

Outro fato é que não se utilizou de nenhuma espécie de espaçador efetivo para a manutenção do cobrimento, estabelecido teoricamente, da armadura.

Os informes conseguidos a respeito da execução dos elementos é que as fôrmas foram elaboradas em alvenaria, em pistas, conforme figura F5.11.

Devido ao fato de a armadura ser pouca rígida, o que se observa é sua exposição em alguns locais, inexistindo, portanto, o cobrimento.

Observam-se, também, lascamentos da argamassa em alguns pontos produzidos pela oxidação da armadura. Mediram-se espessuras de até seis vezes o diâmetro original dos fios da armadura, em alguns pontos.



Fôrma para construção dos elementos
Figura F5.11

Notou-se também que em algumas partes existe impregnação de matérias estranhas (sujeiras, fungos, etc) que, além de poderem conter microorganismos que podem sintetizar elementos agressivos, poderá haver a retenção de umidade e de elementos agressivos existentes na atmosfera, em pequenas quantidades, porém podendo criar condições para situações de concentrações elevadas.

Há também alguns informes que indicam a utilização de CaCl_2 (cloreto de cálcio) como aditivo acelerador para promover desformas rápidas, porém não foi possível realizar ensaio para determinação de ions cloro (Cl^-).

Em algumas regiões, mediram-se profundidades de carbonatação, utilizando-se de fenolftaleína e se observou espessuras de argamassa carbonatada desde 1mm até toda a espessura da peça.

Há locais em que apesar do cobrimento da armadura ser de 5mm, ela se encontra totalmente deteriorada, onde se observam grandes expansões da armadura seguidos de lascamentos de toda a argamassa.

Os elementos posicionados sobre o "hall" de entrada (local onde inexistente forro), são os mais seriamente afetados, com a armadura totalmente corroída, inclusive com perigo de ruptura e desastre.

Não foram observadas fissuras, a menos daquelas produzidas por lascamentos da argamassa.

Observa-se que a qualidade da argamassa em algumas regiões não é boa, sugerindo que houve um efeito lixiviante causado pela água da chuva.

5.3.3 - ENSAIOS REALIZADOS

Aplicou-se em uma das peças, íntegra, um carregamento concentrado no centro do elemento, simplesmente apoiado até o valor de 1,00kN, e, não foi observada qualquer anomalia no

respectivo elemento.

Reconstruiu-se também o teor de cimento em 5 amostras, aparentemente íntegras, e mediu-se também a profundidade de carbonatação. Os resultados são apresentados na Tabela T5.8.

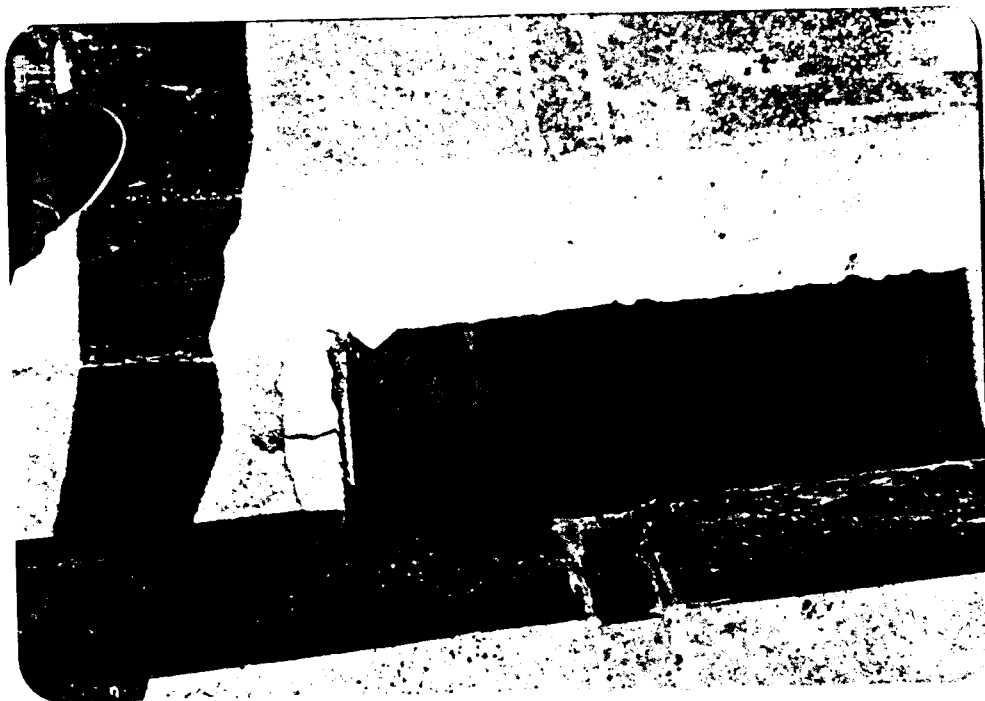
A seguir, apresenta-se na documentação fotográfica de DF5.25 a DF5.32, os detalhes da cobertura observada.

Tabela T5.8
Análise dos Testemunhos

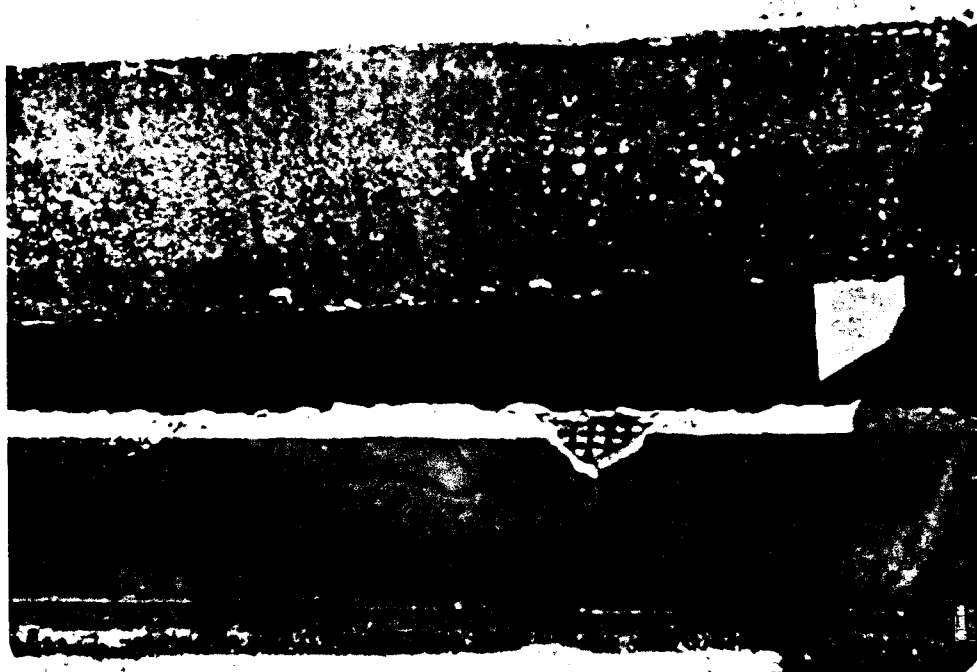
Amostra	Teor de cimento (partes em massa)	Profundidade de carbonatação (mm)
AF I	1:1,6	2
AF II	1:1,6	1
AF III	1:1,6	1
AF IV	1:2,6	não medida
AF V	1:2,2	1



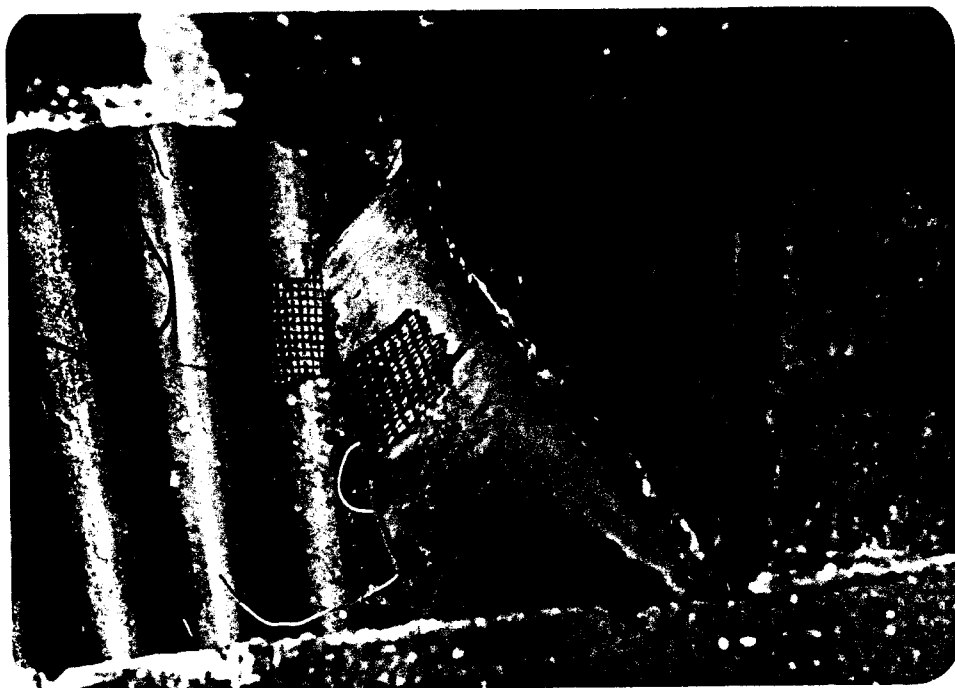
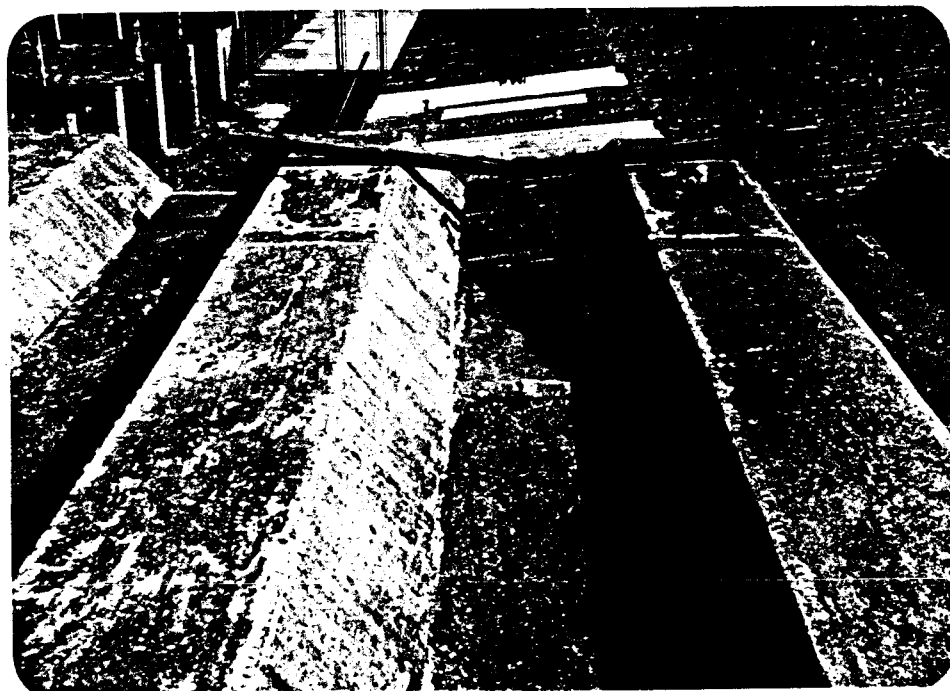
Documento DF5.25



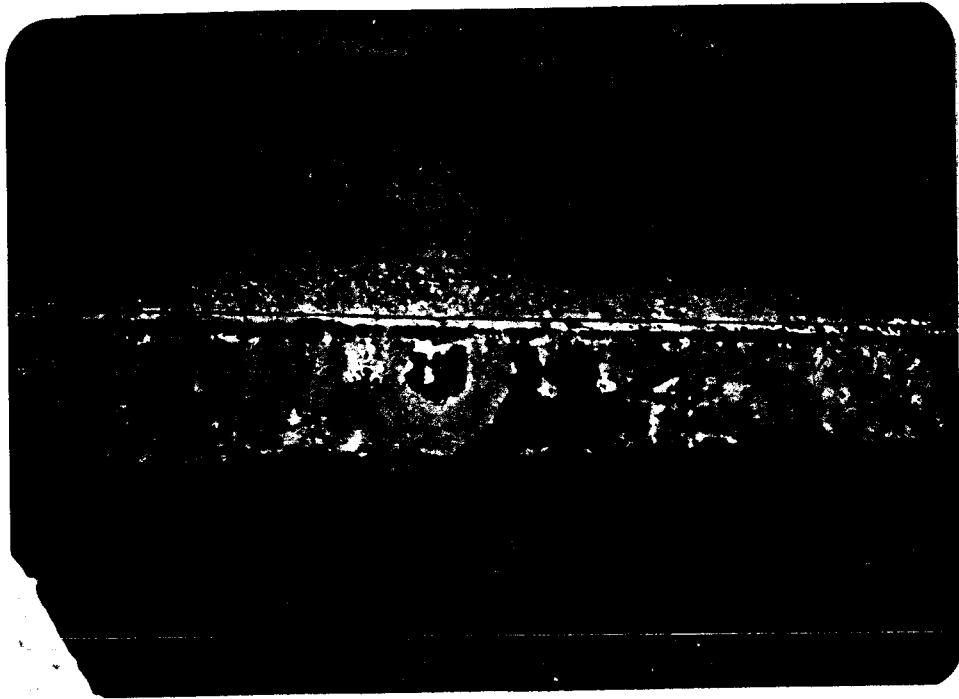
Documentos DF5.26 e DF5.27



Documentos DF 5.28 e DF5.29



Documentos DF5.30 e DF5.31



Documento DF5.32

5.4 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "D"

Apresentam-se neste relatório os resultados obtidos na inspeção realizada na cobertura D, de instalações de escritórios de apoio administrativo de determinado empreendimento, localizado nas proximidades de uma represa.

A presente inspeção foi realizada no período de 05 a 07 de janeiro de 1986.

A edificação em questão está localizada a cerca de 800m das margens da referida represa, em zona rural.

Nessa região não há qualquer poluição no ar, sendo inclusive uma reserva ecológica.

Essas instalações não se encontram em operação, além do que suas obras estão paralisadas e embargadas devido ao local ser área de preservação ecológica.

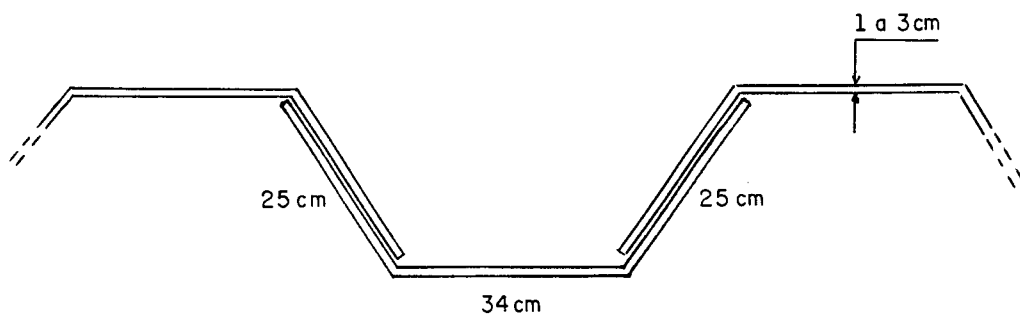
Suas obras foram iniciadas durante o ano de 1978. Os

referidos escritórios têm idades de sete anos (em referência à data das inspeções). Uma outra parcela da edificação tem idade de três anos.

A utilização que vinha sendo feita no local é de oficinas e/ou alojamentos, para manutenção de alguns veículos. Essa utilização era feita de forma esporádica.

5.4.1 - DESCRIÇÃO DA COBERTURA INSPECIONADA

A cobertura dos referidos escritórios é composta por elementos confeccionados em argamassa armada, vigas telhas com seção trapezoidal, com comprimento de 8,00m e as características apresentadas na figura F5.12.



Características geométricas dos elementos observados
Figura F5.12

5.4.2 - DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS

A armadura que compõe cada elemento é a seguinte:

- tela de malha 5 cm x 5 cm e fios de diâmetro de 3mm, eletrosoldada, em CA-60;

- 7 barras de aço CA-25, diâmetro nominal 5.

A disposição da armadura é mostrada na figura F5.13, a seguir.

Teoricamente, a espessura de projeto do elemento a ser confeccionado deveria ser de 20mm, conforme informações prestadas no local por elemento que teve sob sua responsabilidade a confecção dos elementos, elaborando-se assim, a situação mostrada na figura F5.14.

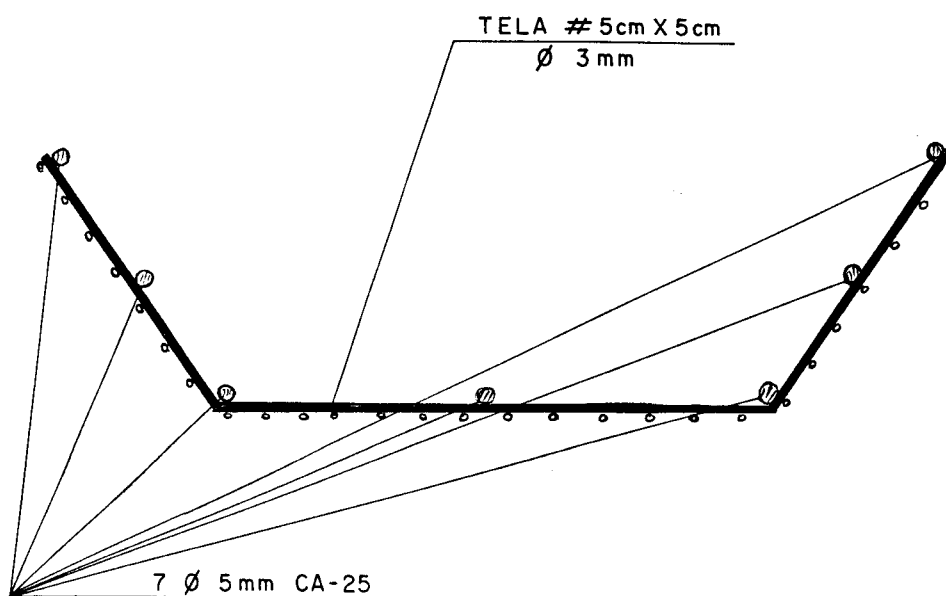
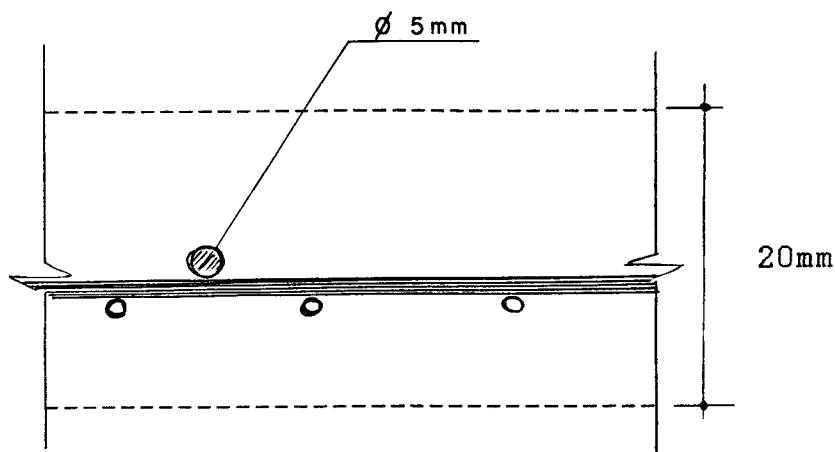


Figura F5.13



Concepção teórica dos elementos

Figura F5.14

Dessa forma, o máximo cobrimento que se conseguiria seria de de 6mm, que até poderia ser efetivo.

Porém, observaram-se espessuras dos elementos de 10mm a 30mm. Com isso, em alguns locais, o máximo cobrimento teórico possível seria de 1mm em cada face do elemento.

Não se conseguiu fazer um levantamento do projeto.

Outros problemas que se pôde constatar foram:

- má execução;
- orientação deficiente de execução;
- adensamento irregular e deficiente;
- desmoldagem em tempo inadequado;
- alta porosidade de alguns elementos;
- armadura corroída em toda a extensão da cobertura.

Após o primeiro ano a partir do término da cobertura, já se pôde observar início da oxidação da armadura e lascamento da argamassa de forma generalizada.

Toda a estrutura da cobertura está comprometida, não havendo um só elemento sem problemas de corrosão e, tudo indica que a situação tende-se a agravar.

Já se observam locais onde toda a estrutura está corroída.

Não se utilizou também de nenhum espaçador da armadura, ficando a manutenção do espaçamento a critério do indivíduo que executava as peças (dados fornecidos durante a entrevista).

Observam-se também várias fissuras sobre as barras longitudinais e quando existem fissuras transversais, elas estão localizadas sobre as telas. Mediram-se abertura de fissuras de até 10mm! Essas fissuras provêm dos esforços introduzidos na estrutura, em torno da armadura, originados pela expansão dos produtos de corrosão.

A argamassa empregada foi dosada em volume na proporção de 1:4 e relação água/cimento, variável, não identificada, a critério do pedreiro.

Na tentativa de impermeabilizar a cobertura, na data da inspeção, utilizou-se de betume que foi aplicado sobre toda a cobertura, externamente.

Os escritórios distam aproximadamente 800m da represa e, há um outro fator: o vento predominante é no sentido represa/escritórios; isso deve elevar a umidade local e contribuir para uma velocidade de deterioração maior.

5.4.3 - ENSAIOS REALIZADOS

Foram feitas várias medições de profundidade de carbonatação no campo, com solução de fenolftaleína, e observou-se que a espessura de carbonatação variava de 3mm até a espessura total do elemento.

Selecionaram-se algumas amostras, com idade de 7 anos, em peças visualmente íntegras e mediu-se em laboratório o teor de cimento (partes em massa) e profundidade de argamassa carbonatada. Os resultados mostrados na Tabela T5.9, a seguir:

Tabela T5.9

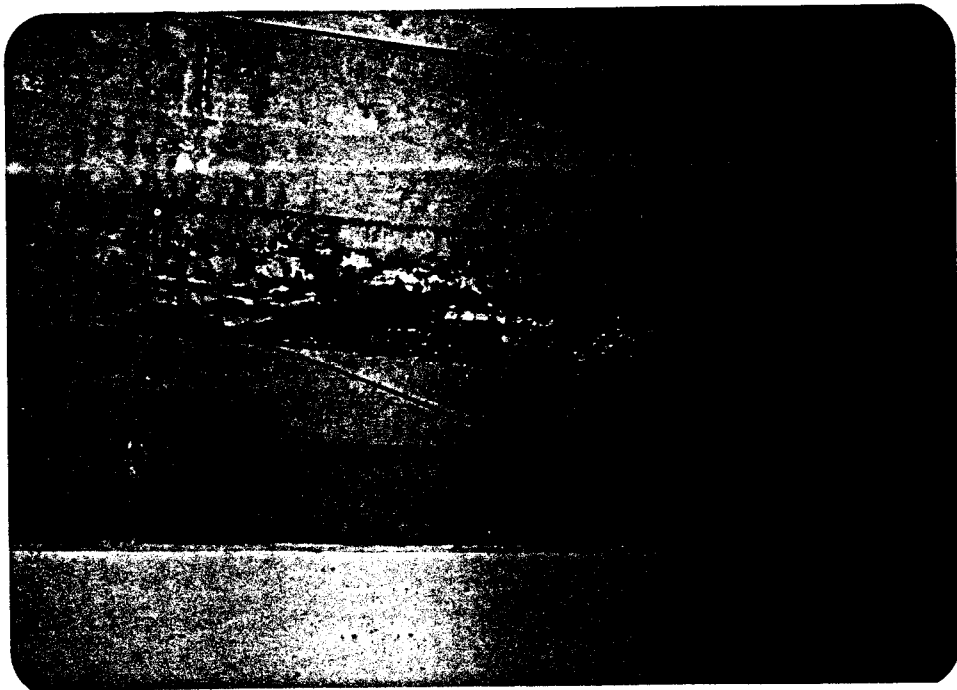
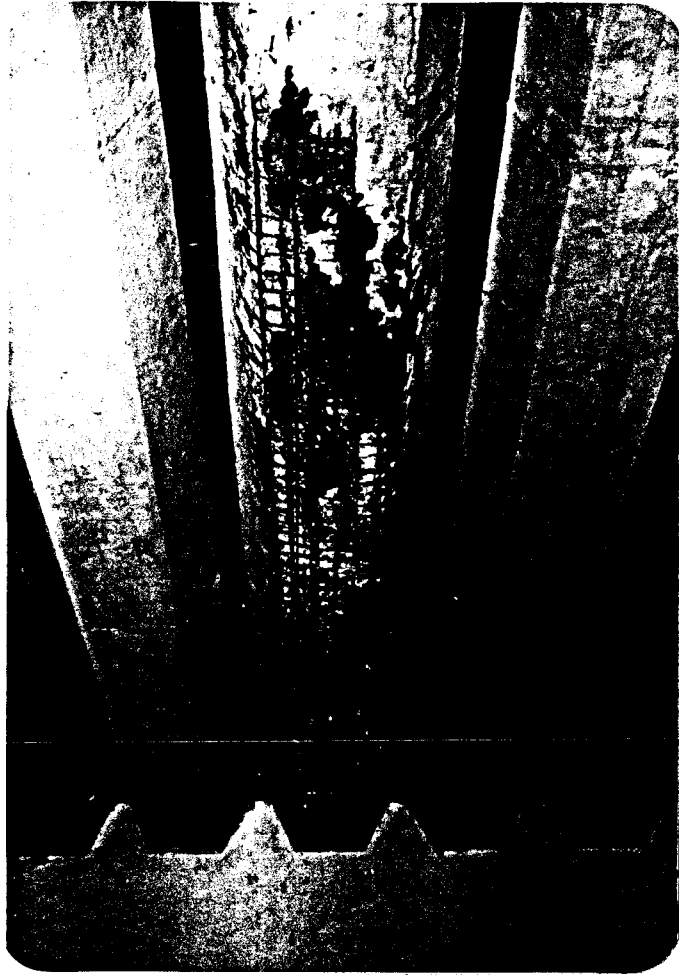
Análise dos Testemunhos

Amostra	Teor de cimento (partes em massa)	Profundidade de Carbonatação (mm)
BROA7/I	1:3,4	2
BROA7/II	1:2,7	1
BROA7/III	1:4,2	toda espessura

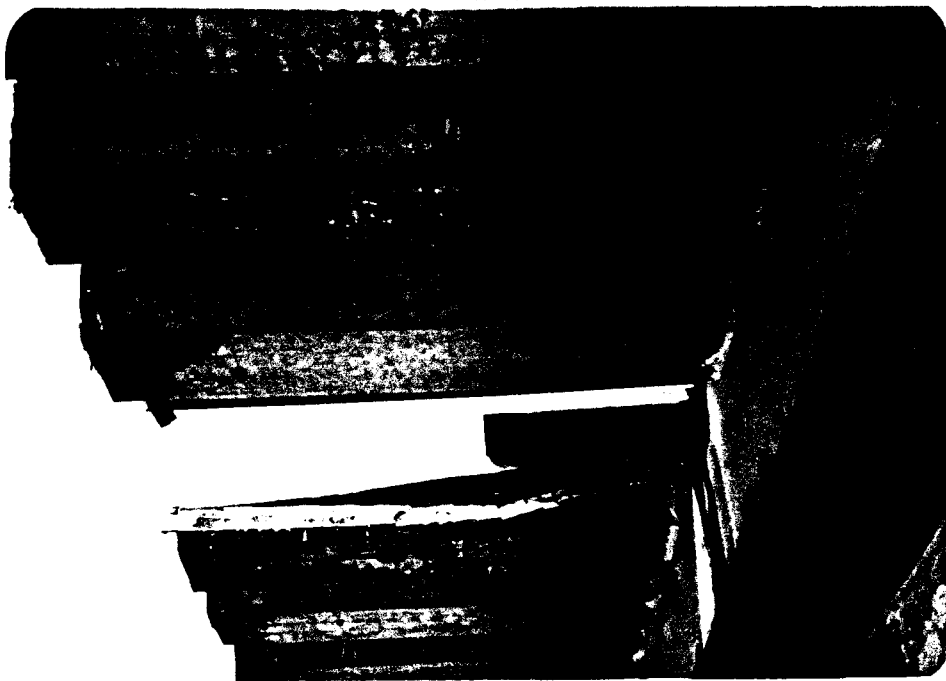
A seguir são apresentadas algumas características da água de amassamento utilizada presentemente e, no passado, para a elaboração da argamassa armada.

Teor em ferro:	0,21 mg/l
Teor em sulfatos:	5,00 mg/l
Teor em cloretos:	1,00 mg/l
pH:	6,10
alcalinidade:	2,00 mg/l
dureza:	4,00 mg/l

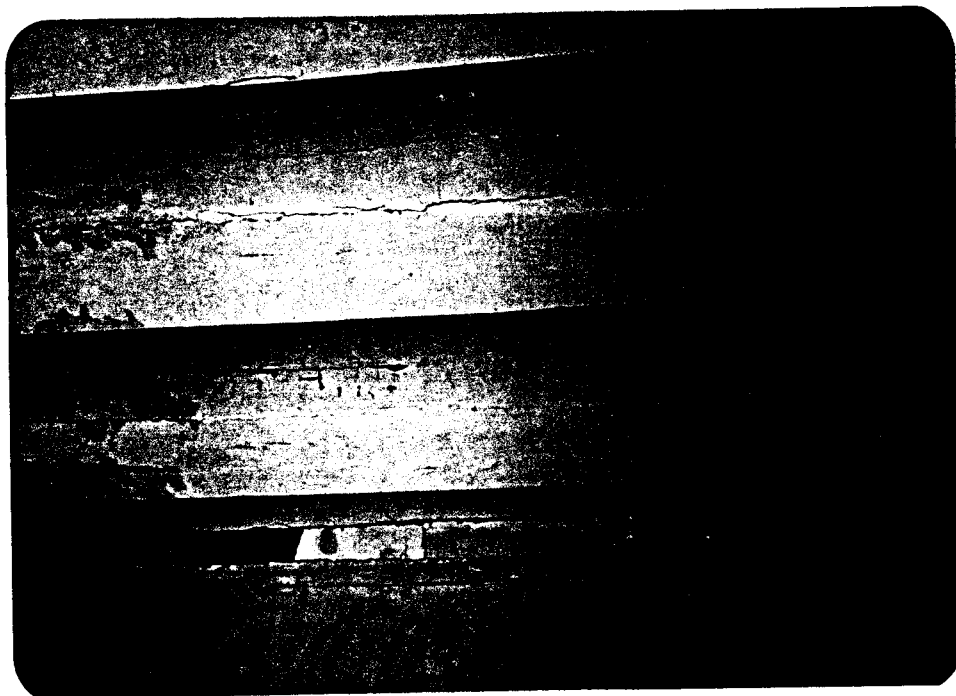
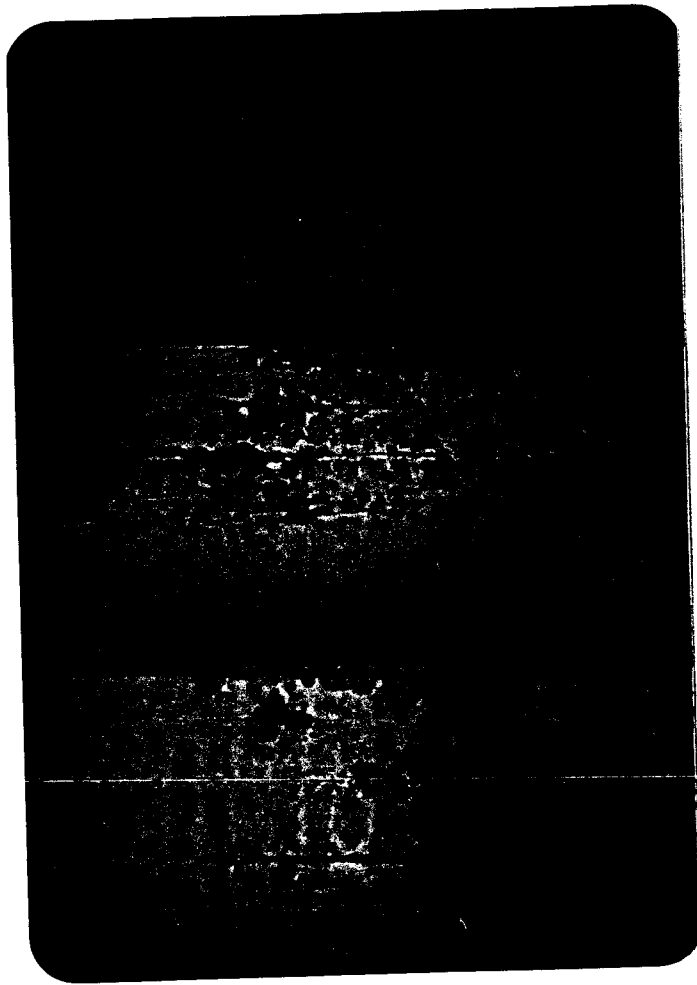
A seguir apresenta-se uma documentação fotográfica de detalhes da cobertura (DF5.33 a DF5.38).



Documentos DF5.33 e DF5.34



Documentos DF5.35 e DF5.36



Documentos DF5.37 e DF5.38

5.5 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO DE AGUA

A presente inspeção foi realizada em duas etapas: em 06 de fevereiro de 1985 foi feita apenas uma inspeção externa, em vista da impossibilidade de se esvaziar o reservatório; a segunda etapa das inspeções (internamente) apenas pôde ser feita em 16 de dezembro de 1987, período em que estava prevista uma manutenção periódica.

O referido reservatório foi inaugurado em dezembro de 1982.

A aplicação da argamassa armada na construção de reservatório apoiado ao nível do solo foi feita aqui com a execução de elementos pré-moldados de parede e cobertura.

O reservatório foi concluído em dezembro de 1981, iniciando-se imediatamente sua utilização.

Sua capacidade é de 2700 m³ de água.

As características do referido reservatório são apresentadas nas figuras F5.15 a F5.20.

O referido reservatório está localizado em local isento de fontes poluentes.

Internamente, toda a superfície do reservatório foi revestida com tinta à base de borracha clorada.

Conforme se observa na figura F5.16, as abóbadas têm espessura de 35mm na região curva e 45mm nas regiões planas.

Na situação de parede com 35mm de espessura, previu-se o posicionamento de 2 telas eletrosoldadas, malha quadrada de 50 mm x 50 mm, e fio de diâmetro nominal 2,77 e, duas "telas de pinteiro", malha hexagonal. No caso da parte com espessura de 45mm acrescentou-se mais duas telas de malha quadrada de 50 mm x 50 mm. Os elementos de cobertura possuem espessura variável, conforme se observa na figura F5.20. A armadura utilizada para a execução das vigas/telhas de cobertura é composta de telas eletrosoldadas EQ-120, e por barras de aço CA-50 de bitola nominal 6,35. Na região onde a espessura é de 20mm, tem-se o

posicionamento de 2 telas.

Onde se posicionaram outras telas e/ou barras, aumentou-se a espessura do elemento.

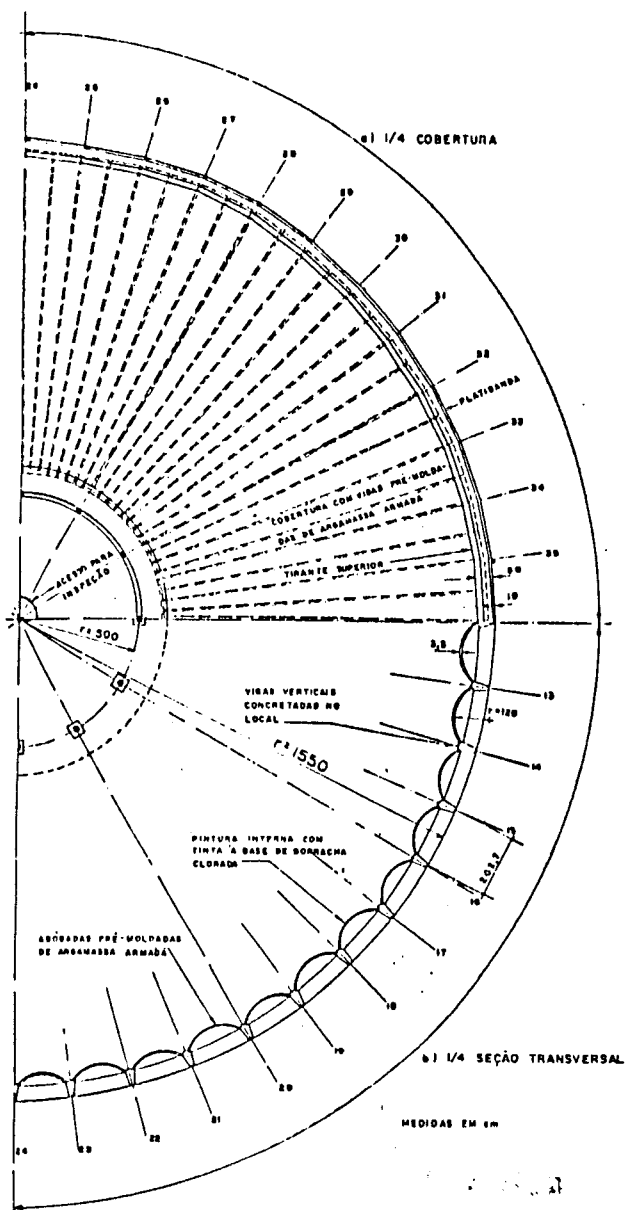


Figura F5.15

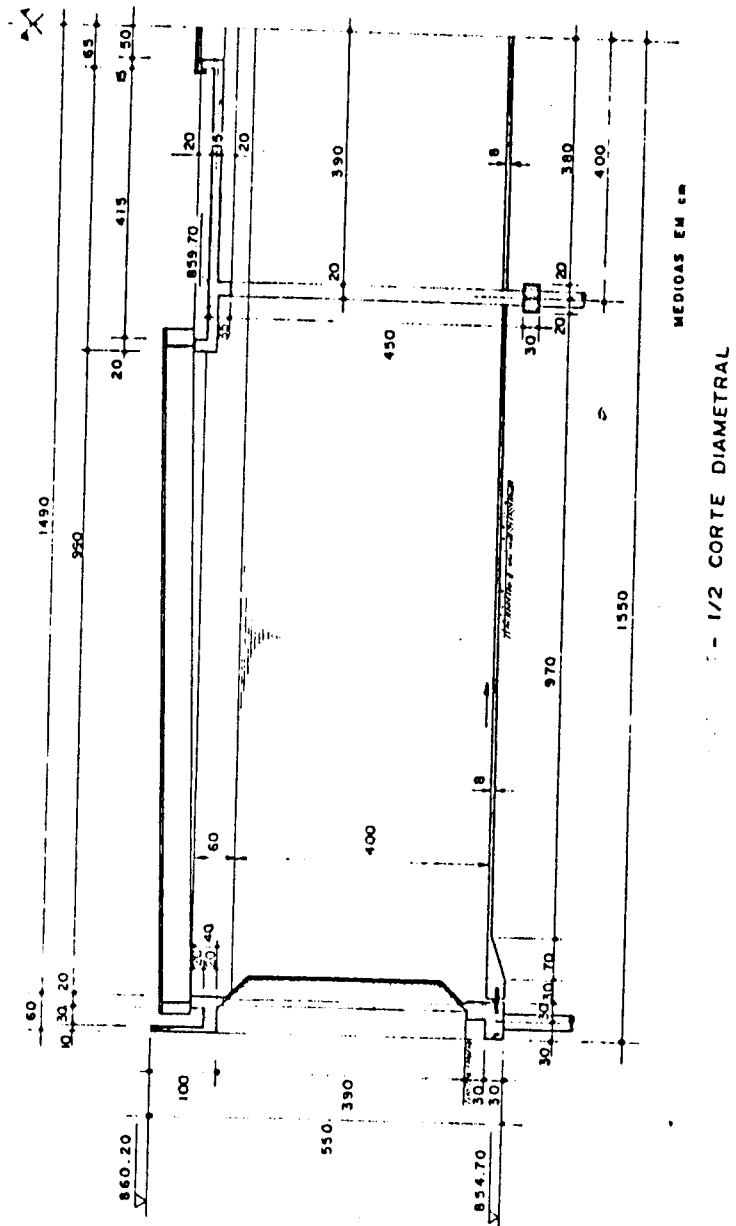


Figura F5.16

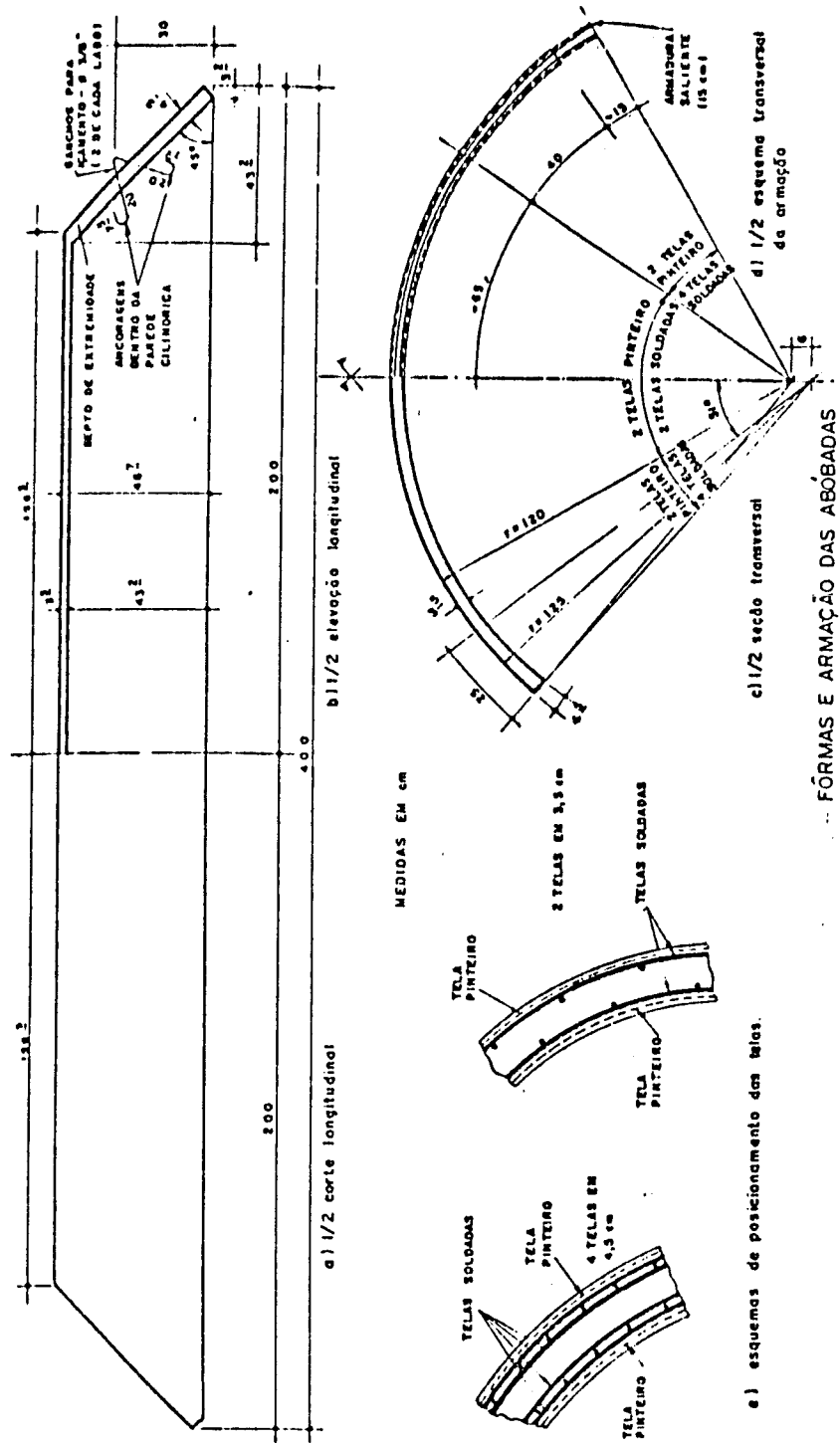
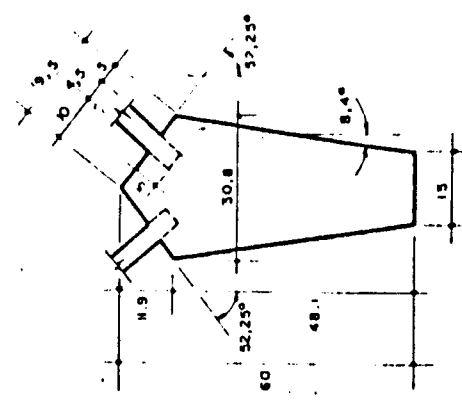
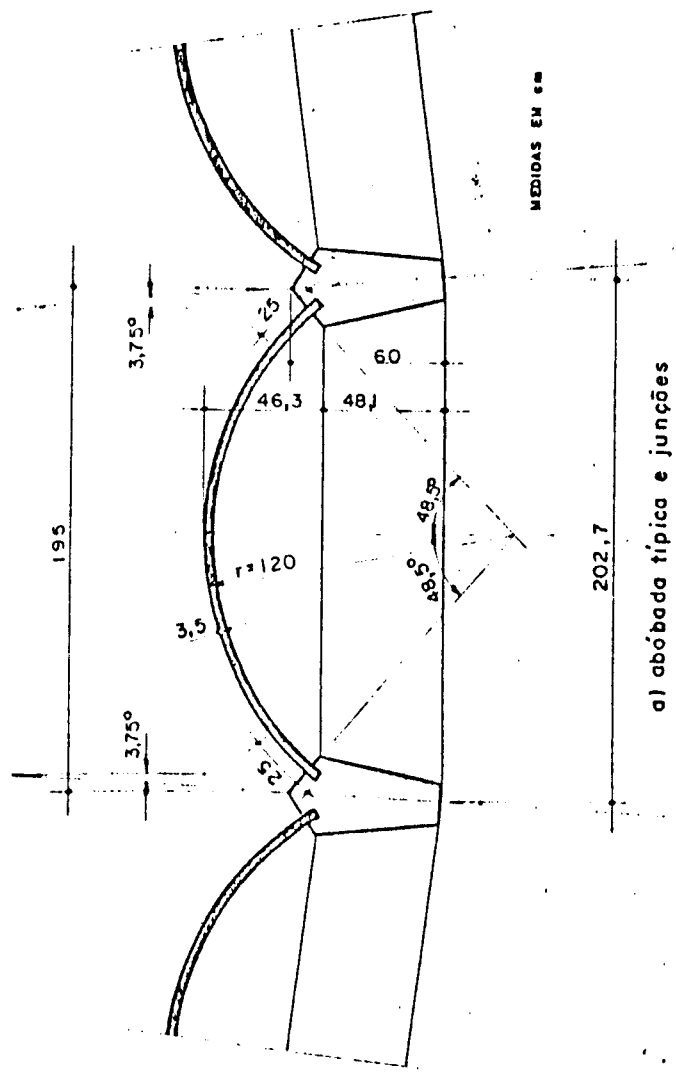


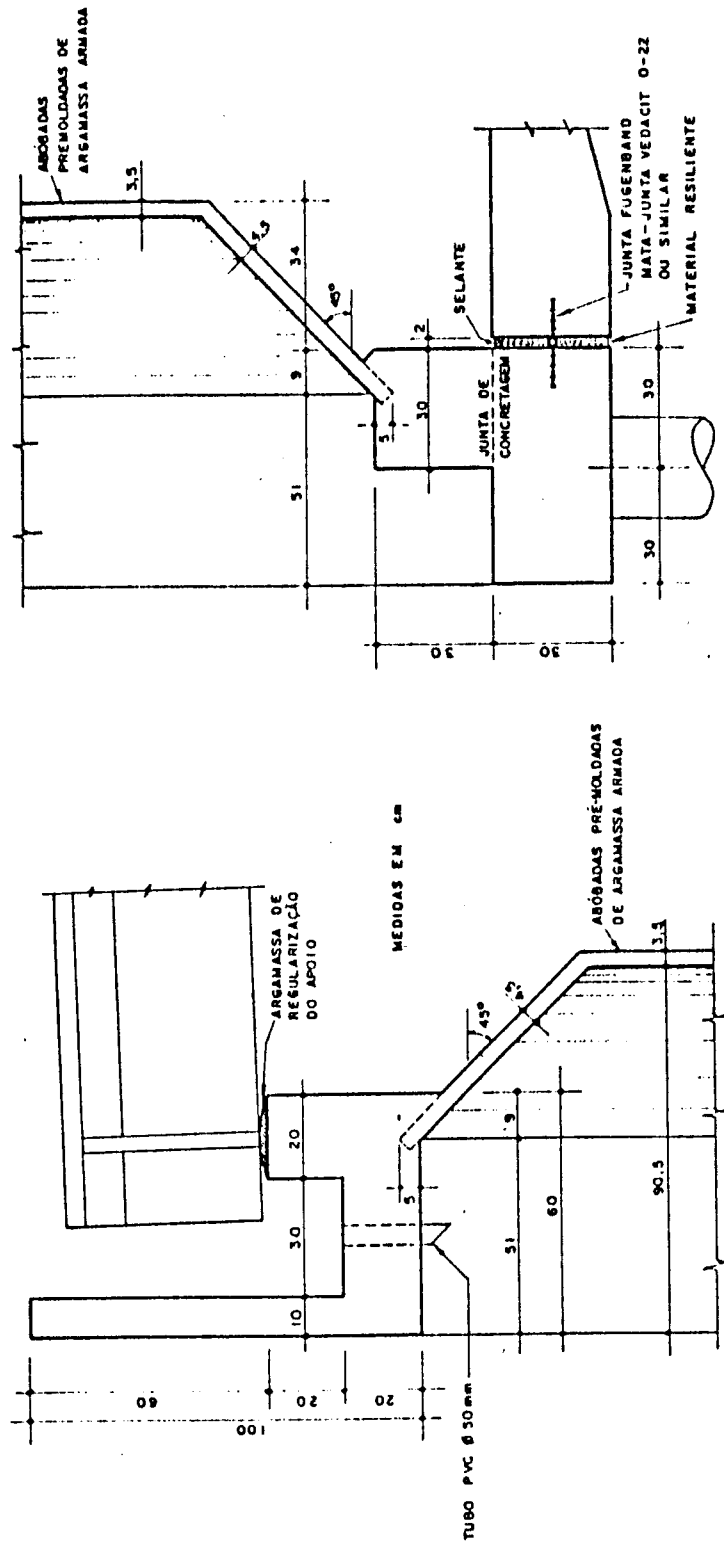
Figura F5.17



b) detalhe da seção transversal das vigas verticais

a) abóbada típica e junções

Figura F5.18

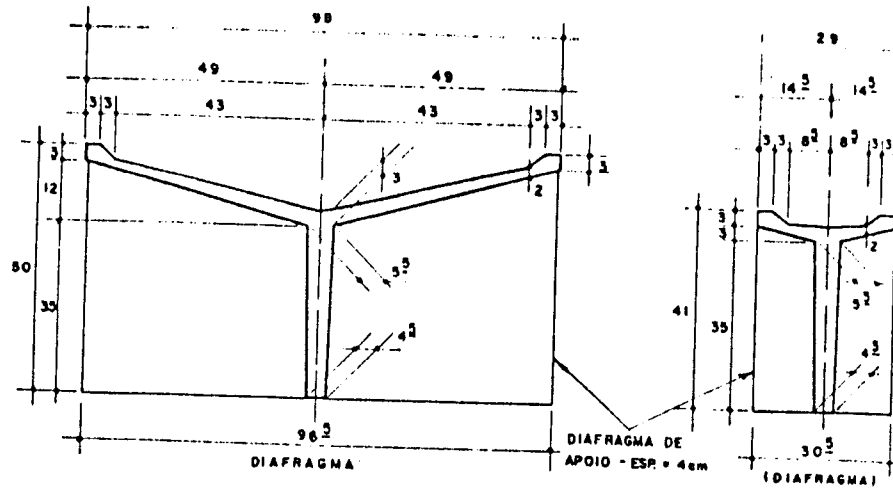


b) detalhe do pé da parede

a) detalhe do topo da parede

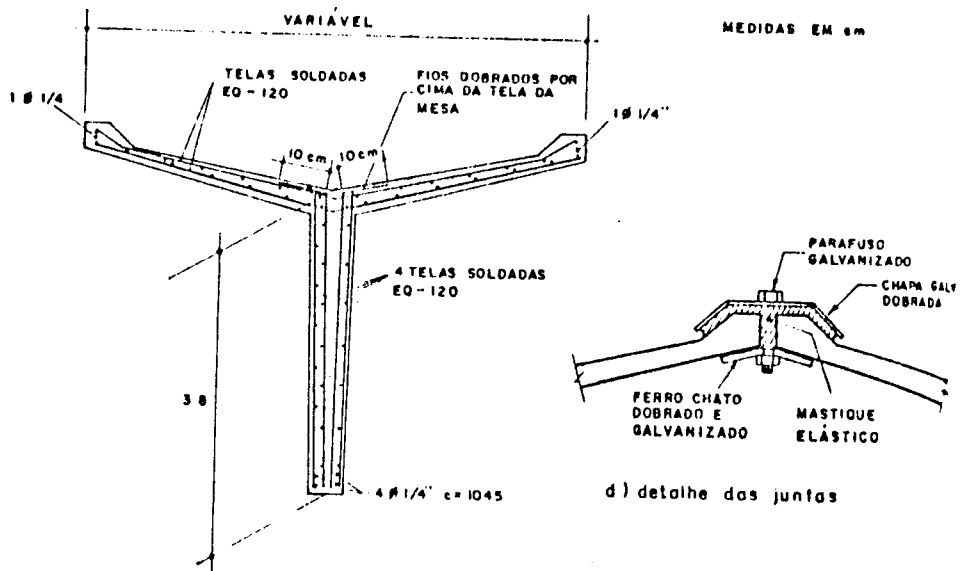
5.5.3 DETALHES DA PAREDE

Figura F5.19



a) vista da extremidade junto à parede

b) vista da extremidade junto à laje central



c) esquema transversal da armação

d) detalhe das juntas

ESQUEMAS DAS VIGAS DE COBERTURA

Figura F5.20

Dessa forma, observa-se que com as espessuras adotadas, no caso das abóbodas, tem-se o cobrimento máximo possível, relativamente às partes da parede com espessura de 35mm e 45mm, as situações teóricas apresentadas nas figuras F5.21 e F5.22.

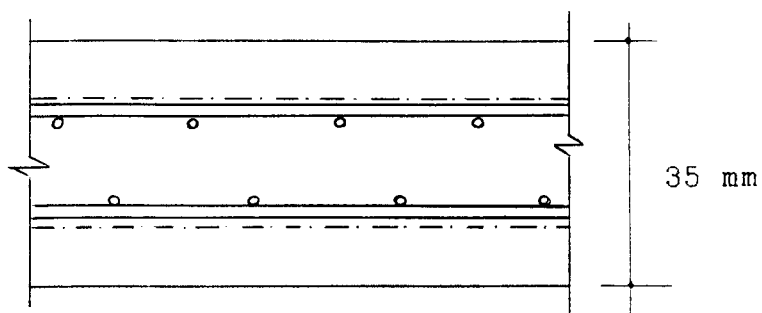


Figura F5.21

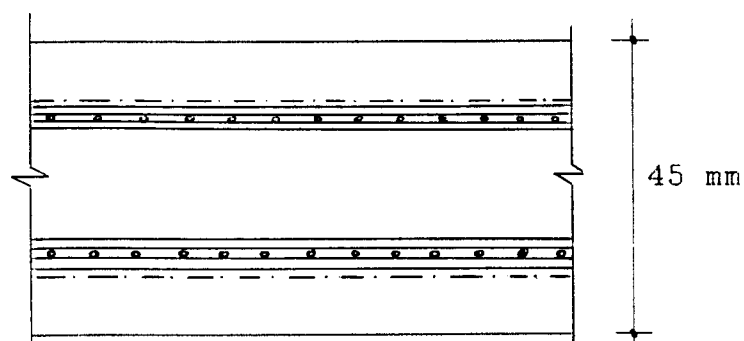


Figura F5.22

No caso da figura F5.21 e F5.22 o cobrimento teórico seria de aproximadamente 7,5mm.

5.5.1 - DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS OBSERVADO

5.5.1.1 - COBERTURA

A cobertura do referido reservatório está praticamente íntegra.

O que se observa é que a argamassa armada foi executada criteriosamente. Notam-se mesmo assim, alguns pontos onde a armadura aflora na superfície superior. Porém, apesar desse inconveniente, a armadura encontra-se levemente oxidada, após um longo tempo de exposição e, se a oxidação continua, sua velocidade é muito lenta.

Por outro lado, não se tem detectado qualquer poluente que proporcionasse efeitos nocivos, além do que, a manutenção para correção desse defeito é simples.

Na superfície inferior, lado de concentração dos vapores de água, a superfície encontra-se íntegra, o que sugere que a qualidade da argamassa produzida, bem como o cobrimento nessa face, foi produzida dentro de padrões considerados ótimos, levando a argamassa a um baixo índice de permeabilidade, porosidade e absorção.

A idade de 5 anos do reservatório atesta a qualidade da argamassa armada aí produzida.

5.5.1.2 - PAREDE

As abóbadas possuem, em grande parte, o seguinte defeito: a parcela da armadura composta por tela entrelaçada ("tela de pinteiro") galvanizada, encontra-se muito próxima à superfície, na face externa do reservatório, além de estar em contato com aço CA-60.

Essa tela tem apresentado, externamente, problemas em todas as abóbadas.

Tem-se procurado fazer manutenções periódicas, como pintura com nata de cimento para impedir o progresso da corrosão.

Quanto à fissuração observa-se apenas micro-fissuras, com $w < 0,05$ mm.

5.5.2 - ANALISES REALIZADAS

Não foi possível coletar amostra para análise em laboratório.

Mediu-se, em alguns locais, a profundidade de carbonatação da argamassa, no campo, utilizando-se solução de fenolftaleína, somente em relação à superfície externa do reservatório, e o resultado foi o seguinte:

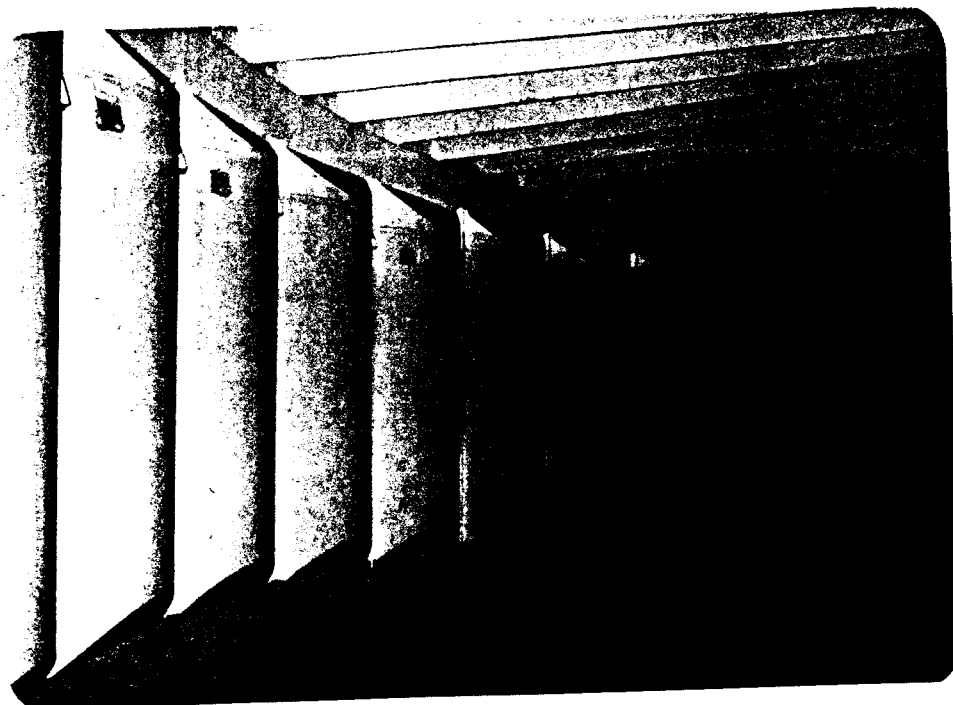
- cobertura: 2 mm;
- abóbadas: 2 a 3 mm.

Não se tem observado qualquer anomalia no comportamento estrutural dos elementos de argamassa armada.

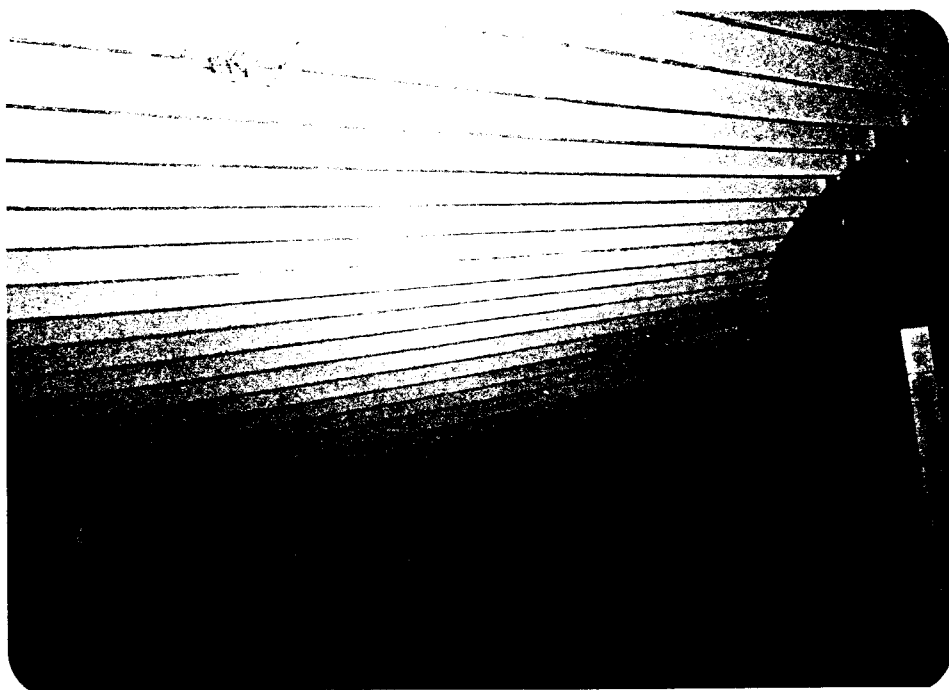
Na documentação fotográfica de DF5.39 a DF5.43 apresentam-se detalhes do reservatório.



Documento DF5.39



Documentos DF5.40 e DF5.41



Documentos DF5.42 e DF5.43

5.6 - RELATORIO DE INSPEÇÃO DE RESERVATORIOS - 4 UNIDADES

A presente inspeção foi realizada em 29 de janeiro de 1986. Foram construídos 4 reservatórios de superfície, semelhantes ao reservatório de superfície já descrito (vide figuras F5.15 a F5.21).

Esses reservatórios foram construídos com as seguintes capacidades: 2 x 900 m³ e 2 x 650 m³.

Os reservatórios de 900 m³ têm a idade de 3 anos e os reservatórios de 650 m³ têm a idade de 1 ano.

Apenas a cobertura foi alterada, sendo executada em placas de concreto armado protendido, portanto, a cobertura, bem como todos os outros componentes executados em concreto armado não serão aqui, objeto de análise.

Os reservatórios de 900 m³ foram inspecionados apenas externamente e os com capacidade de 650 m³ puderam, na ocasião, ser inspecionados também internamente.

5.6.1 - PROBLEMAS OBSERVADOS

Os reservatórios apresentaram os mesmos problemas que aqueles construídos em São Carlos, isto é, deterioração da tela entrelaçada ("tela de pinteiro"), problema esse já esperado.

O cobrimento da tela eletrosoldada especificada em projeto foi de 5mm e nessa região de 5mm aplicou-se a tela entrelaçada (tipo "pinteiro") galvanizada e em vista dessa tela ser extremamente flexível, percebe-se seu afloramento em quase todas as abóbadas.

Apenas os reservatórios de 650 m³ apresentaram outros problemas:

- para posicionamento das abóbadas, nos reservatórios de 650 m³, utilizaram-se de ganchos incorporados à armadura durante a fabricação, que deveriam, posteriormente, serem cortados; isso

foi realizado, porém a proteção dessa região, onde inicialmente existiam os ganchos, com cobrimento da armadura com argamassa, após 6 meses, começaram a se destacar e, esse lascamento foi proveniente da oxidação daquela armadura (expansão), apesar de ter sido enchido com água apenas uma vez, conforme declarações prestadas na ocasião, em vista de outros problemas existentes, não oriundos da tecnologia da argamassa armada, que assim não serão comentados;

- observou-se, também, uma série de fissuras, algumas ocasionadas por problemas de recalques diferenciais do reservatório (reservatórios de 650 m³) e outras talvez por choques das peças durante o seu lançamento.

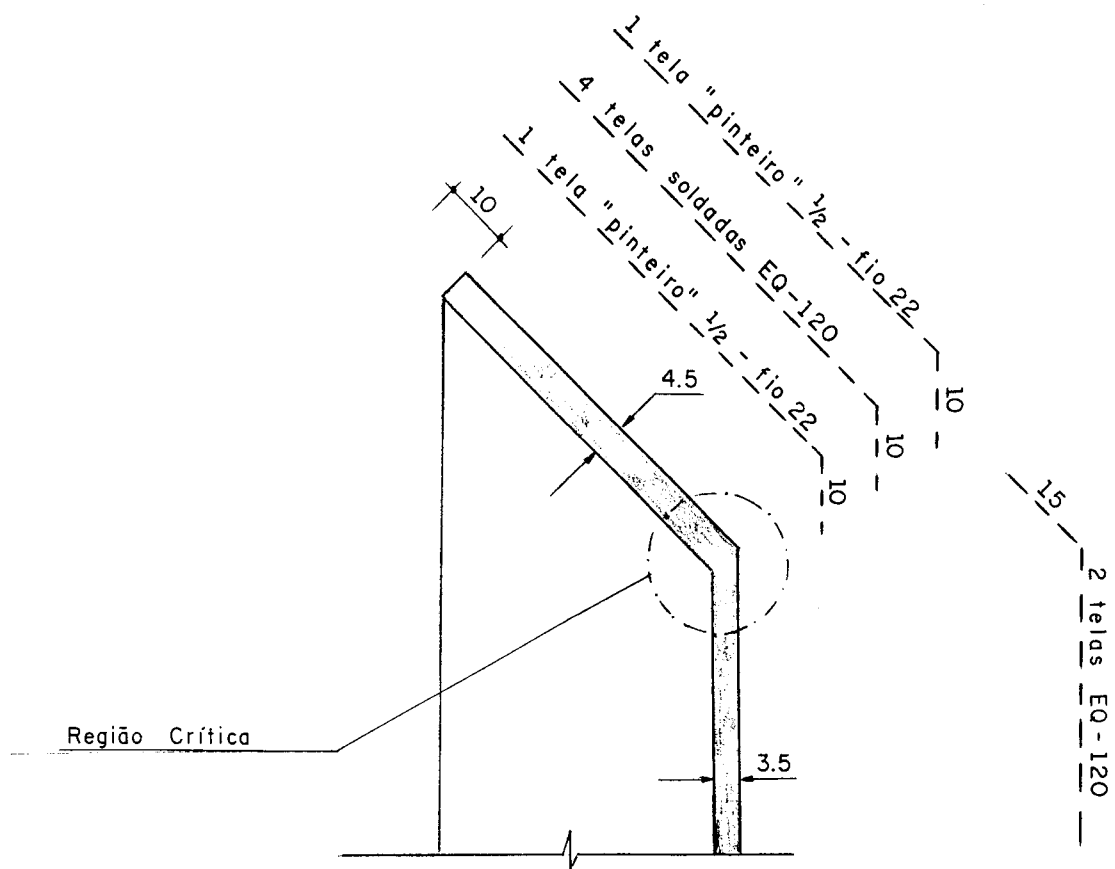
Apenas os reservatórios de 900 m³ estão sendo utilizados e os de 650 m³, na época da inspeção estavam interditados devido a outros problemas, porém, não causados na estrutura de argamassa armada.

Algumas fissuras tinham abertura de até 0,15 mm, possivelmente causadas pela manipulação dos elementos durante sua aplicação.

Não foi possível fazer qualquer retirada de testemunho para análises em vista de se evitar quaisquer dúvidas pelas partes envolvidas em avaliações paralelas ocorrentes na época das inspeções e, assim, achou-se melhor não realizar qualquer amostragem e nem qualquer medida de profundidade de carbonatação.

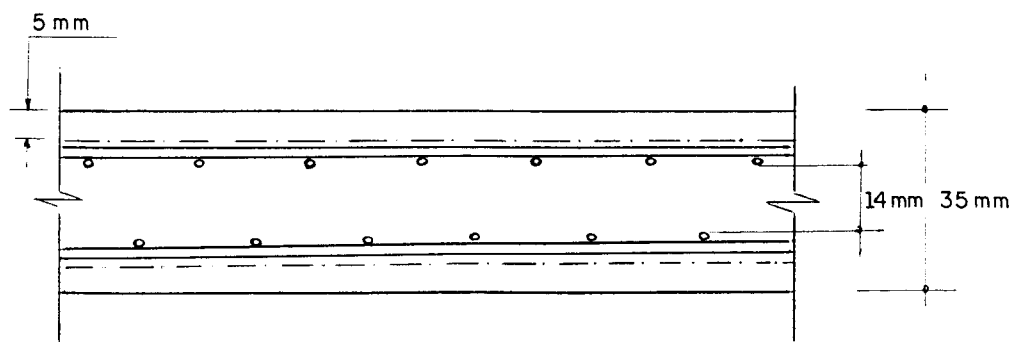
Os reservatórios de 900 m³ que estão em perfeita utilização apresentavam em algumas abóbadas a formação de CaCO₃, porém não apresentava vazamentos, visto que o CaCO₃ havia colmatado aqueles vazios.

Nas figuras F5.23 e F5.24 são apresentados alguns detalhes do projeto, interessantes para análises.



Esquema de armação dos septos

Figura F5.23



Detalhe da Região Crítica

Figura F5.24

Observe-se que a região crítica assinalada na figura F5.23, deverá abrigar 6 telas EQ-120, com fios de diâmetro de 2,77mm, em vista de se tratar do local previsto para o traspasse das telas dos setores planos e curvos.

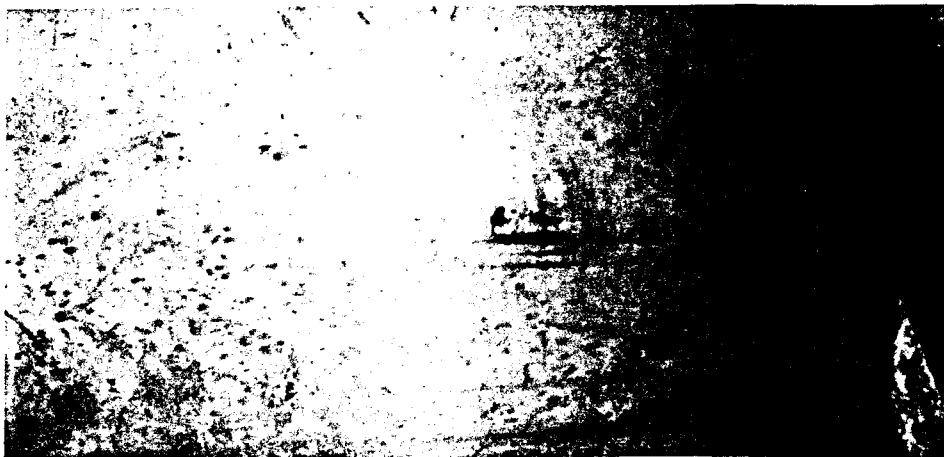
Se mantido o cobrimento previsto teoricamente de 5mm, restaria um total, também teórico, de 14mm para o alojamento das 4 telas do setor plano.

No instante do posicionamento dessas telas, pelo armador, poderia ocorrer a situação tal que se tivesse [8fios] x [2,77mm] = 22mm, e que seria insuficiente.

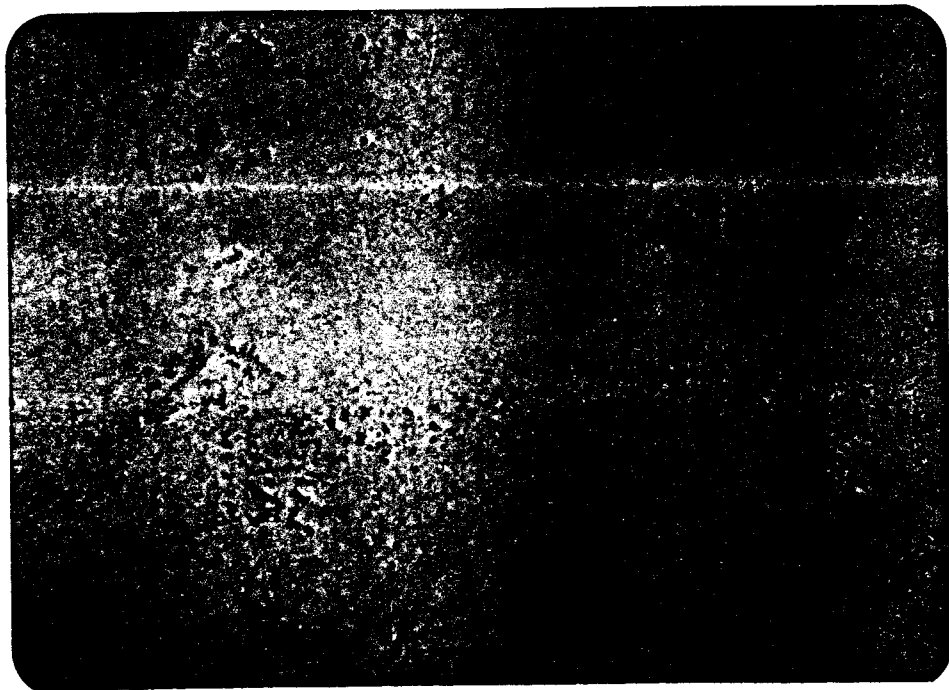
Pode-se constatar que em apenas algumas peças ocorreram afloramentos, exatamente na mudança de direção entre o setor plano e a região curva, embora nas imediações esses afloramentos não fossem percebidos.

Conclui-se que deve ter havido uma correção da imperfeição, provavelmente durante a execução, através do engrossamento da região porém, isso deve ser evitado visto que esse instante da realização do projeto não deve prever essas observações pois, isso poderia ter ocasionado situações de degradação de toda a estrutura.

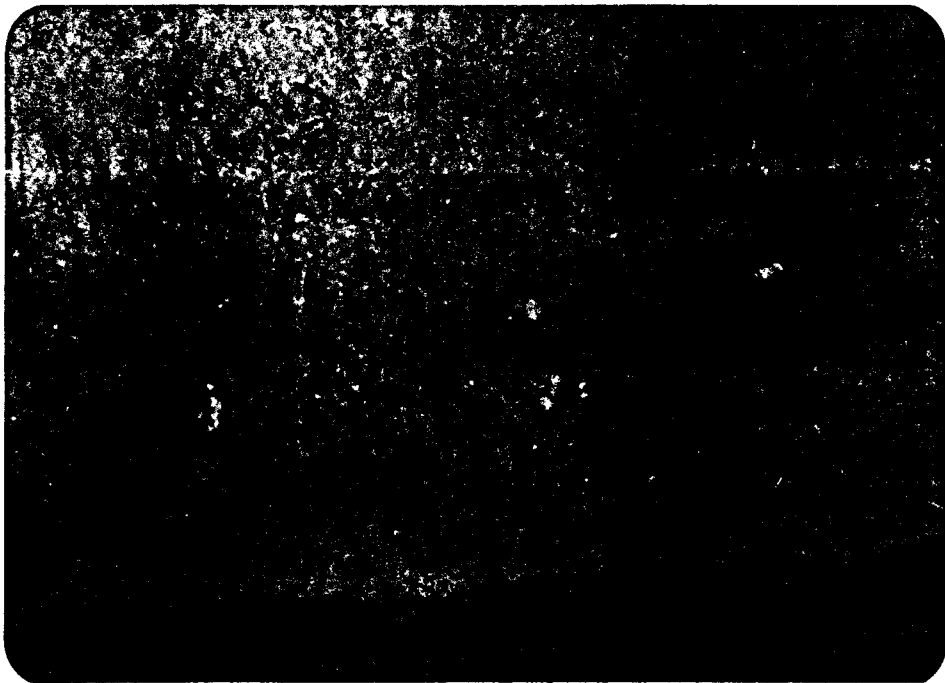
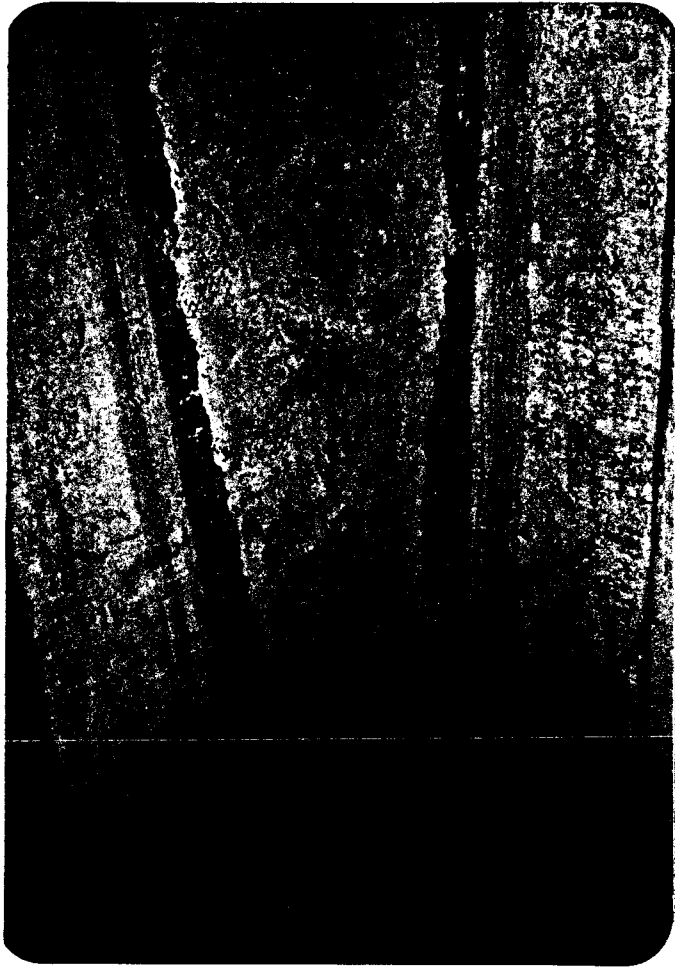
Na documentação fotográfica DF5.44 e DF5.48 são apresentados detalhes das referidas construções.



Documento DF5.44



Documentos DF5.45 e DF5.46



Documentos DF5.47 e DF5.48

5.7 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO ENTERRADO "A", DESTINADO AO ARMAZENAMENTO DE AGUA

A presente inspeção foi realizada no período de 07 a 10 de fevereiro de 1985.

Trata-se de um reservatório enterrado, tronco piramidal invertido, com as características apresentadas na figura F5.25.

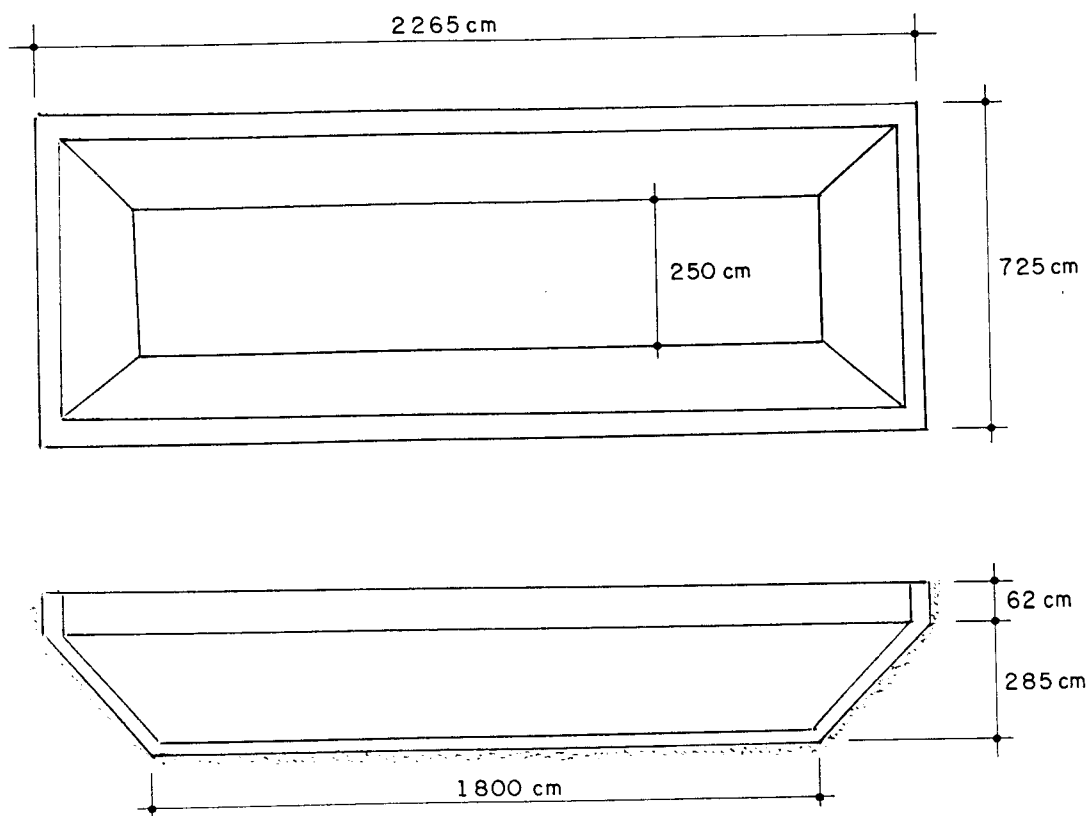


Figura F5.25

A técnica empregada para a construção do referido reservatório foi a seguinte: escavou-se o terreno mantendo-se já a forma definitiva do reservatório (tronco-piramidal invertida),

a seguir aplicou-se em todo o fundo e taludes uma argamassa magra, sobre pedra britada, para sua regularização; no fundo executou-se também todo o sistema de drenagem, constituído por manilhas de barro furadas, além da camada de brita mencionada.

A armadura é constituída por telas entrelaçadas (tipo "peneira"), galvanizada, malha de 1,25 cm x 1,25 cm.

Essa armadura foi estendida por todo o reservatório e a seguir efetuou-se toda a argamassagem, em faixas verticais. A argamassa empregada foi, conforme informações, elaborada com a seguinte dosagem em peso: 1:2 e relação água/cimento de 0,4.

A aplicação da argamassa foi feita com o auxílio de vibrador de placa.

O reservatório encontra-se desativado e não chegou sequer a ser utilizado, por problemas outros, não relativos ao seu comportamento estrutural.

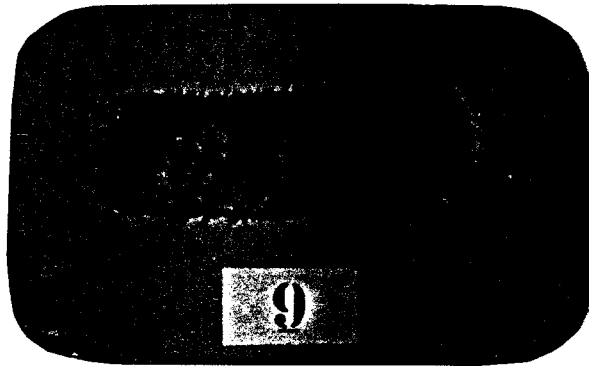
5.7.1 - DEFEITOS OBSERVADOS

Os defeitos observados foram:

- formações de fissuras verticais nas juntas das faixas de argamassagem com aberturas de $w = 0,05$ mm a 0,50 mm;
- alguns pontos de oxidação, onde a armadura ficou próxima à superfície.

Retirou-se uma amostra com as dimensões de 10cm x 30cm, em uma região próxima a uma fissura vertical, conforme documentação fotográfica DF5.49, e se observou que o cobrimento da armadura nessa região, em relação à face externa, era de 8mm e em relação à face interna às vezes inexistia.

Percebe-se claramente a deterioração do zinco, com apresentação de um esbranquecimento da argamassa em algumas regiões.



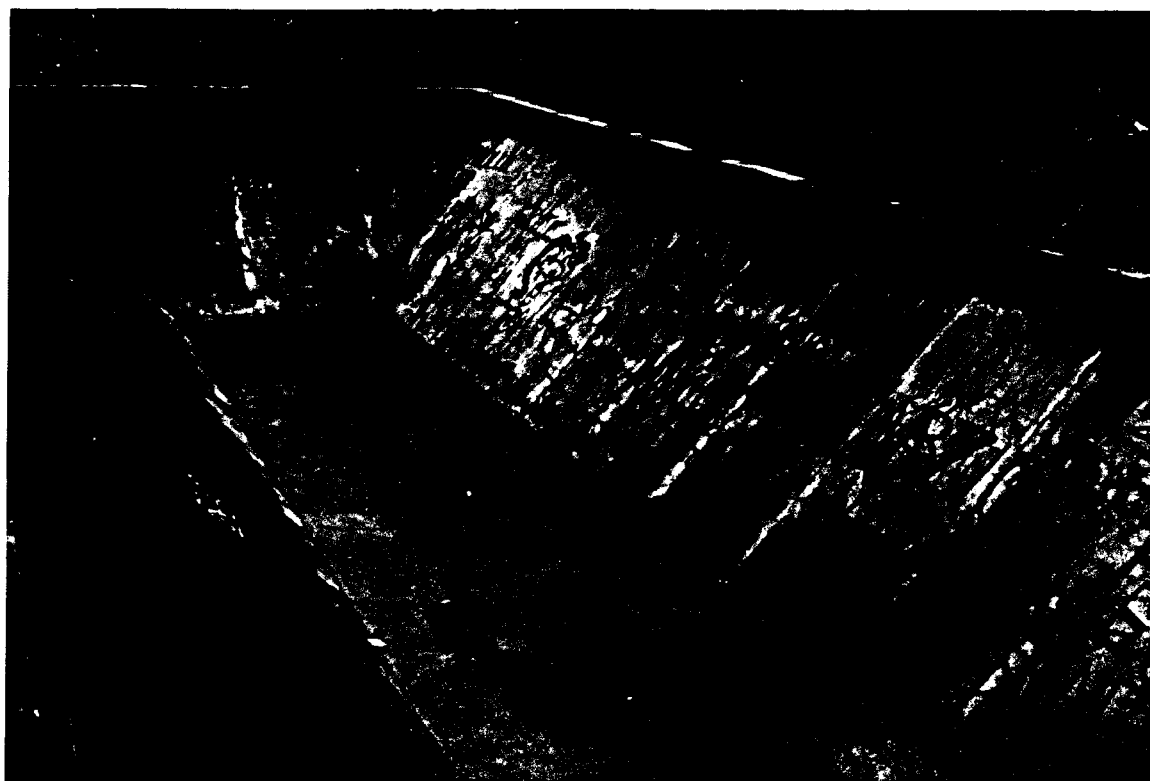
Documento DF5.49

5.7.2 - ENSAIOS REALIZADOS

Mediu-se, no campo, a espessura da profundidade de carbonatação na argamassa, e em alguns pontos, ela foi de 1mm. O aspecto, visual, da argamassa é boa, embora se note um envelhecimento superficial.

Reconstituiu-se, na amostra retirada, o teor de cimento (partes em massa) e chegou-se à seguinte proporção: 1:2,4. A espessura da profundidade de carbonatação da argamassa, no elemento amostrado, variaram de 3mm até toda a espessura da peça.

Apresenta-se na documentação fotográfica de DF5.50 e DF5.51 alguns detalhes do referido reservatório.



Documentos DF5.50 e DF5.51

5.8 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "E"

A referida cobertura pertenceu a uma edificação destinada a um clube de campo próximo a uma represa.

Tentou-se realizar uma inspeção na referida cobertura em várias épocas durante o ano de 1986 e, após várias tentativas, apesar do trabalho ter apenas um cunho científico, não foi autorizado.

Sabe-se apenas que a referida cobertura está em péssimas condições e, em demanda judicial.

Não se conseguiu nenhum dado relativo ao projeto e à execução.

Conseguiu-se com um dos sócios que frequenta o local algumas amostras da cobertura (vide documentação fotografica DF5.52, a seguir).

Na determinação do teor de cimento (partes em massa) chegou-se ao seguinte resultado: Amostra nº. 1 - 1:3,3 e Amostra nº. 2 - 1:3,0.

Medidas as profundidades de carbonatação em duas amostras, observou-se que em ambas, a espessura carbonatada é total.

Não foi possível obter-se outras informações, e nem características da referida cobertura.



Documento DF5.52

5.9 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DE RESERVATORIO ENTERRADO "B"

Apresentam-se neste relatório os resultados obtidos na inspeção realizada, do reservatório enterrado B, executado em argamassa armada, executado no interior de São Paulo, em região onde a atmosfera apresenta boas características.

O referido reservatório foi construído durante os anos de 1973 e 1974, tendo, portanto, em relação à idade de inspeção, 12 anos.

Trata-se de um reservatório tronco piramidal invertido com as seguintes dimensões, apresentadas na figura F5.26.

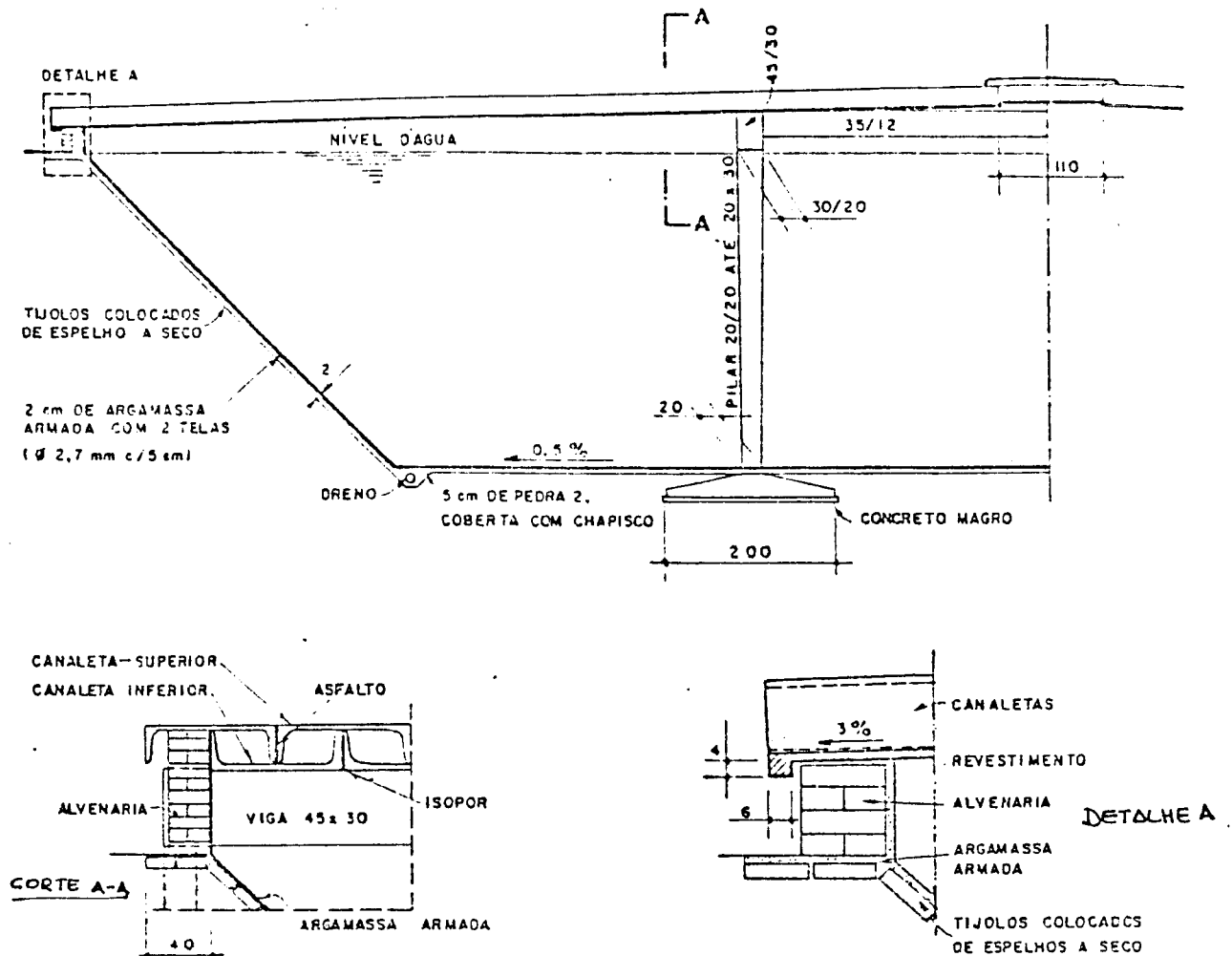


Figura F5.26

A cobertura do referido reservatório também foi executada em argamassa armada.

Destina-se ao armazenamento de água tratada, que abastece vários bairros de determinada cidade do interior de São Paulo.

A região onde foi construído é zona urbana e segundo informações, no local inexistia qualquer fonte poluidora que pudesse interferir na estrutura.

Há, porém, o problema de que o tratamento da água é feito com a utilização de cloro e, poderá estar ocorrendo difusibilidade de ions, além do que, para a cobertura, ela está inserida em uma região agressiva.

Toda a superfície de argamassa em contato com a água tem sido revestida, ao longo do tempo, com uma tinta à base de borracha clorada e/ou outros tipos de revestimentos.

A armadura é composta por telas de arame recozido, entrelaçada, tipo "peneira", e por barras de aço.

A técnica empregada na execução do referido reservatório foi a seguinte:

- executou-se uma escavação na forma tronco piramidal invertida, e a seguir aplicou-se uma camada de tijolos em espelho, revestida com argamassa magra de regularização; estendeu-se toda a armadura e a seguir aplicou-se a argamassa, adensando-a com vibrador de placa; os elementos de cobertura foram pré-moldados e a seguir lançados sobre vigamento de concreto armado.

5.9.1 - PROBLEMAS OBSERVADOS

5.9.1.1 - FISSURAÇÃO

Nos elementos de cobertura mediram-se aberturas de fissuras de 0,05mm a 1mm. Existem fissuras em rede e também fissuras causadas por deterioração da armadura.

No reservatório, o quadro clínico apresentado é mais grave: existem algumas fissuras verticais, localizadas no talude do reservatório com abertura que vão de 0,7 mm, até 8 mm, que podem ter sido causadas por recalques diferenciais ou ocasionada por carreamento de finos devido a infiltrações de água.

Na figura F5.27 é apresentado um quadro de ocorrência de fissuras.

Percebe-se, também que isso deverá estar ocasionando problemas no terreno suporte, visto que externamente percebe-se alguns problemas típicos.

Conforme depoimentos prestados na época das inspeções, constatou-se também que há vazamentos e que, medindo-se a quantidade de cloro na água tratada no instante de sua armazenagem, tem-se observado que essa quantidade na saída para a rede é, em algumas vezes, é cerca de 70% inferior, conforme informações prestadas.

5.9.1.2 - REVESTIMENTO PROTETOR

Todo o revestimento protetor encontra-se em deterioração e não está atuando de forma eficaz. Percebe-se a formação de uma série de bolhas de água sob aquela manta. O que pode estar ocorrendo é uma possível penetração de água, pela parte inferior da argamassa, além da penetração sob o revestimento, conforme documentação fotográfica.

O revestimento protetor também pode ser removido facilmente, o que também atesta sua ineficácia.

5.9.1.3 - DETERIORAÇÃO DA ARGAMASSA ARMADA

5.9.1.3.1 - COBERTURA

O grande problema na cobertura é a condensação de vapores,

pois, não há nenhum revestimento protetor e todas as placas, sem exceção, encontram-se parcialmente corroídas. A argamassa está se destacando na posição da armadura, devido à sua oxidação.

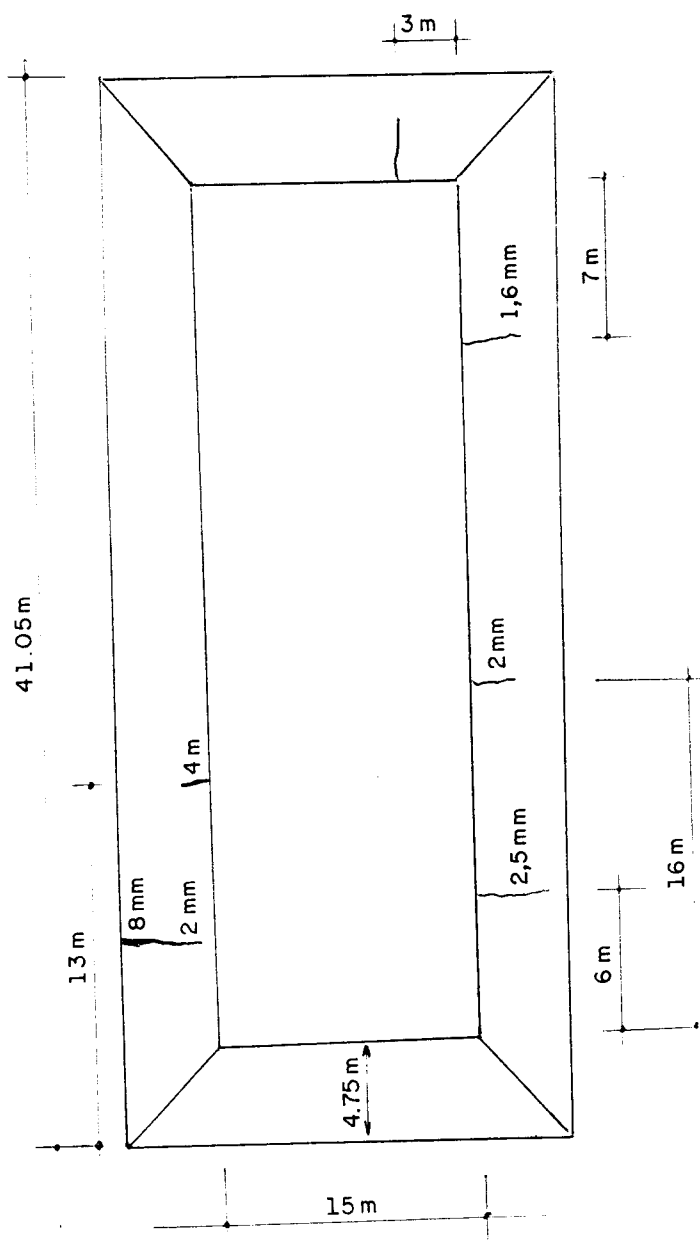


Figura F5.27

Em alguns trechos da cobertura, a armadura desintegrou-se totalmente e o estado daqueles elementos pré-moldados é grave (vide documentação fotográfica).

Observou-se que já houve a reposição de uma série de elementos da cobertura, porém, mesmo os elementos repostos estão também deteriorados (vide documentação fotográfica).

Mediu-se, no campo, a profundidade de carbonatação em vários pontos e se encontrou espessuras carbonatadas de 5mm até a espessura total da peça.

Foram retiradas algumas amostras para análise em laboratório. Reconstituiu-se o teor de cimento (partes em massa) e se determinou profundidades de carbonatação, e se chegou ao resultado apresentado na Tabela T5.10, a seguir:

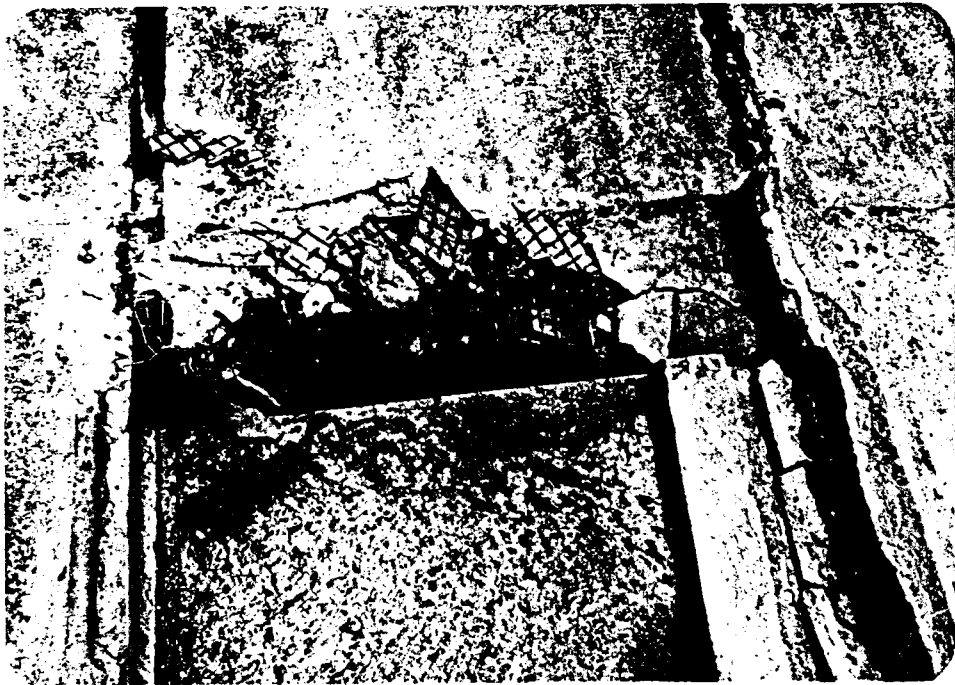
Tabela T5.10
Análise dos Testemunhos

AMOSTRA	TEOR DE CIMENTO PARTES EM MASSA	PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO (mm)
A I	1:2,6	não medida
A II	1:3,0	1 -
A III	1:4,1	espessura total
A IV	1:4,3	espessura total

É apresentada, a seguir uma documentação fotográfica de DF5.53 a DF5.62, da referida inspeção.



Documentos DF5.53 e DF5.54



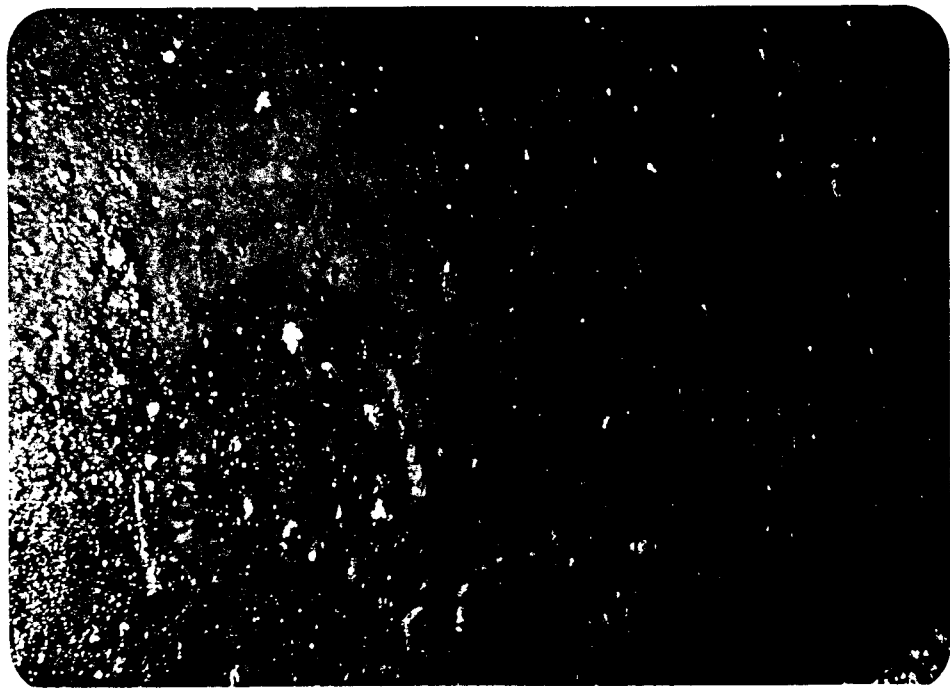
Documentos DF5.55 e DF5.56



Documentos DF5.57 e DF5.58



Documentos DF5.59 e DF5.60



Documentos DF5.61 e DF5.62

5.10 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA "F" - 1974

A seguir são apresentados os resultados da inspeção da cobertura **F**, componente de uma edificação de processamento de leite e seus derivados, localizada no interior do Estado de São Paulo. A presente inspeção foi realizada em 22 de janeiro de 1988.

A atmosfera externa às instalações da referida cooperativa é isenta de agentes agressivos, porém, o micro ambiente produzido pela manufatura de leite e seus derivados é extremamente agressivo, podendo ser classificado como industrial, com vapores aquecidos e contendo ácidos orgânicos.

A cobertura compõem-se de vigas/telhas pré-moldadas, constituindo uma cobertura plana para edificação industrial de pé-direito duplo e outra destinada a escritórios e anfiteatro, perfazendo uma área coberta de 1500 m².

As vigas telhas são simplesmente apoiadas, aquelas do galpão industrial(maiores) tem vão livre de 21m e balanços de 2,5m e 5,5m. A seção transversal é em "V", trapezoidal, com placas superiores constituindo um arco incorporado à viga, altura de 62cm e espessura entre 24mm e 40mm, conforme figura F5.28.

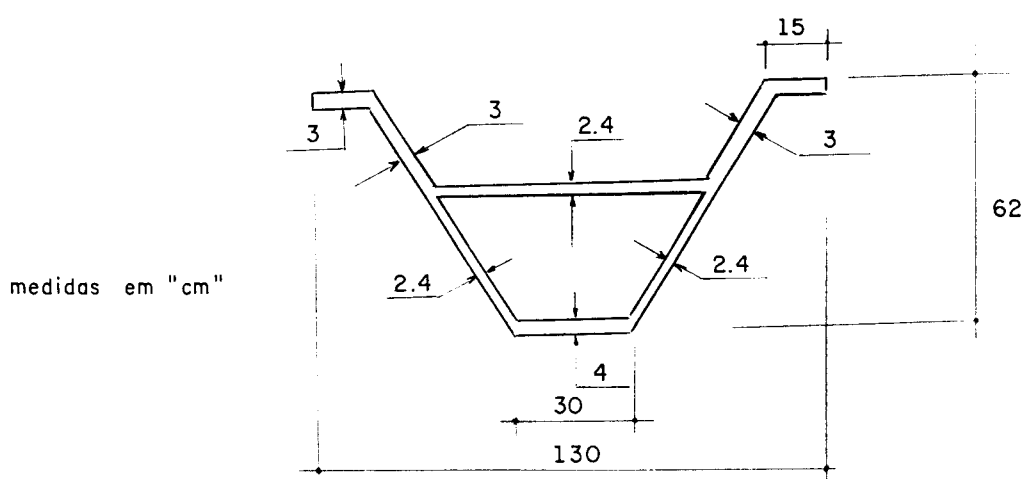


Figura F5.28

A armadura é composta por telas eletrosoldadas de malha quadrada de 5 cm x 5 cm, e fio com diâmetro de 2,77mm e barras suplementares de bitola 6,35 e 8.

A pré-moldagem dos elementos foi executada com fôrmas metálicas, em três etapas: inicialmente se aplicou a argamassa na parte inferior, até o nível da mesa de compressão com altura variável; a seguir se dispunham as placas pré-moldadas que compunham aquela mesa de compressão que eram posicionadas para a execução da segunda etapa de rejuntamento das placas e a seguir passava-se à execução da parte superior. A aplicação da argamassa era manual e o seu adensamento com vibradores tipo placa.

O lançamento das vigas/telhas na estrutura suporte foi executado com guindaste de lança telescópica.

O rejuntamento dos elementos foi feito com material resiliente armado com mantas de fibra de vidro.

Na figura F5.29 é mostrado um esquema do posicionamento dos elementos na estrutura definitiva.

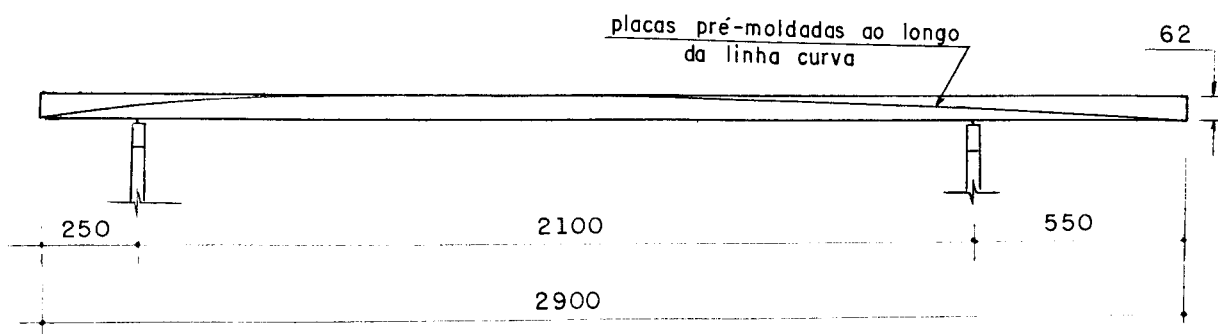


Figura F5.29

Toda a cobertura recebeu um reforço de proteção superficial, tanto em sua face interna - pintura epóxica - quanto em sua face externa - pintura à base de borracha clorada.

O fechamento lateral do edifício industrial é parte feita em alvenaria de blocos de concreto e parte em venezianas pré-moldadas de argamassa armada, fixas, com seção transversal mostrada na figura F5.30, alguns executados com tela eletrosoldada e outros com tela entrelaçada (tipo "peneira") galvanizada, malha 1,25 cm x 1,25 cm e fio de 1,25mm.

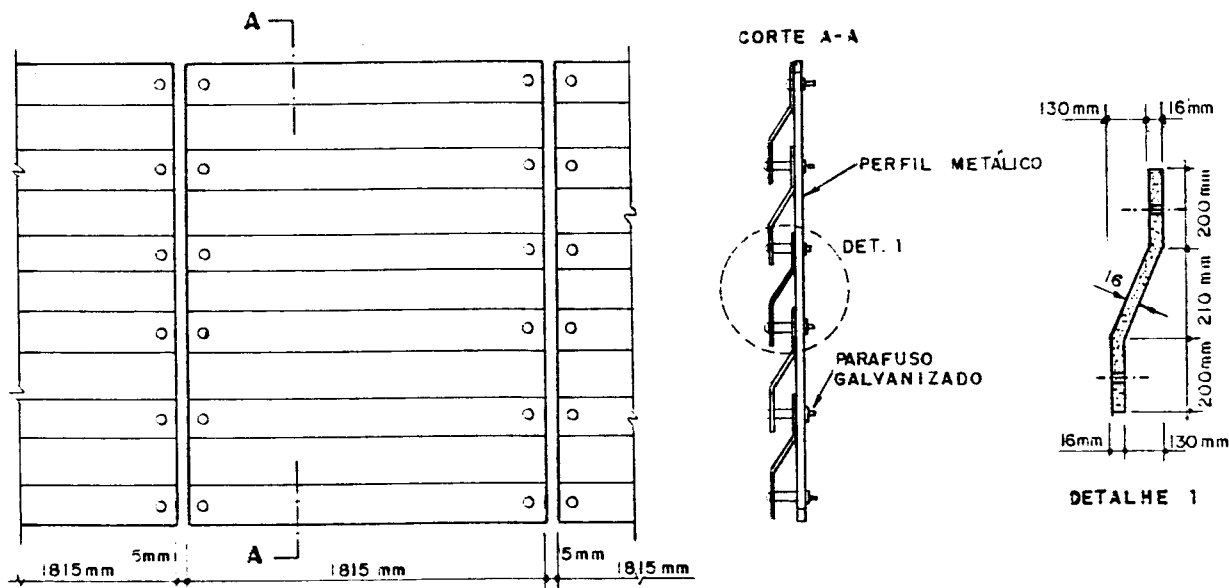


Figura 5.30

5.10.1 - PROBLEMAS OBSERVADOS

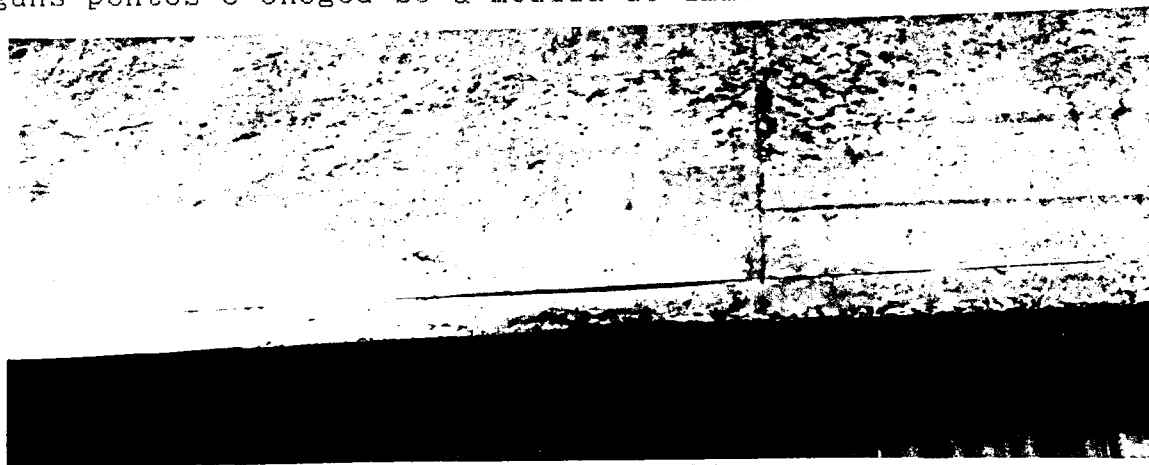
Os problemas observados na cobertura são poucos, até mesmo, aparentemente, insignificantes.

Isso se deve principalmente ao processo de manutenção periódico e adequado, visto que alguns pontos na estrutura de concreto armado, porém sem a proteção extra da pintura epóxica, estão sendo agredidos pelo micro ambiente, com descolamento de todo o cobrimento da armadura em vista da oxidação da mesma e consequente expansão, conforme documentação fotográfica DF5.63, a seguir.

Existem algumas fissuras de flexão, porém se encontram colmatadas pela pintura de proteção, assim, não se pode considerar aí um ponto por onde haja a penetração de elementos agressivos.

As venezianas apresentaram alguns pontos de início de corrosão, principalmente aquelas que são constituídos por tela entrelaçada e galvanizada (tipo "peneira"), porém, muito pouco atacada; isso se explica pelo fato de se ter constatado que a argamassa ali aplicada foi feita dentro de padrões considerados ótimos.

Mediu-se, nas venezianas, a profundidade de carbonatação em alguns pontos e chegou-se à medida de 1mm.

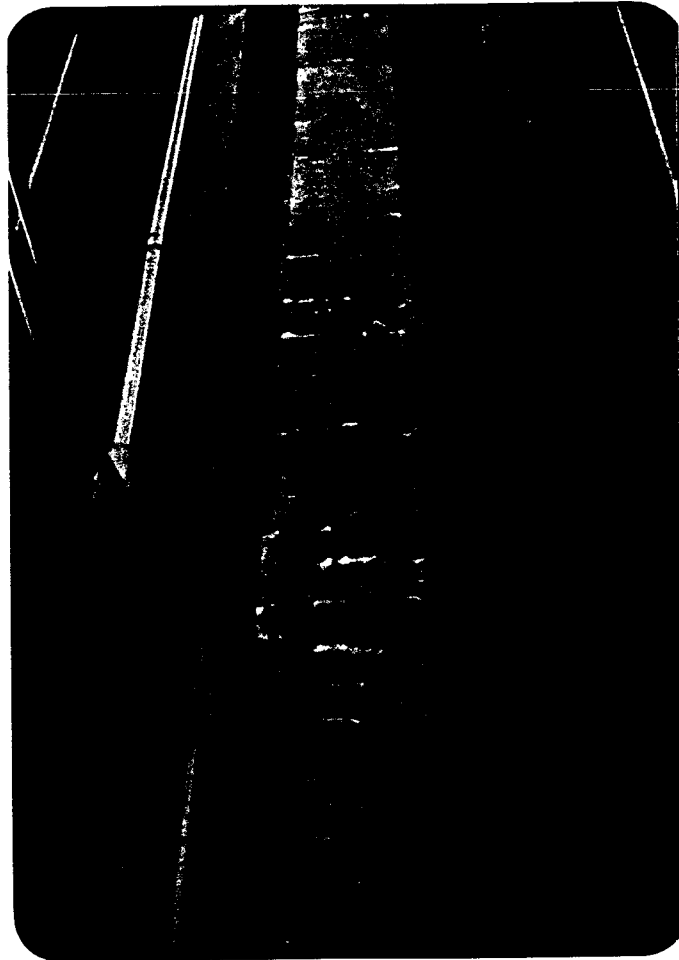
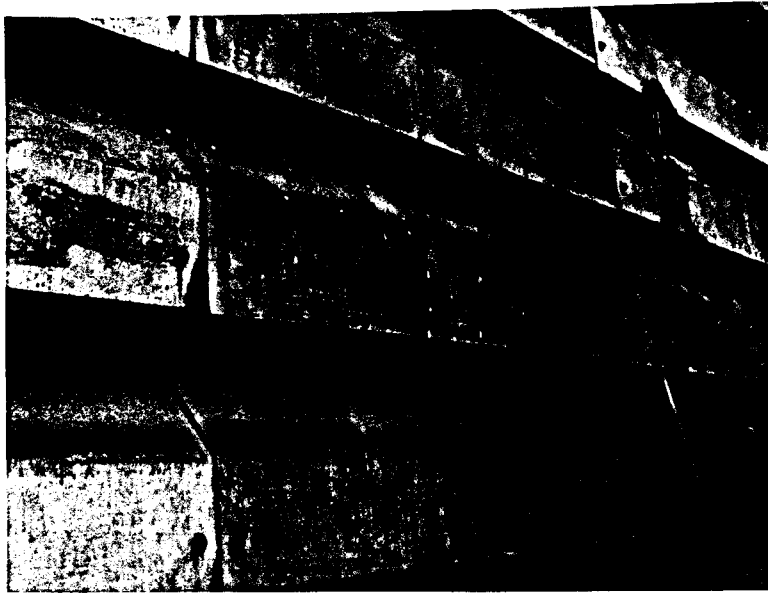


Documento DF5.63

É apresentada a seguir uma documentação fotográfica de DF5.64 a DF5.67, de detalhes da referida construção.



Documentos DF5.64 e DF5.65



Documentos DF5.66 e DF5.67

5.11 - RELATORIO DA INSPEÇÃO DA COBERTURA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA DA EESC-USP

Essa cobertura será identificada visto tratar-se de suma importância histórica.

Apresenta-se a seguir o relatório da inspeção realizada na cobertura do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, sita à Av. Dr. Carlos Botelho, 1465, Bairro de Vila Pureza, em São Carlos/SP.

A referida cobertura é algo impar, visto que sua construção data de 1960 e é a primeira aplicação da argamassa armada do Brasil. E aqui que tudo começou: as primeiras experiências, as primeiras ousadias tecnológicas e a coragem de seus responsáveis em tentar divulgar uma tecnologia alternativa.

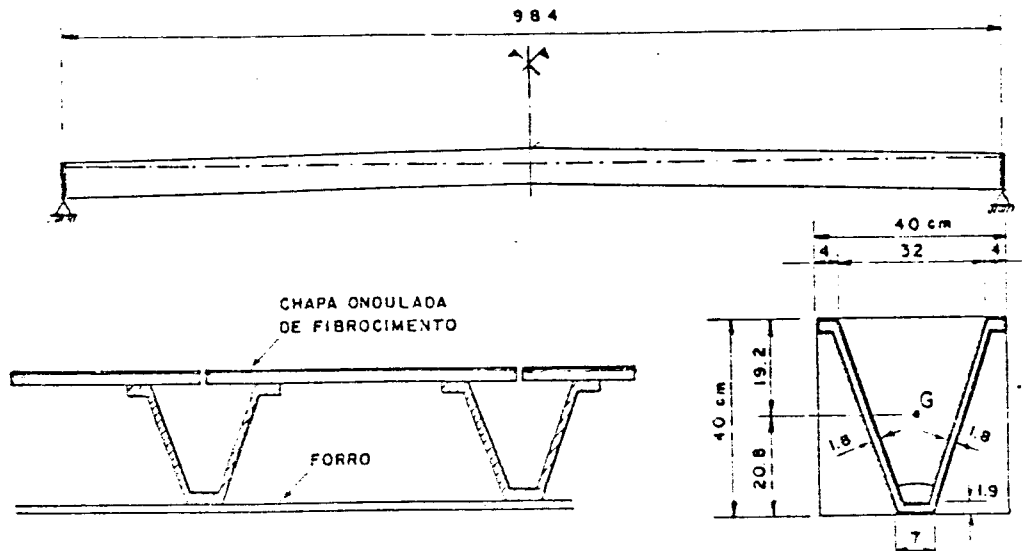
A cobertura do Departamento de Engenharia Mecânica foi realizada em duas fases: a primeira fase, realizada durante os anos de 1960 e 1961, compreendeu a elaboração de vigas calhas pré-moldadas para coberturas com telhas onduladas de fibrocimento, sobre edificações térreas para salas de aula, gabinetes e laboratórios, compreendendo uma área de 1000 m²; a segunda fase, realizada em 1968, compreendeu a elaboração de vigas/telhas pré-moldadas, constituindo cobertura plana horizontal de folhas dobradas, sobre edificação térrea, compreendendo três módulos de 270 m², destinado cada módulo às seguintes instalações: salas de docentes, Laboratório de Dinâmica e Laboratório de Termodinâmica, perfazendo uma área de aproximadamente 810 m².

A presente inspeção foi realizada no período de 26 a 28 de janeiro de 1988.

5.11.1 - 1ª. FASE - ANOS 1960/1961

As vigas-calhas pré-moldadas foram elaboradas com as

características, apresentadas na figura F5.31:



Características dos primeiros elementos elaborados em argamassa armada no Brasil (1960/1961)

Figura F5.31

Os materiais empregados para a elaboração das referidas vigas-calhas, supõe-se terem sido os seguintes, com base em alguns traços, anotações e ensaios teóricos da época:

Argamassa:

- Dosagens: - desde 1:1,3 a 1:2,62 em massa de cimento e areia
- areia composta por: areia grossa - classificação de 1960.
 - cimento: consumo mínimo de 650 kg/m³.
 - relação a/c: existem anotações que indicam 0,314 a 0,38.

Aditivos:

Há evidências da utilização de hidrofugantes (característica desconhecida) incorporados à argamassa e acelerador - CaCl₂ em proporções de até 2% em relação à massa de cimento.

Armadura:

A armadura foi composta por telas de arame recozido de fios entrelaçados (tipo "peneira"), nº. 2 - malha de 1,27cm x 1,27 cm, e fio de diâmetro 1,4mm; além das telas utilizou-se de uma armadura suplementar de barras de aço de CA-24, de diâmetro de 3/16".

No processo de construção, dos elementos pré-moldados, utilizaram-se fôrmas unilaterais, externas, aplicando-se a argamassa de forma manual, procedendo-se a seguir o seu adensamento.

O meio ambiente que contém a referida edificação é isento de fontes poluentes. O micro ambiente contido sob a edificação também é isento de agentes agressivos.

5.11.2 - 2ª. FASE - ANO DE 1968

A segunda fase foi elaborada em 1968, com a realização de uma cobertura de elementos pré-moldados em "V", perfazendo uma área de aproximadamente 810 m² (3 módulos de 270 m²).

A técnica empregada na confecção dos elementos pré-moldados aqui já foi diferente: a técnica de dobradura. Os elementos eram moldados em chapas planas duas a duas, no plano horizontal, com junta aberta e tela passante, para posterior dobramento e conformação da seção "V".

A seguir, os elementos eram transportados isoladamente e após o seu posicionamento se fazia um rejuntamento "in loco".

A argamassa utilizada tinha as mesmas características da argamassa produzida na 1ª. fase.

A armadura era composta por telas, também de arame recozido entrelaçado, de malha 1,27 cm x 1,27 cm e, por barras (armadura suplementar) de CA-24, de diâmetros de 5mm e 6,35mm.

Parte da referida cobertura (1 módulo de 270 m²) - sobre o Laboratório de Dinâmica - foi substituída, em 1984, também por

elementos de argamassa armada, utilizando-se a cobertura anterior como forma. Far-se-á, posteriormente, referência ao processo de restauração.

5.11.3 - PROBLEMAS OBSERVADOS

5.11.3.1 - COBERTURA - 1ª FASE

Em 1984, estudou-se um elemento de viga-calha, do Setor de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, da USP construído com as mesmas técnicas e data daquelas vigas/calhas utilizadas no Departamento de Engenharia Mecânica.

As vigas-calhas são simplesmente apoiadas, com 5,78m de vão livre e espaçadas de 1,60m. Os espaços entre as vigas são cobertos por telhas de fibro-cimento.

Os valores teóricos da espessura do elemento e do cobrimento da armadura foram, respectivamente, de 18mm e 3mm.

Conforme dados registrados conseguidos, outras características e técnicas foram registradas:

- processo construtivo: utilizando-se fôrmas externas;
- aplicação da argamassa armada: após o lançamento da armadura na fôrma, aplicou-se a argamassa;
- relação cimento/areia em massa: 1:2;
- relação água/cimento: 0,35;
- aditivo acelerador: CaCl_2 - 2,2% em relação à massa de cimento.

O elemento observado apresentava fissuras com aberturas superiores a 0,16mm, distribuídas irregularmente.

Retirou-se, em 1984, um elemento de viga-calha para ensaio de flexão.

Para o ensaio de flexão aplicaram-se duas cargas concentradas, sempre se igual valor, posicionadas nos terços da viga-calha. Mediram-se deslocamentos verticais com o auxílio de

extensômetros mecânicos de sensibilidade de 0,01mm.

Na figura F5.32 são apresentadas as características dos ensaios e os resultados obtidos.

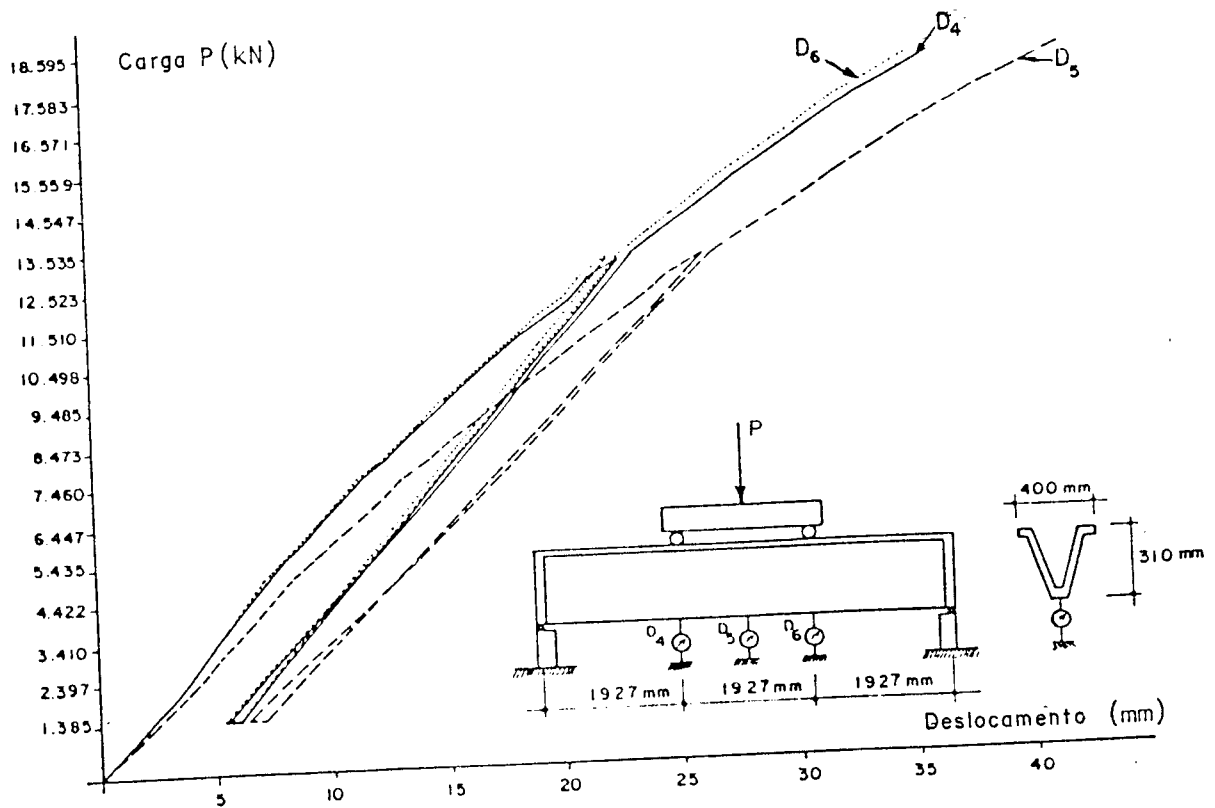
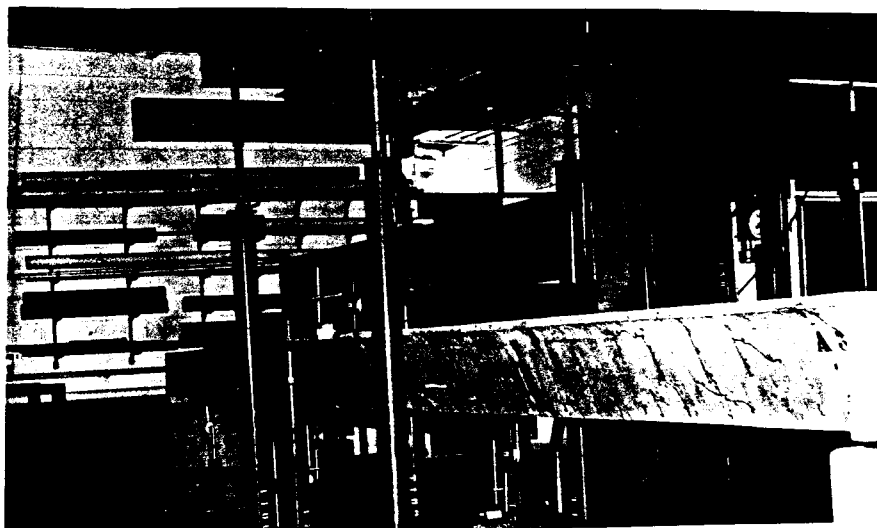
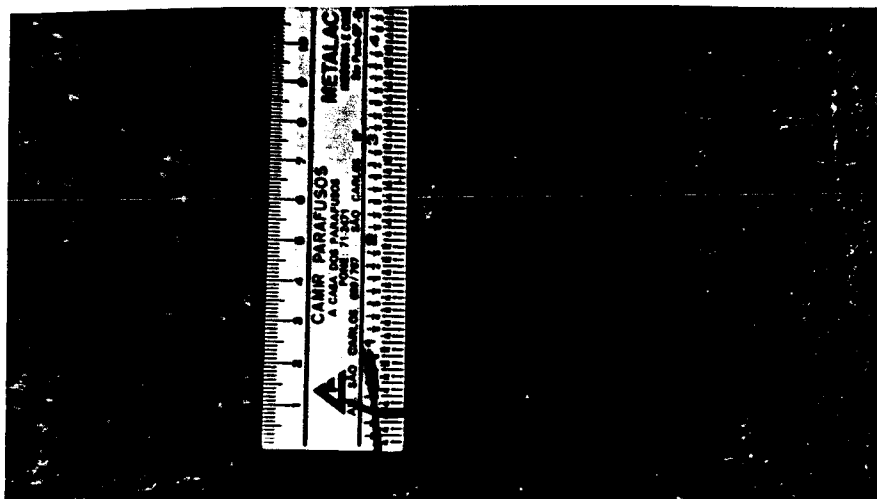


Figura F5.32

Não se observou uma ruptura à flexão do elemento, uma vez que houve uma perda da estabilidade lateral quando P atingia um valor em torno de 18kN. A partir de então abandonou-se a continuidade do ensaio.

Na documentação fotográfica de DF5.68 e DF5.69, observa-se que grande parte desse elemento ensaiado apresentava-se com sérios problemas de deterioração da tela que compõem a armadura.

As barras "suplementares" apresentavam-se pouco oxidadas comparado com as telas. O que se conclui é que a armadura efetiva era composta apenas pelas barras "suplementares".



Documentos DF68 e DF69

5.11.3.2 - COBERTURA - 2ª. FASE

Conforme já se frisou, a cobertura elaborada nessa 2ª. Fase (1968), é a localizada nos setores denominados: Sala de Docentes, Laboratório de Dinâmica e Laboratório de Termodinâmica.

Verificou-se que em grande parte dos locais onde se fez o rejuntamento dos elementos em "V" (cristas) toda a espessura de cobrimento da armadura encontra-se carbonatada.

Observa-se também, que há uma série de fissuras longitudinais por toda a zona de compressão, fissuras essas advindas possivelmente da expansão dos produtos de corrosão. Da mesma forma se observa na alma do elemento, essas fissuras.

Na parte inferior observam-se lascamentos da argamassa, com sua separação na posição da armadura (telas), em quase todos os elementos e em quase toda a superfície.

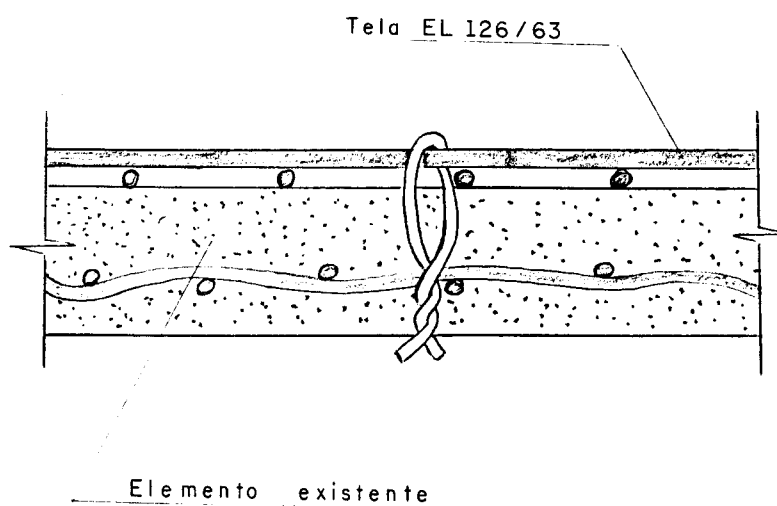
A restauração efetuada na cobertura, na Sala de Docentes, encontra-se precária. Apenas a parte superior foi reparada. A parte inferior encontra-se, ainda, com sérios problemas visto que não foi feito nenhum reparo. Observou-se também que a fixação da tela do novo elemento foi conseguida perfurando-se a cobertura existente em um grande número de pontos e, a seguir amarrou-se a tela com fios de arame recozido. Na figura F5.33 é esquematizada a técnica utilizada. Essa técnica é muito pouco recomendada visto que não é possível manter um cobrimento efetivo.

Mediu-se, na data da inspeção, a profundidade de carbonatação da nova argamassa aplicada e o resultado foi o seguinte: observaram-se espessuras carbonatadas variando de 2mm a 4mm o que indica uma argamassa porosa e em algumas regiões isso implicará em deteriorações da armadura.

Mediu-se também uma flecha residual de 30mm na cobertura antiga e isso possivelmente levou, em alguns pontos, a argamassagens de grandes espessuras para se conseguir declividades que permitissem escoamento da água pluvial.

Uma avaliação da profundidade de carbonatação, em outros pontos, demonstrou que toda a espessura de argamassa encontrava-se carbonatada.

A análise química para a determinação do teor de cloreto, em termos de íons Cl^- , realizada naquele elemento ensaiado, mostrou uma concentração de 0,3% em relação à massa de cimento; com isso, houve uma aceleração na velocidade de corrosão.



Técnica utilizada para a fixação da tela nos elementos restaurados de argamassa armada

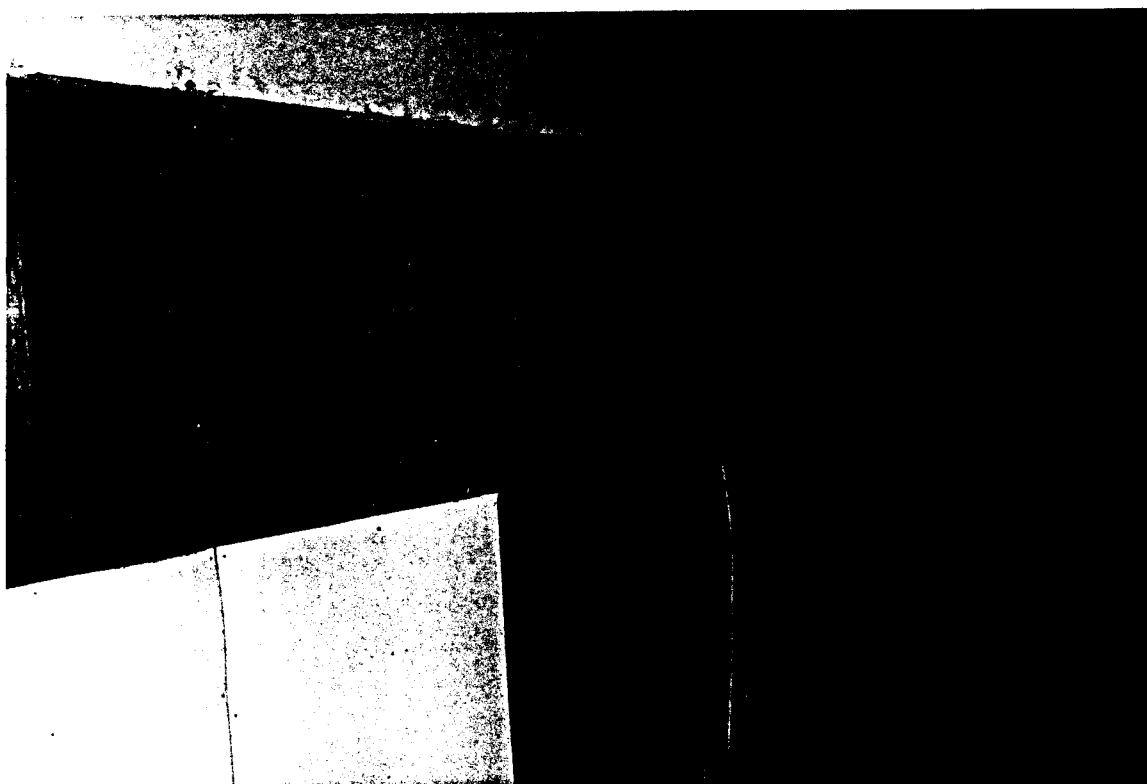
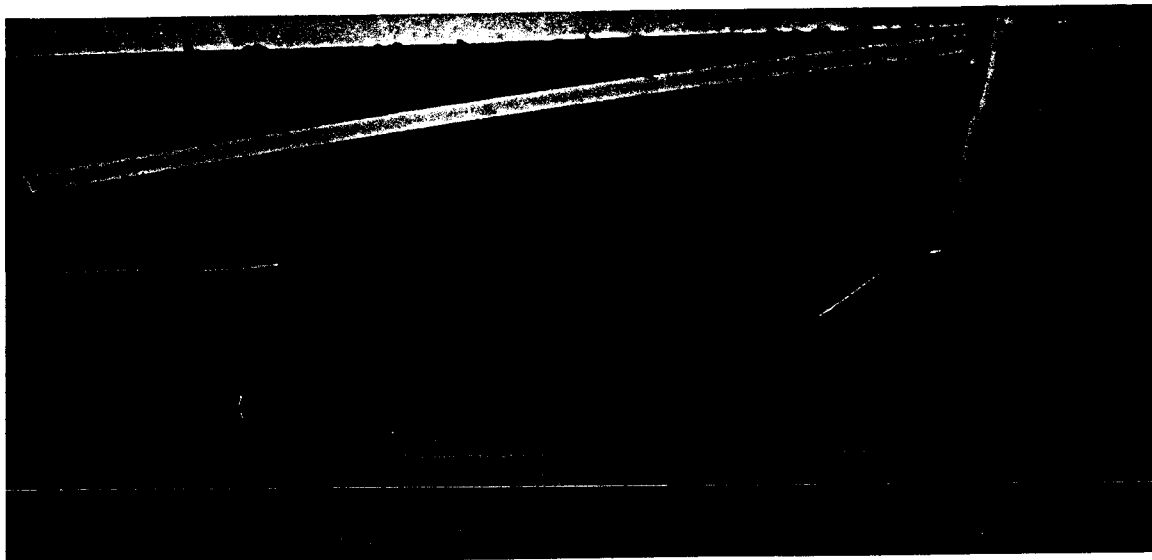
Figura F5.33

Outro fato que contribuiu para uma deterioração precoce foi o fato do cobrimento ser muito variável, de 0 a 10mm.

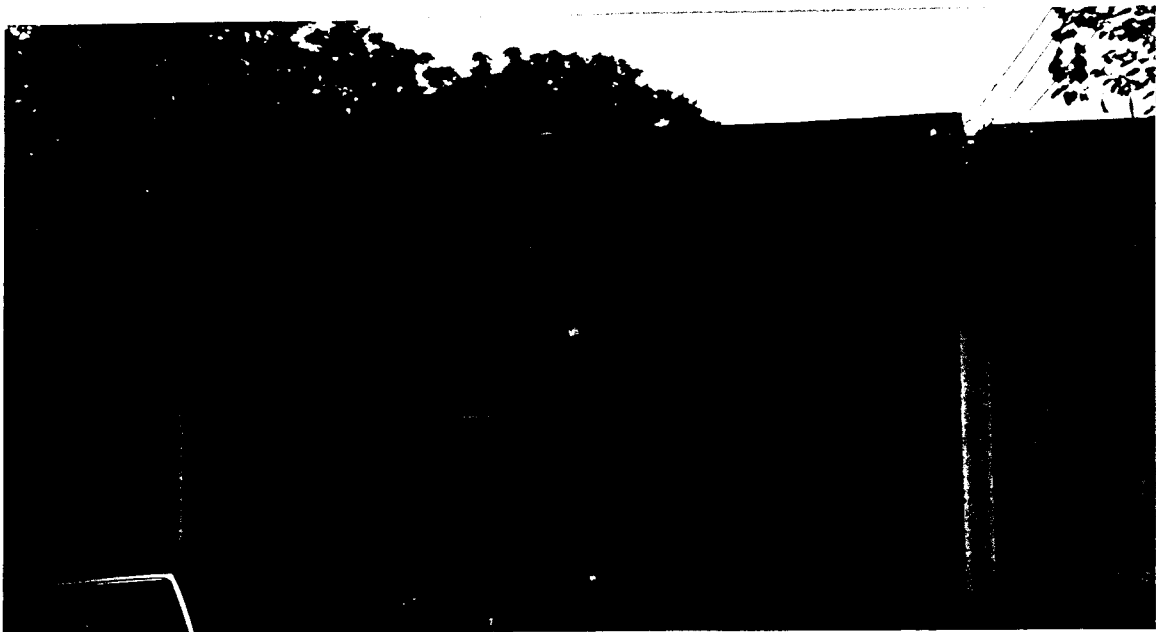
A situação de outras vigas-calhas e das vigas em "V", do Departamento de Engenharia Mecânica, nas duas fases consideradas, não é diferente do que aqui se relatou nesse elemento,

pormenorizadamente avaliado.

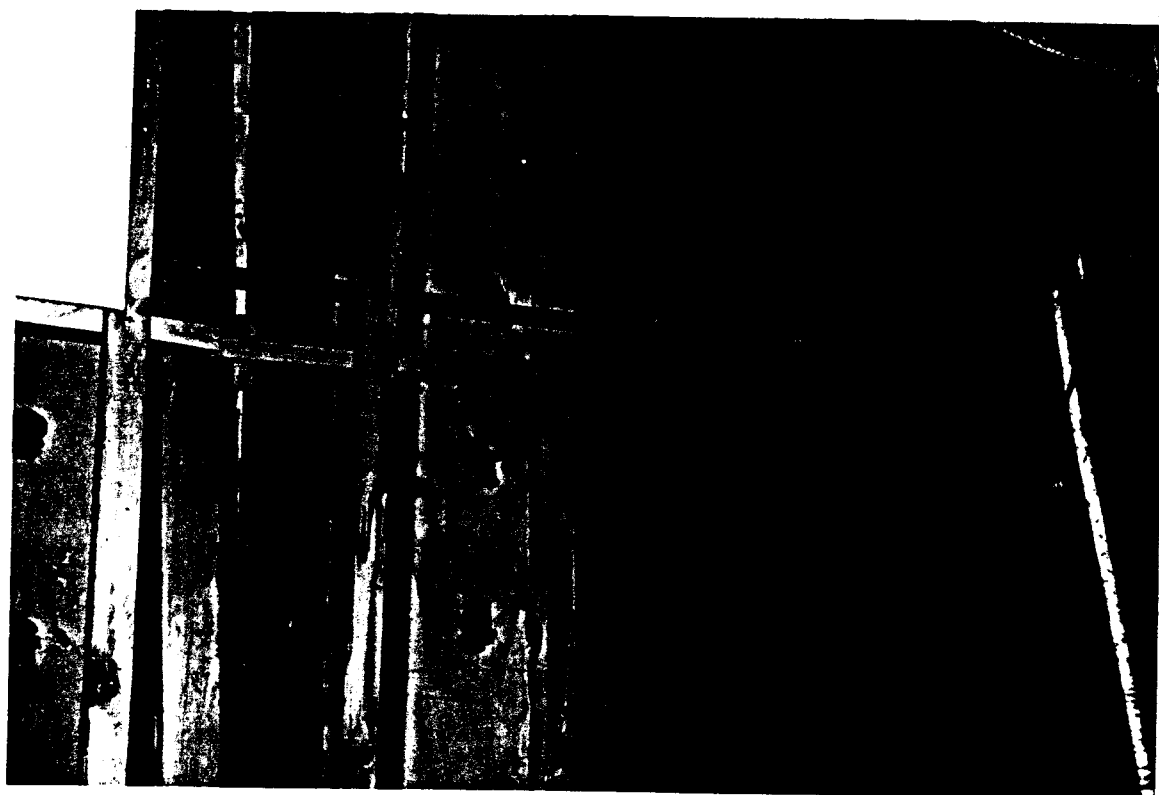
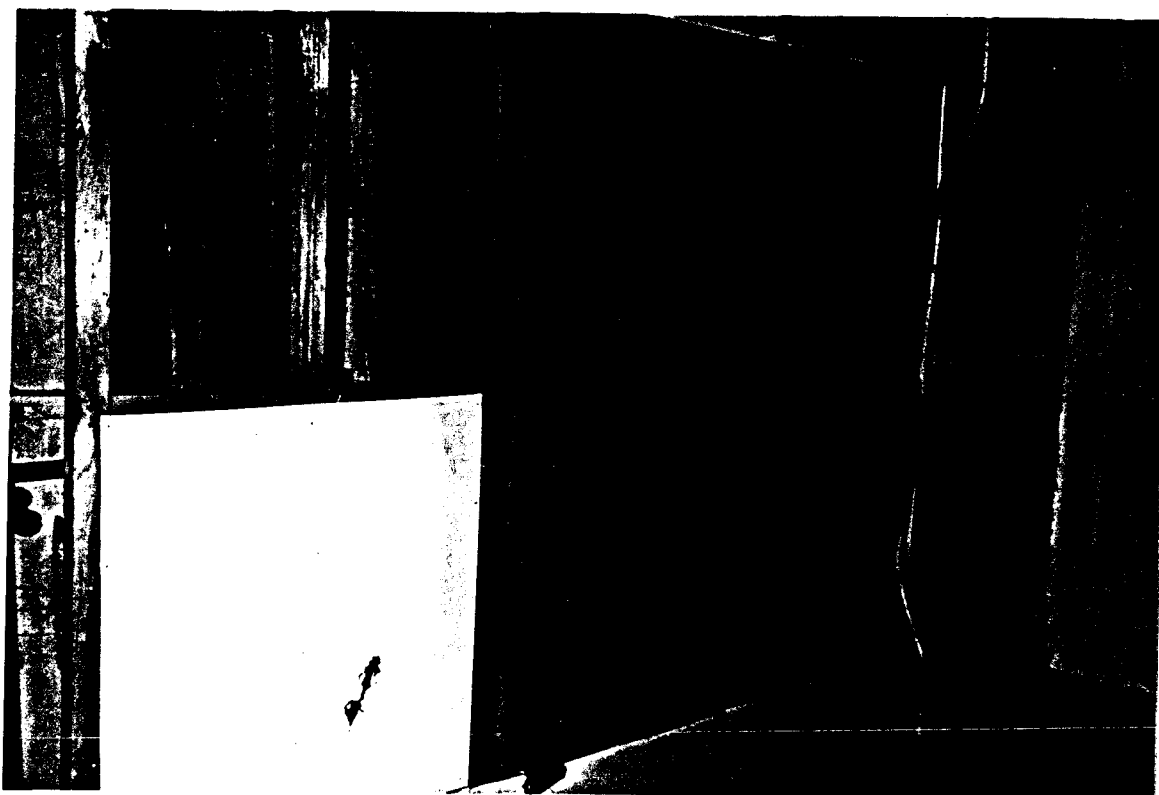
A seguir é apresentada uma documentação fotográfica de DF5.70 a DF5.77, do estado atual de toda a cobertura.



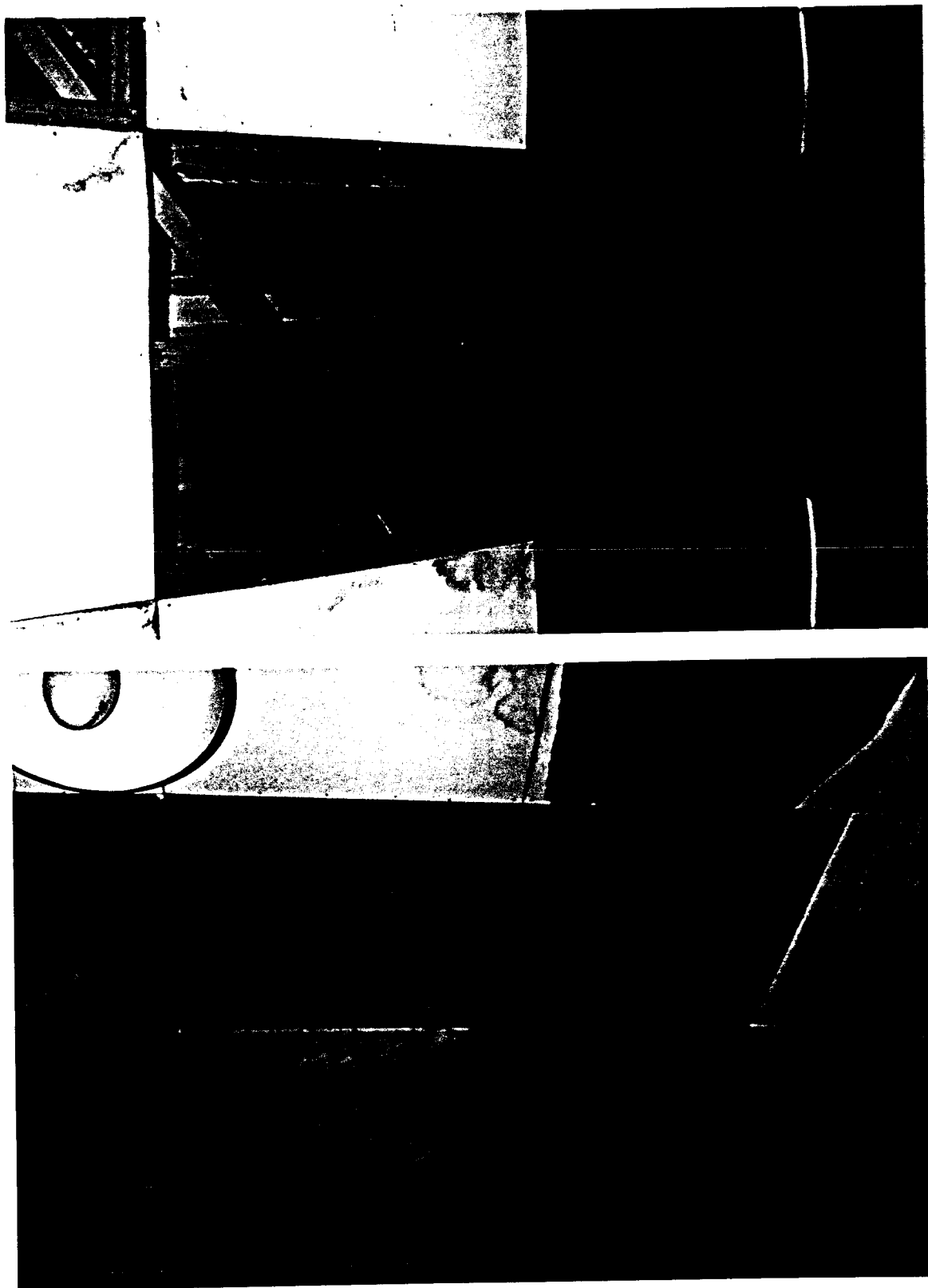
Documentos DF5.70 e DF5.71



Documentos DF5.72 e DF5.73



Documentos de DF5.74 e DF5.75



Documentos DF5.76 e DF5.77

5.12 - RELATORIO DA VISITA TÉCNICA AO CENTRO DE PESQUISAS DA LAVOURA DO CACAU - CEPLAC - ILHEUS - BA

A presente visita técnica foi realizada no período de 27 a 29 de julho de 1987.

O Centro de Pesquisas da Lavoura do Cacau, está localizado às margens da rodovia BA-262, Km 30, município de Ilhéus-BA.

As edificações visitadas têm as seguintes características: são cascas piramidais invertidas, de planta quadrada, com pilar central, destinadas à cobertura de instalações diversas, tais como: laboratórios, administração, etc.

Aquelas cascas têm idades diversas, as mais antigas datam de 1965 e, existem cascas construídas em 1986 (há 1 ano).

Cada casca piramidal cobre uma área de 64m^2 ($8\text{m} \times 8\text{m}$), num total de 120 unidades, perfazendo uma área de aproximadamente, 7680m^2 . Na figura F5.34 são apresentadas algumas características das edificações.

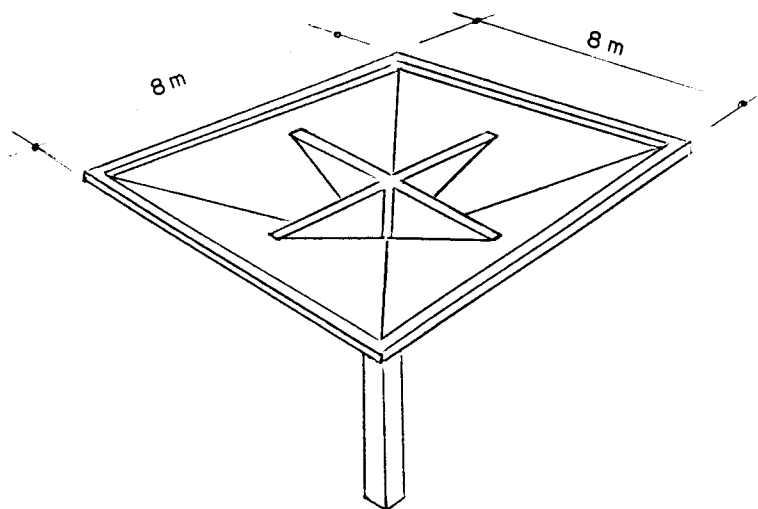


Figura F5.34

As principais características de projeto são:

- armadura: constituída por telas eletrosoldadas de malha quadrada de 5cm x 5cm, com fios de diâmetro de 2,6mm, inicialmente, e atualmente, segundo informações obtidas no local, está se utilizando telas com mesma malha, porém com fios de 2,77mm de diâmetro; além disso, existe uma armadura suplementar composta por barras de bitolas nominais 5, 6,35, 10 e 12,5;

- argamassa: conforme informações, a argamassa aqui não se trata apenas de uma composição de cimento e areia e sim de uma dosagem de cimento, areia e brita 0, em teores que não se pôde constatar (foram negadas outras informações mais conclusivas).

A técnica construtiva adotada foi a de moldagem "in loco", com fôrmas de madeira compensada. Adotou-se para a argamassagem as mesmas técnicas consagradas para aplicação do concreto armado.

Após a execução desses elementos, para haver um isolamento térmico utilizou-se, inicialmente (removido totalmente em 1987 devido à deterioração), uma camada de um produto à base de poliuretano expandido, a qual foi depois pintada com tinta à base de borracha clorada. Toda a proteção térmica não resistiu às intempéries e deteriorou-se integralmente (vide documentação fotográfica).

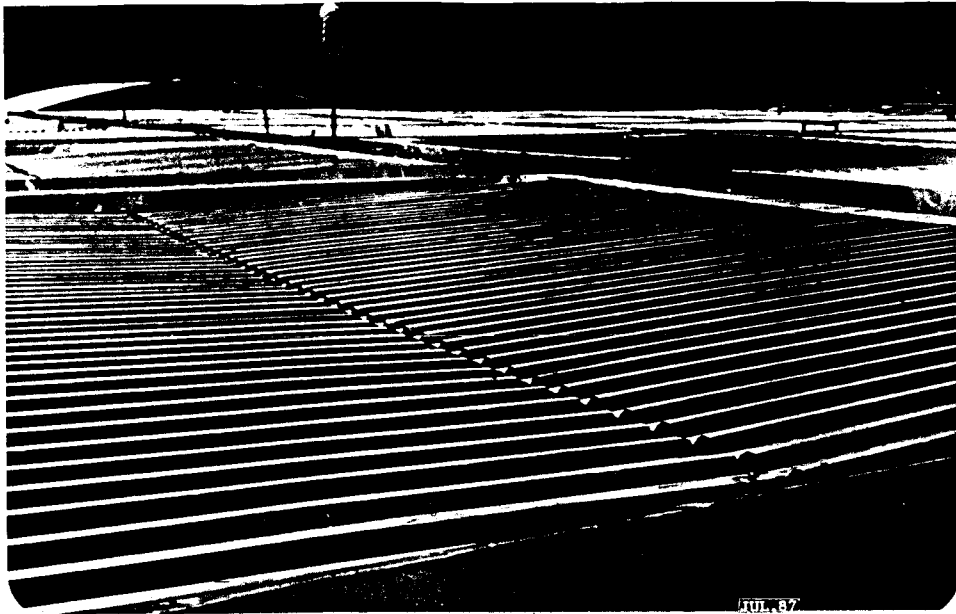
Atualmente, todo o sistema de proteção térmica foi substituído por uma camada de poliuretano revestido com fôlha de alumínio, conforme apresentado na documentação fotográfica DF5.78 e DF5.79.

5.12.1 - PROBLEMAS OBSERVADOS

Como a maioria das coberturas estavam protegidas pelo revestimento térmico anteriormente mencionado, e além disso, não foi permitido acesso a todos os setores da CEPLAC, a coleta de dados foi um pouco prejudicada.

Onde se permitiu observar a cobertura externamente (locais

onde estavam sendo removidos a manta de proteção térmica inicial) não se observou qualquer problema de corrosão, porém, não se obteve informações sobre a idade daqueles elementos. Internamente, o que se observou foi uma corrosão leve das telas, naqueles locais onde houve o seu afloramento.



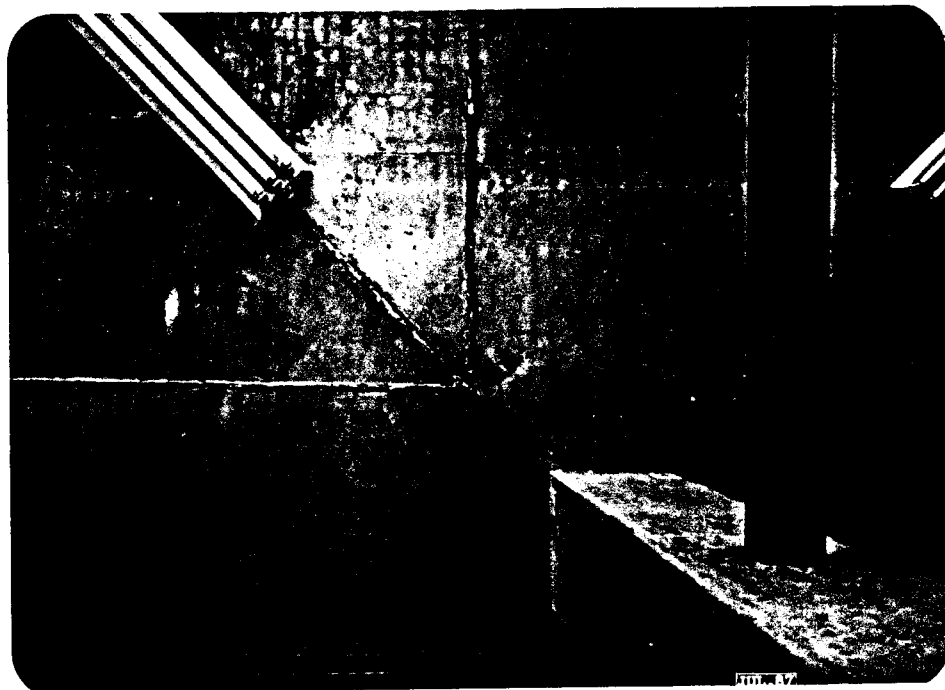
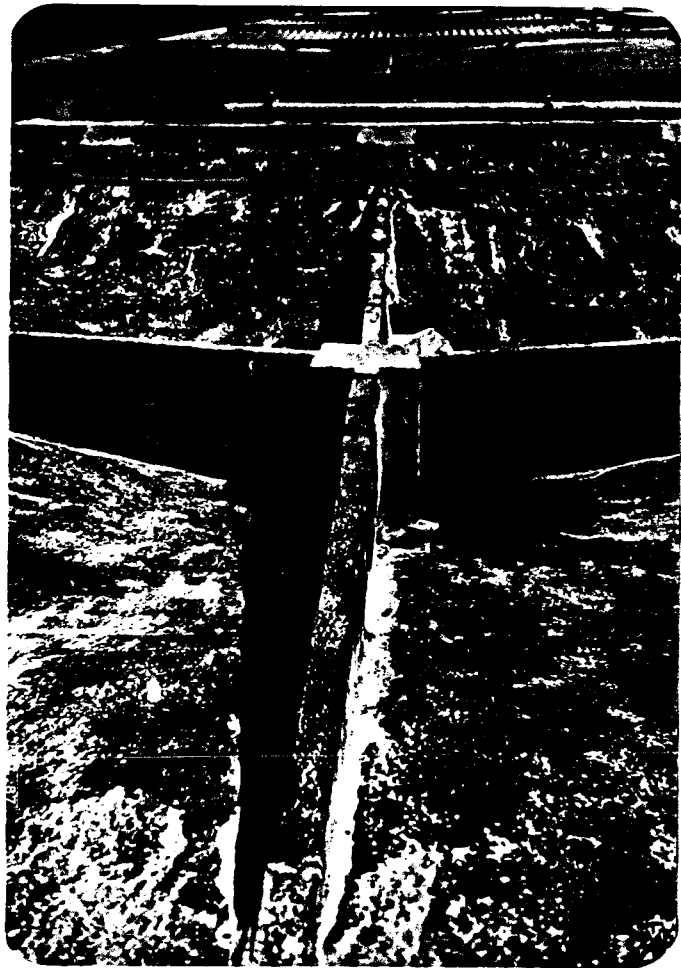
Documentos DF5.78 e DF5.79

Observou-se também que havia em alguns pontos, penetrações de umidade, inclusive, formação de regiões esbranquiçadas (início de formação de estalactites), que indicam carbonatação da argamassa, porém, não em grandes extensões, visto que são feitas, periodicamente, manutenções (limpeza e pintura com nata de cimento). No elemento em que se teve acesso, também, aqui, não foi possível precisar a idade, segundo informações, aquela unidade deveria ter aproximadamente 6 anos.

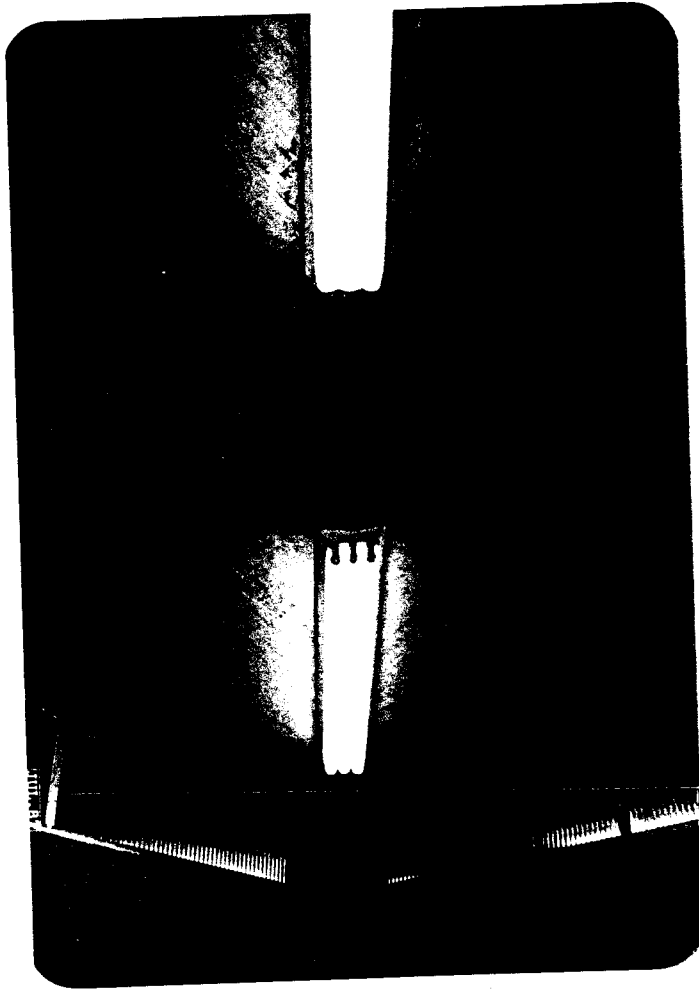
Na documentação fotográfica DF5.80 e DF5.84 são apresentadas alguns detalhes do estado atual da referida cobertura.



Documento DF5.80



Documentos DF5.81 e DF5.82



Documentos DF5.83 e DF5.84

**5.13 - RELATORIO DAS OBSERVAÇÕES REALIZADAS NAS SEGUINTE
OBRAS DE ARGAMASSA ARMADA: FABRICA DE EQUIPAMENTOS
COMUNITARIOS - FAEC - SALVADOR/BA, ESCADARIAS E
CANAIS DE DRENAGEM DO VALE DO CAMURUJIPE -
SALVADOR/BA - FABRICA DE ESCOLAS E CENTROS
COMUNITARIOS E EQUIPAMENTOS URBANOS DO RIO DE
JANEIRO/RJ (APLICAÇÕES NO GRANDE RIO DE JANEIRO)**

A presente parte do trabalho teve por finalidade observar algumas características da produção industrializada de argamassa armada e, o que já se produziu em Salvador (obras com idades de até 7 anos).

Procurou-se também avaliar as inovações técnico-produtivas, pioneiras no Brasil, levadas a efeito pelo Arqº. JOAO DA GAMA FILGUEIRAS LIMA (Lelé), nas obras realizadas em Salvador/BA e no Rio de Janeiro/RJ.

Ressalta-se aqui, também a participação, preciosíssima, nesse pioneirismo no Brasil, do Sr. MARIANO DELGADO CASANAS, na direção técnica da produção, do projeto e execução de fôrmas, etc.

As obras que se avaliam nessa seção têm importância ímpar no cenário da Engenharia Nacional. Trata-se de um pioneirismo em termos de argamassa armada, tratamento esse em toda a sua plenitude, ou seja, a condução de uma tecnologia realmente como alternativa.

**5.13.1 - FABRICA DE EQUIPAMENTOS COMUNITARIOS - FAEC -
SALVADOR/BA**

Procurou-se aqui observar todas as instalações e equipamentos utilizados, hoje, na elaboração de elementos estruturais ou não, pré-fabricados, de argamassa armada. Acompanhou-se a elaboração de alguns elementos na linha de

fabricação desde sua montagem até sua estocagem no pátio de pré-fabricados, e a técnica de implantação de alguns elementos.

5.13.1.1 - MATERIAIS

A argamassa empregada na execução dos elementos pré-fabricados tem sido elaborada com traços em massa entre 1:2 a 1:2,5, com consumo de cimento (CP-40), em alguns casos, da ordem de 680 kg por metro cúbico; o agregado miúdo apresenta em algumas situações a seguinte composição por m³: areia artificial - 0,6 m³; areia grossa - 0,3 m³ e areia fina 0,3 m³.

A armadura é composta por tela eletrosoldada com malha de 5cm x 5cm e fios de diâmetro de 2,77mm em CA-60 e, em alguns casos, telas de malha de 2,5cm x 5,0 cm e fios de diâmetro de 2mm, e barras de aço suplementares de diversos diâmetros conforme necessidade estrutural.

A relação água/cimento é variável de 0,4 a 0,48, conforme trabalhabilidade desejada em função das características das fôrmas, espessura e características da peça a ser produzida.

O adensamento da argamassa é feito com mesas vibratórias e cavaletes vibratórios, durante 2 a 3 minutos.

Os equipamentos utilizados no adensamento da argamassa são os mesmos utilizados no adensamento de concretos convencionais, com potencia em função do porte do conjunto mesa/vibrador/fôrma; já há uma tendência (pesquisas ainda deverão ser feitas) em se utilizar conjuntos vibratórios de alta frequência.

5.13.1.2 - FORMAS

Os elementos produzidos são confeccionados em duplas fôrmas metálicas constituídas por chapas com espessuras adequadas, dimensionadas em função das solicitações previstas em seu manuseio.

5.13.1.3 - SEQUENCIA PRODUTIVA - AVALIAÇÕES

5.13.1.3.1 - FORMAS

A parte de serralheria, que integra a Fábrica de Equipamentos Comunitários, tem capacidade de produzir as próprias fôrmas dentro de altos padrões técnicos, possuindo um quadro técnico de alto gabarito, inclusive com capacidade para inovar, e dar manutenção durante a produção, contando esse setor com a liderança direta do Sr. Mariano D. Casañas.

5.13.1.3.2 - ARMADURA

O corte das telas, que irão compor a armadura, é feito com gabaritos instalados na guilhotina que garantem um corte dentro de tolerâncias, que se procura compatibilizar com as dimensões das peças projetadas e das fôrmas.

Na elaboração de alguns elementos que se produziam na época (bancos em "T") observou-se que os pontos de dobradura da tela são estabelecidas com "metro de pedreiro", que poderão ocasionar alguns problemas.

- se o armador for extremamente consciencioso, o erro será mínimo, porém, é de se esperar que em determinada hora da jornada de trabalho, motivado pelo cansaço, a imprecisão de medidas comprometa a tolerância de produção, culminando com armaduras posicionadas de forma inexata; isso poderia ser contornado com a adoção de gabaritos precisos que dispensaria a utilização do "metro de pedreiro";

- esse comprometimento das dimensões da armadura afeta decisivamente o cobrimento, quando da sua composição (a intensidade de aparecimento desse problema, nos casos observados,

está ligado ao número de dobraduras que a tela irá sofrer (erros acumulados); nas telas com dimensões tais que seja possível ter uma ou duas dobraduras, e essas dobraduras tendo uma distância grande uma da outra, o problema não é salientado, porém, naqueles elementos onde o número de dobraduras é grande, há um grande risco de se produzir elementos com cobrimentos inadequados da armadura ou mesmo todo o comprometimento do cobrimento; na figura F5.35, a seguir, são mostrados exemplos acessórios;

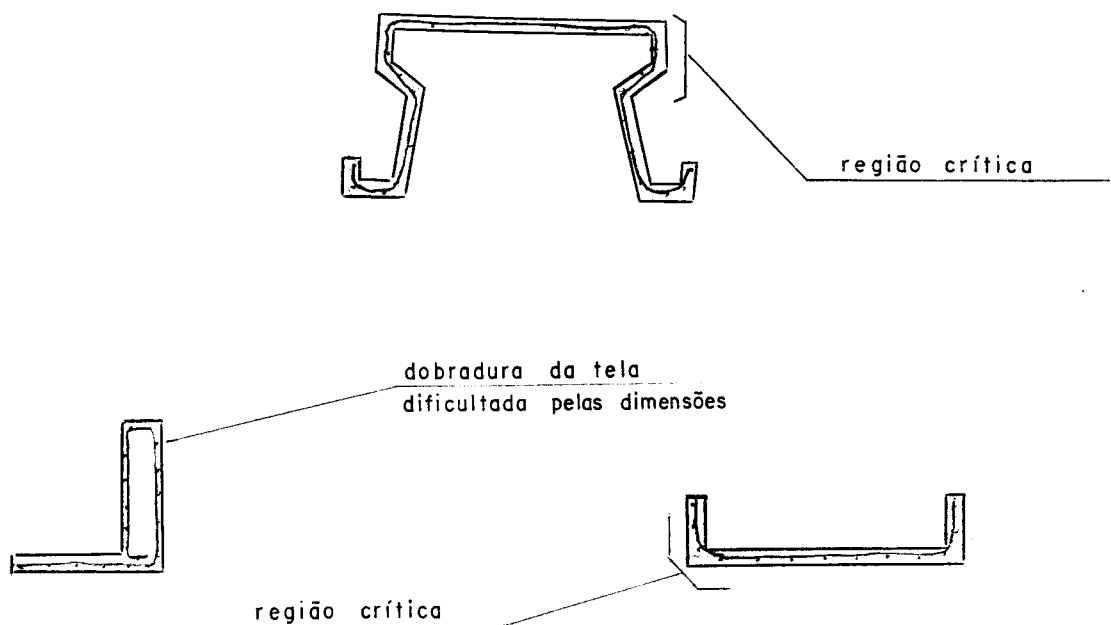


Figura F5.35

- os problemas mencionados nos itens anteriores poderão ser minimizados, conforme já se mencionou, com engrossamentos da argamassa em regiões críticas que aufeririam nesses lugares cobrimentos maiores da armadura que teriam a principal finalidade de permitir uma folga maior na produção da armadura (é a situação crítica), conforme apresentado na figura F5.36, a seguir:

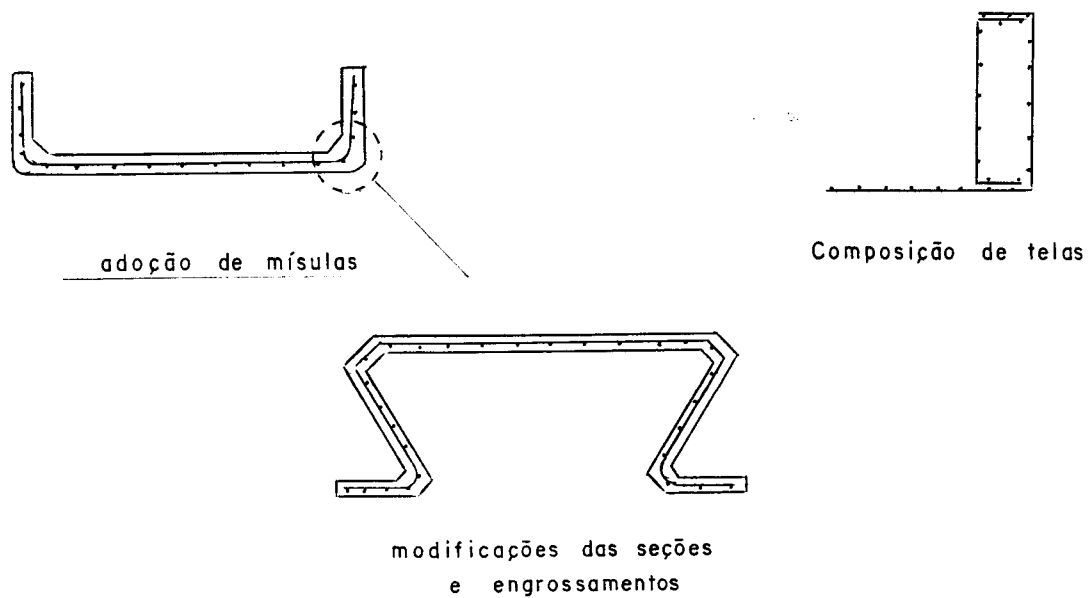


Figura F5.36

5.13.1.3.3 - ARGAMASSAGEM

Os procedimentos adotados para a argamassagem são bem realizados; as fôrmas são estanques não havendo preocupações com vazamentos de pasta e comprometimento do elemento.

Acompanhou-se a argamassagem de elementos em "T", e o tempo de argamassagem de cada elemento não ultrapassou 3 minutos, em vários casos observados.

Após a argamassagem esses elementos são levados em seguida para tanques de imersão e mergulhados onde ficam curando até que atinjam uma resistência satisfatória a fim de permitir uma desforma, retornando a seguir para aqueles tanques; segundo informações prestadas esse tempo seria em torno de 8h a 12h.

Esse sistema de execução com duplas fôrmas metálicas, em alguns casos, tem produzido alguns inconvenientes, contornáveis no entanto, devido ao aprisionamento de bôlhas de ar, nas regiões

horizontais, conforme apresentado na figura F5.37, e que implica em comprometimento do cobrimento, sendo necessários grandes reparos já às primeiras idades; esse inconveniente poderia ser minimizado com a inclinação da fôrma para facilitar a fuga de ar, conjuntamente com um plano de argamassagem adequado para cada tipo de fôrma.

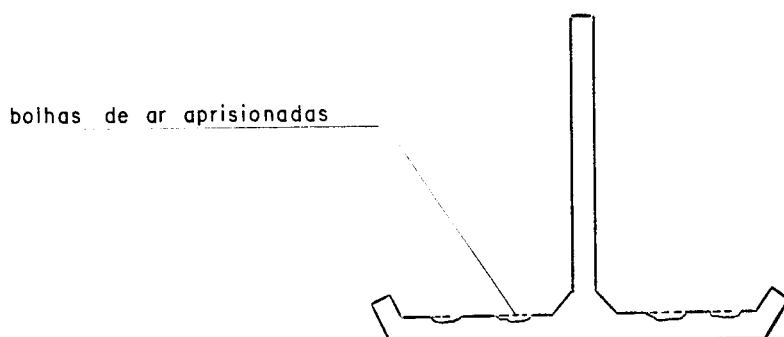


Figura F5.37

5.13.1.3.4 - CURA

A cura é feita por imersão em duas fases:

- 1ª. Fase: logo após a argamassagem, mergulha-se a peça com a fôrma em tanques de cura apropriados a cada caso, havendo a desforma em até 12hs da argamassagem; as características de cada fôrma observada permitem dizer que a parte da argamassa em contato direto com a água do tanque de cura, com uma possível formação de borra de baixa resistência superficial não chega a afetar a peça, e sua espessura é quase desprezível, carecendo no

entanto, de reparos;

- 2ª. Fase: após a remoção da fôrma, o elemento segue imediatamente para outro tanque para dar continuidade à cura.

Conforme informações prestadas pelo Sr. Mariano, está se estudando, atualmente, a conveniência da introdução da cura à vapor, na linha da pré-fabricação.

5.13.1.3.5 - DESFORMA

Observou-se que a desforma em alguns elementos é perfeita e em outros é feita de formas por vezes inadequadas, aplicando-se impactos por vezes de grande intensidade; nas fôrmas depositadas sobre cavaletes, para haver a desforma do elemento, submete-se possivelmente, o elemento a solicitações acima da capacidade resistente para aquela idade, ocasionando fissuras perceptíveis a olho nú ou até mesmo lascamentos que acabam refletindo no produto final.

Sabe-se que tal procedimento não é regra, existindo na fábrica um controle desse tratamento técnico indevido nos elementos produzidos.

5.13.1.3.6 - TRATAMENTO DE SUPERFICIE

Após a cura, o elemento é transferido para o setor de acabamento, onde passa por um processo de tratamento de superfície para eliminar pequenos defeitos (eliminação de bolhas de ar), além de reparos em fissuras e lascamentos.

Esse serviço é dispendioso e deve ser minimizado através de um reestudo de toda a linha de fabricação.

5.13.1.3.7 - ESTOCAGEM

Existe uma grande preocupação com a estocagem dos elementos e isso tem sido feito a contento, de forma adequada.

5.13.2.3.8 - LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO

A limpeza da indústria é outro fator importante na qualidade final dos elementos pré-fabricados.

Isso se deve não apenas ao aspecto estético, mas sim ao fato de um canteiro sujo ocasionar, intuitivamente, o desvio da circulação e conseqüente perturbação de outras linhas de produção, queda de produtividade, congestionamentos, influência psicológica negativa nos funcionários que convivem toda a jornada de trabalho no local, levando-o a cometer erros na produção.

A limpeza e organização da Fábrica de Equipamentos Comunitários é considerada ótima. O arranjo físico adotado parece ser bem adequado ao processo construtivo, permitindo uma elevação para até 1000m²/dia sem grandes alterações na rotina atual.

5.13.1.3.9 - CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DOS ELEMENTOS

Face às características dos locais onde se implantam os equipamentos comunitários, eles são produzidos, geralmente, com peso e dimensões tais que seja possível utilizar-se no máximo de caminhões dotados de guinchos ou guindaste ou, até mesmo, passíveis de serem transportados manualmente ou até mesmo montados de forma também manual.

Outra característica importante prende-se ao fato da montagem dispensar, geralmente, argamassagens no local de sua implantação, grauteando-se apenas o essencial para se eliminarem folgas.

Com isso consegue-se rapidez na montagem de todo o sistema

atendendo-se a necessidade de prazos curtos de implantação.

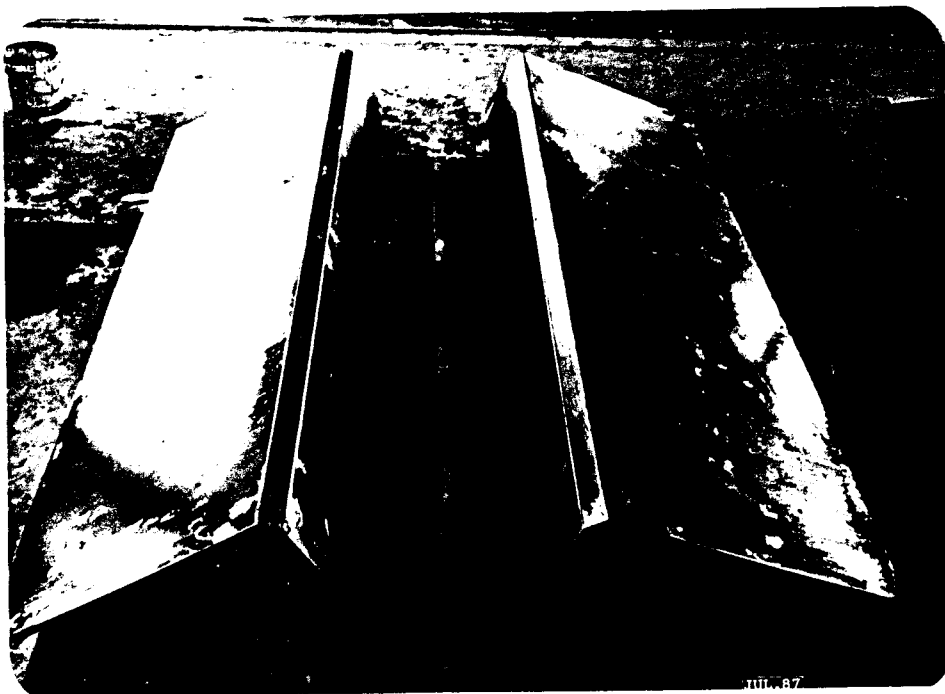
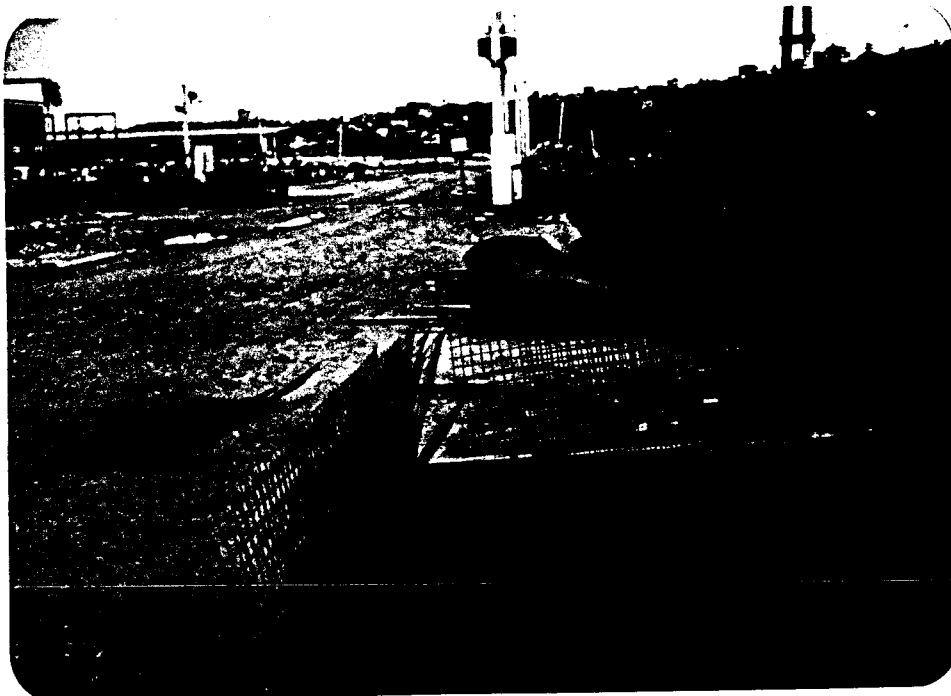
O sistema desenvolvido também permite que, em vista da modulação pré-concebida, naqueles casos de escolas e centros de comunitários, criar-se projetos com variações múltiplas.

5.13.1.4 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRAFICA

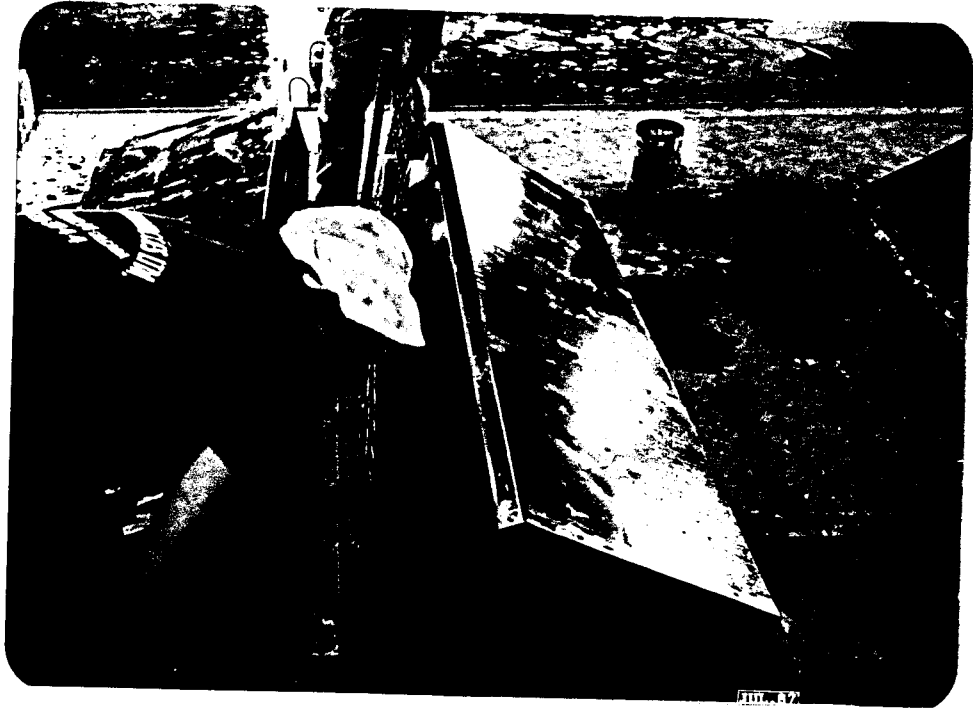
A seguir é apresentada uma documentação fotográfica de DF5.85 a DF5.99, da Fábrica de Equipamentos Comunitários.



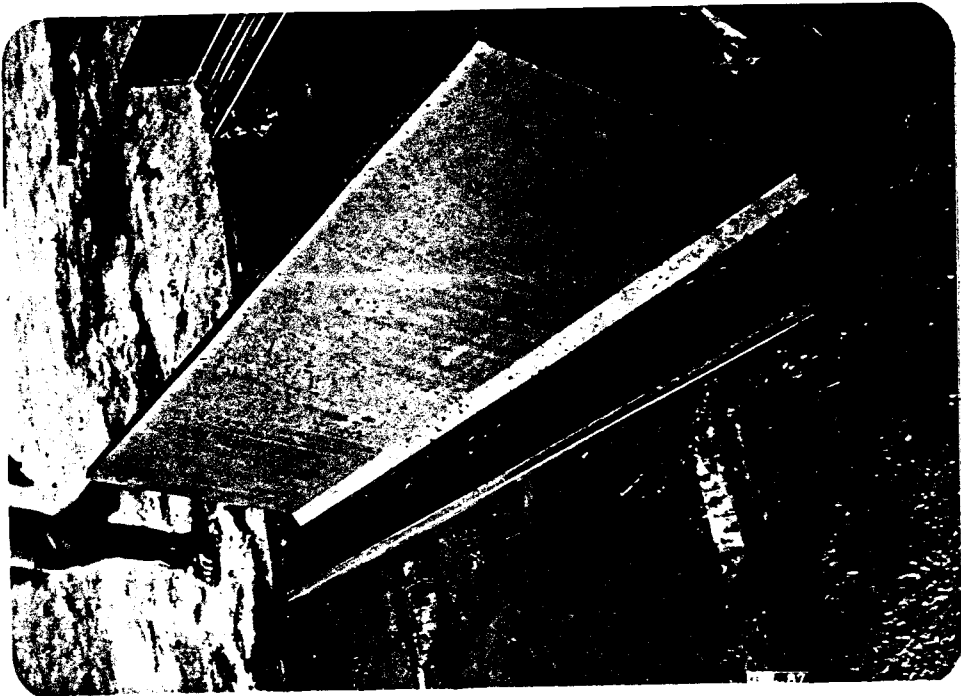
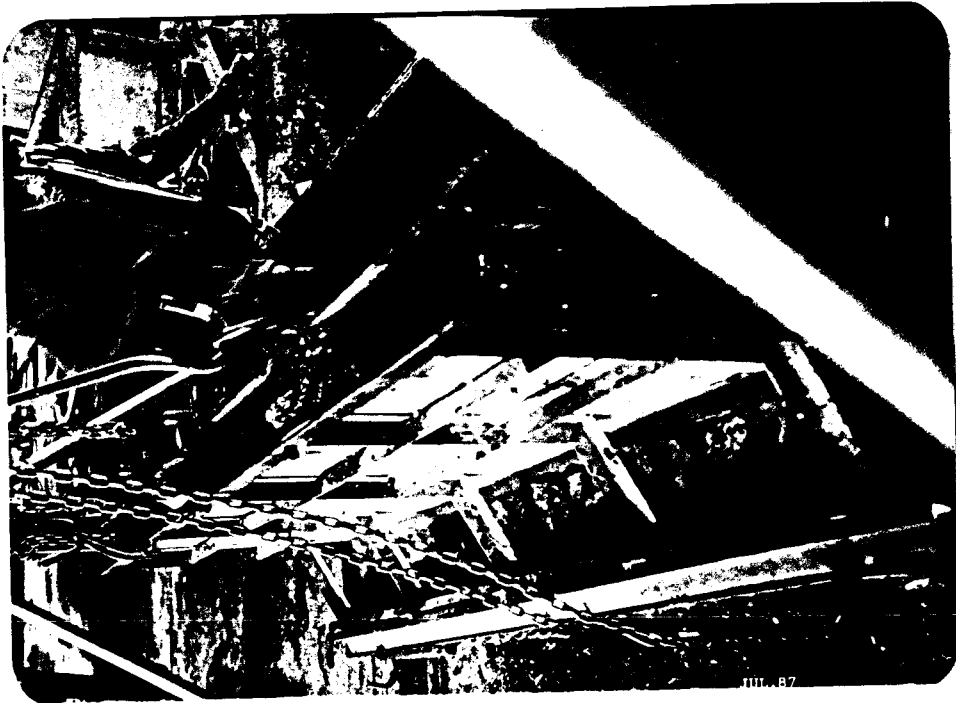
Documento DF5.85



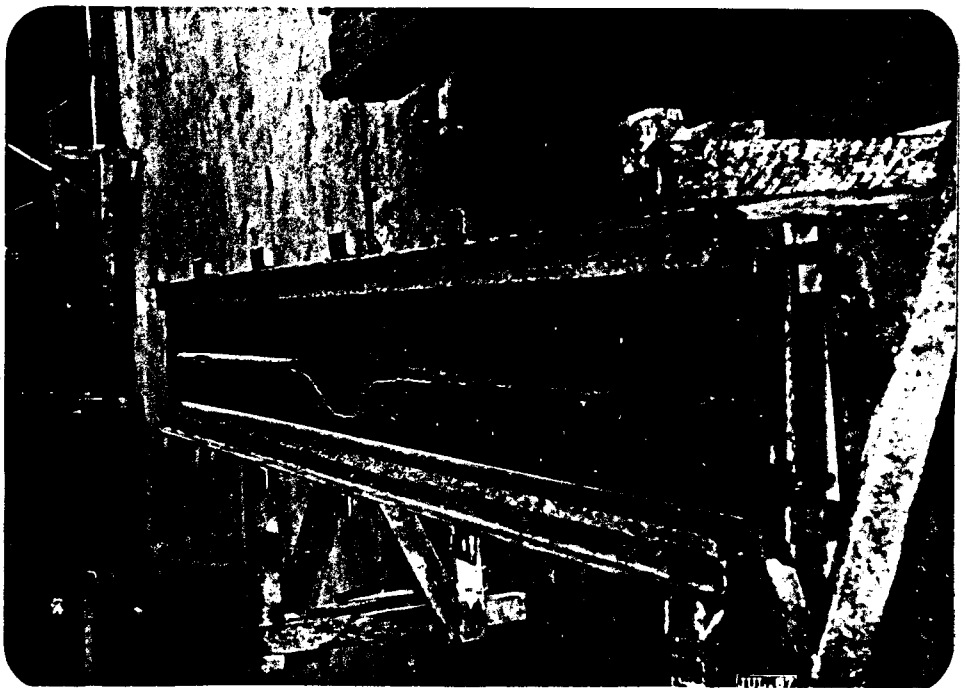
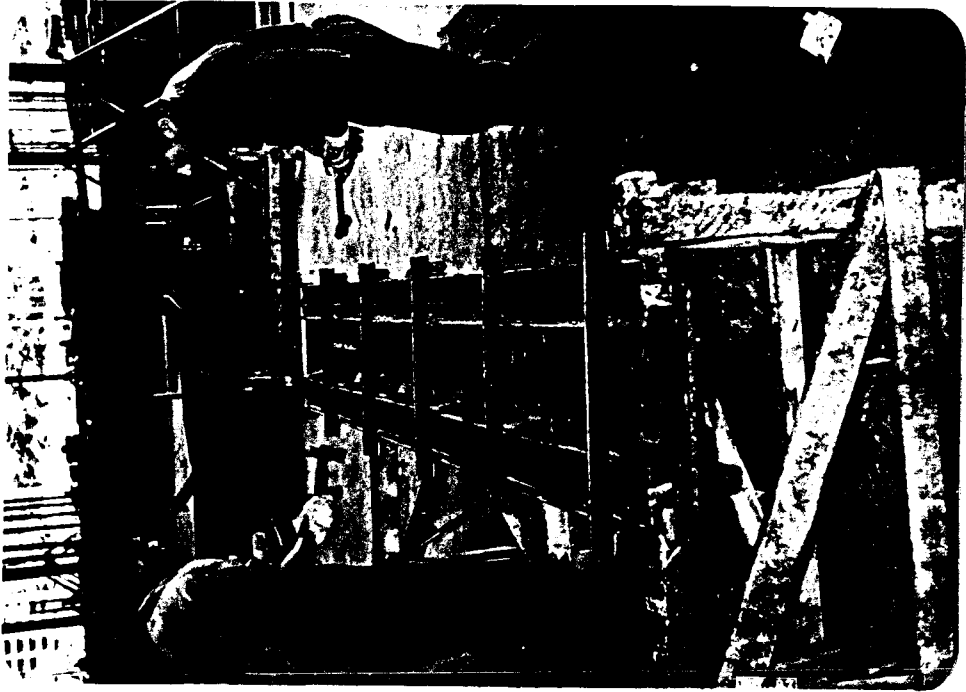
Documentos DF5.86 e DF5.87



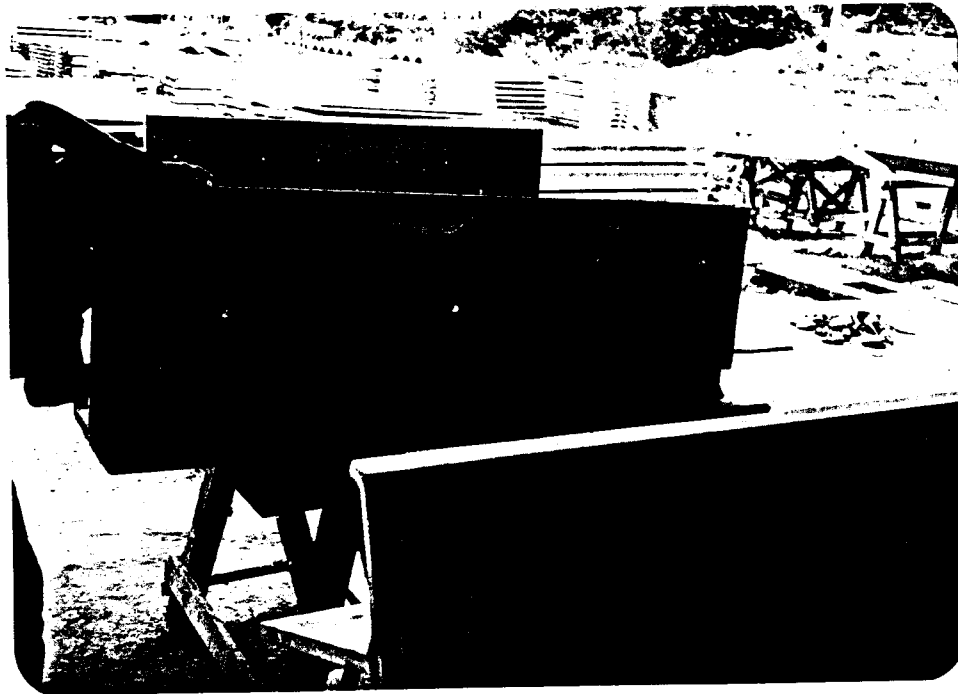
Documentos DF5.88 e DF5.89



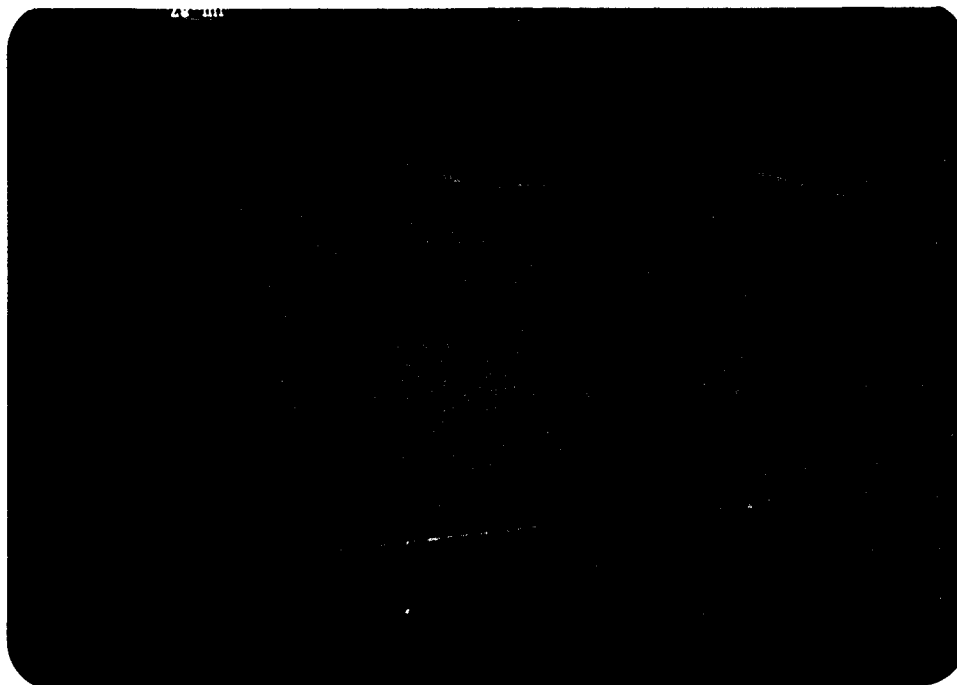
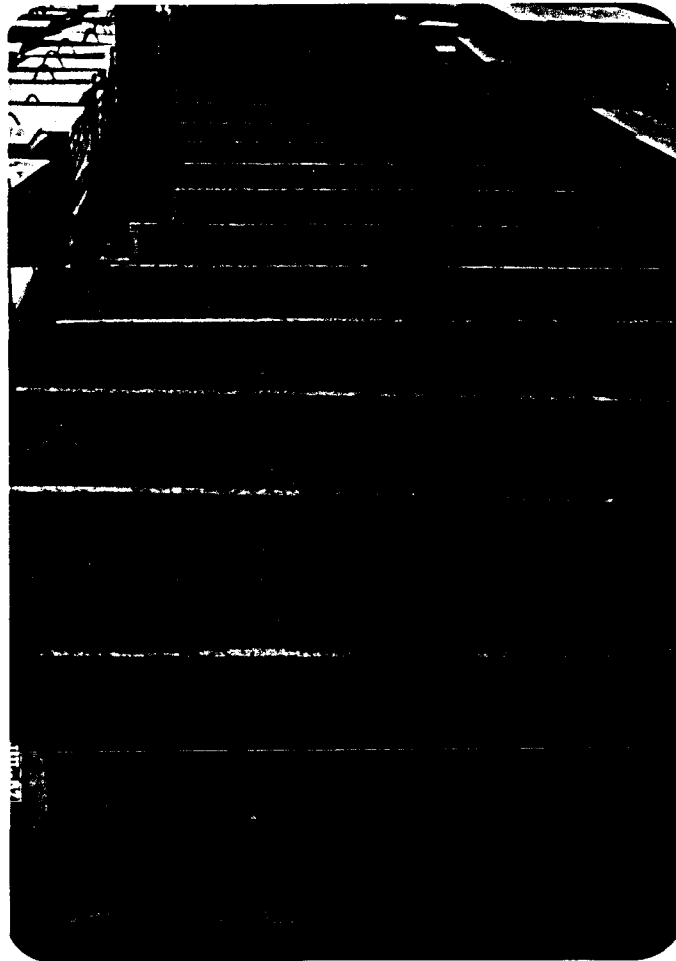
Documentos de DF5.90 e DF5.91



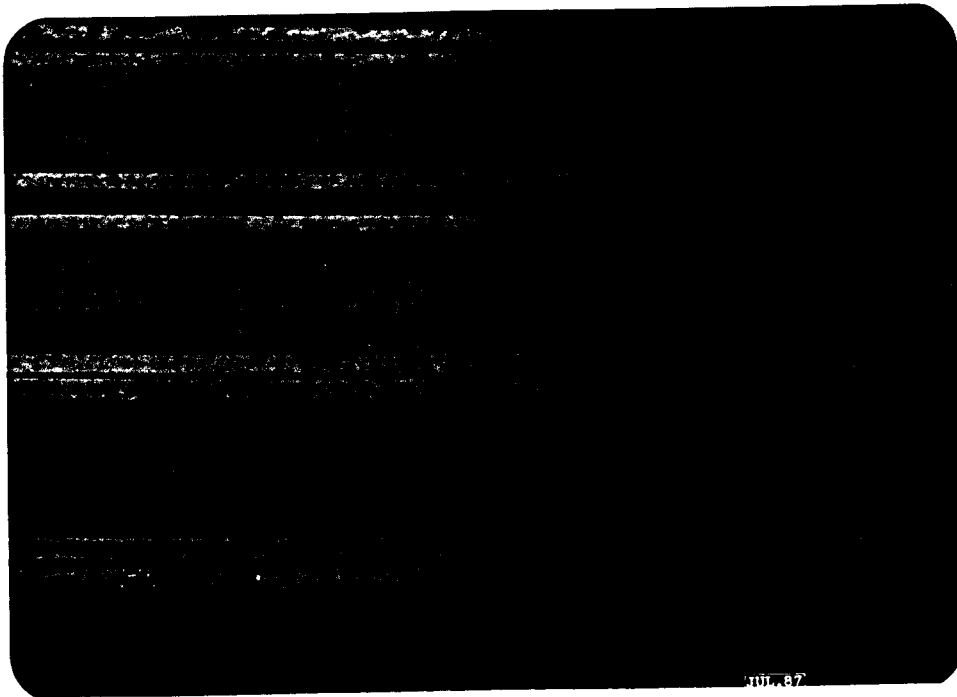
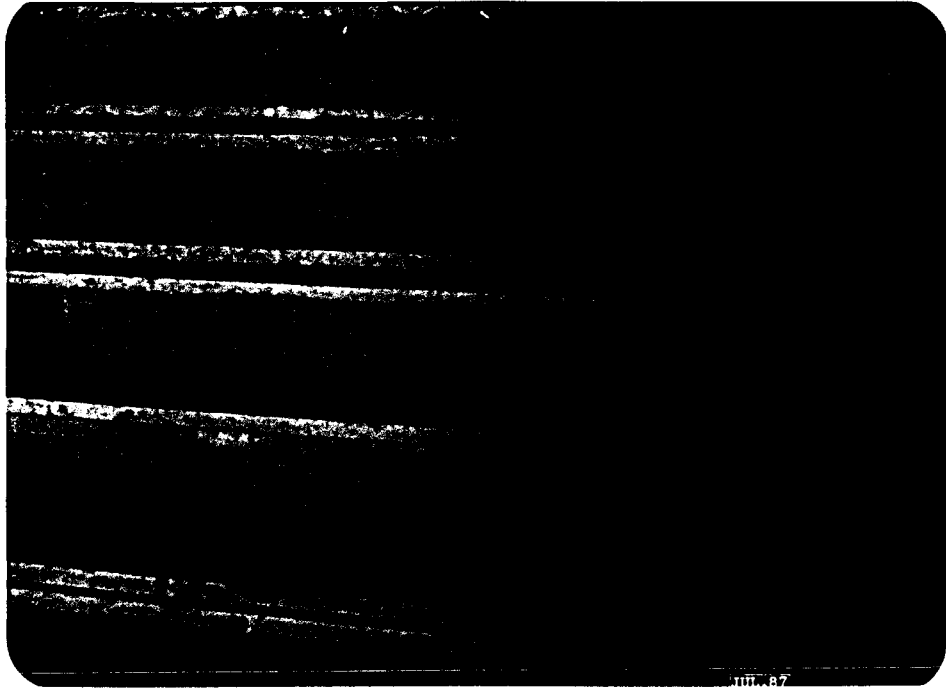
Documentos DF5.92 DF5.93



Documentos DF5.94 e DF5.95



Documentos DF5.96 e DF5.97



Documentos DF5.98 e DF5.99

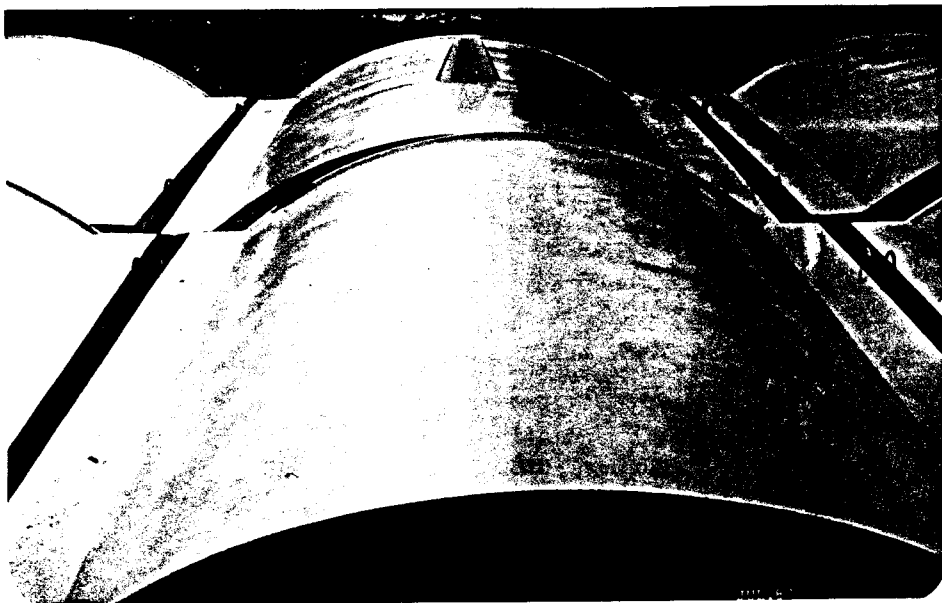
5.13.2 - PASSARELA DA AV. PARALELA

A passarela recém implantada na av. Paralela em Salvador/BA tem sua estrutura principal composta pelos seguintes materiais:

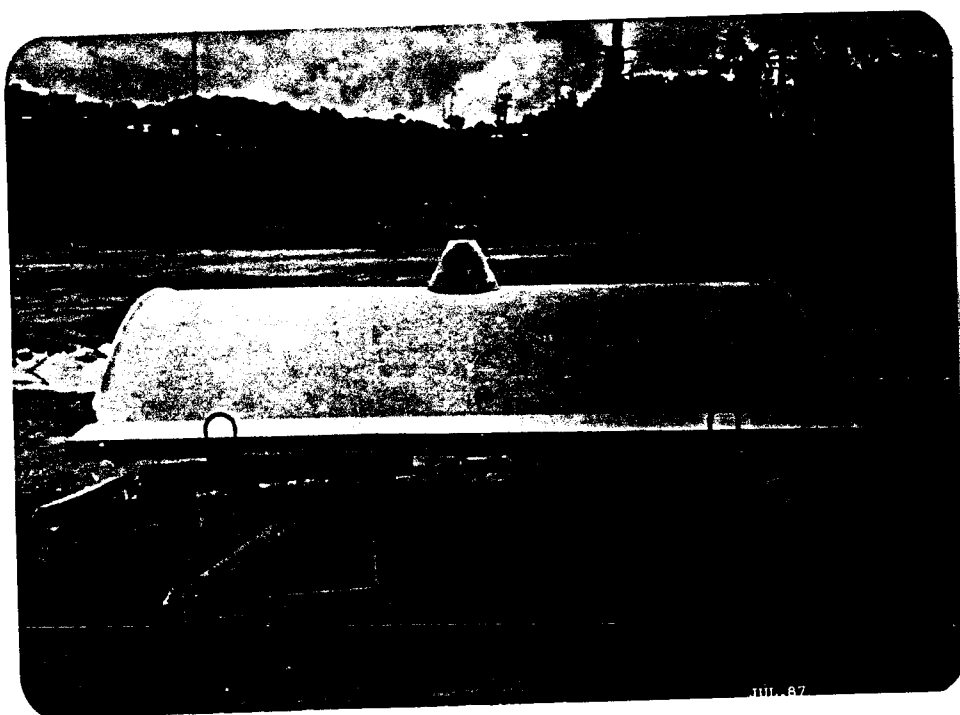
- infra-estrutura e meso-estrutura: concreto armado;
- superestrutura: treliças elaboradas com perfis de aço "cor-ten" que sustentam o piso e cobertura da passarela, elaborados em argamassa armada.

Essa obra, pela própria idade, não permite uma avaliação sobre o seu desempenho; porém, não se observou qualquer imperfeição na argamassa armada. Vale ressaltar que avaliadas as características de produção dos elementos em argamassa armada na FAEC, pôde ser observado o altíssimo padrão de sua produção, além do que, no que é crucial para a argamassa armada, manteve-se um bom cobrimento da armadura.

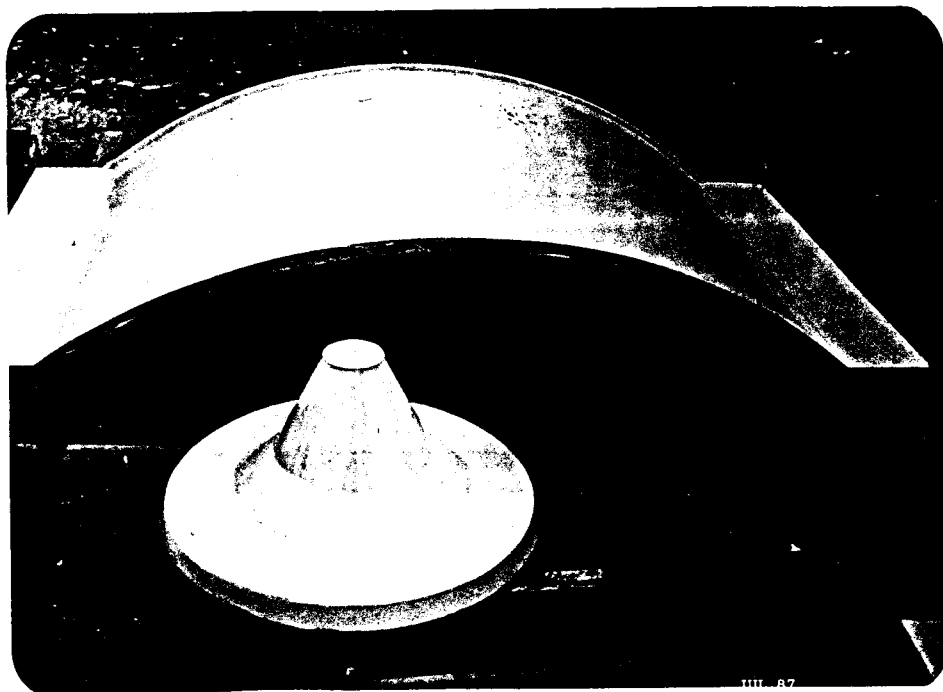
Apresenta-se, a seguir, uma documentação fotográfica DF5.100 a DF5.108 da passarela e de alguns elementos produzidos na fábrica em Salvador/BA.



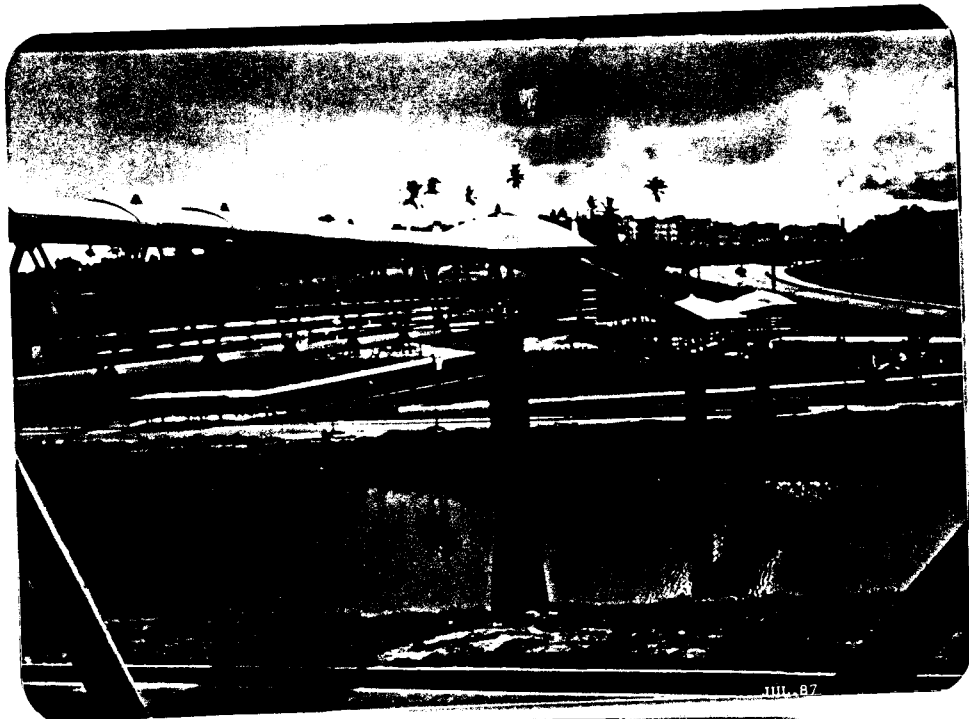
Documento DF5.100



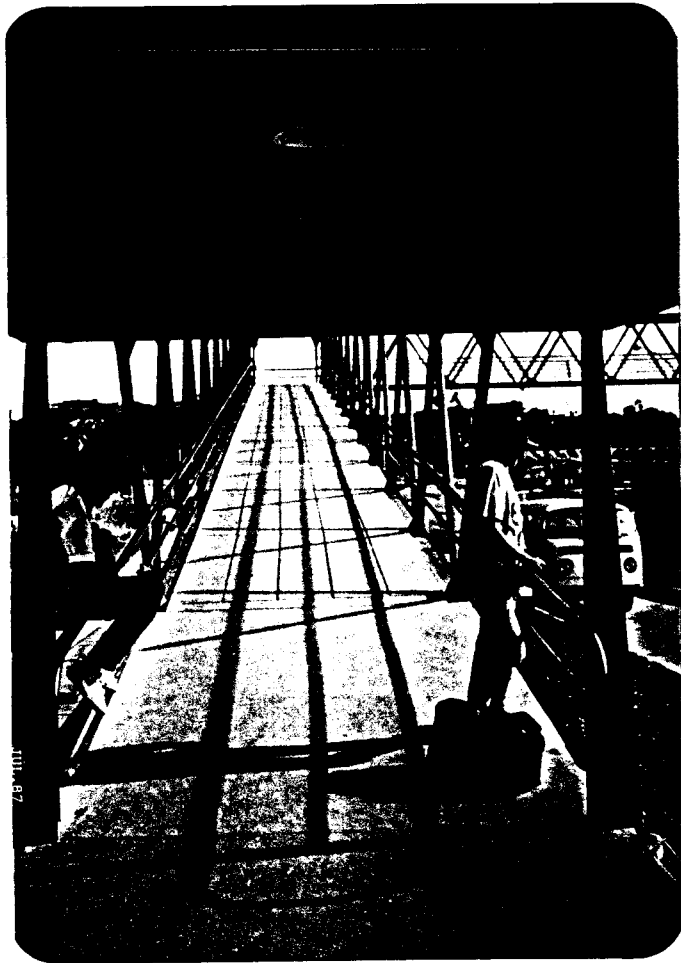
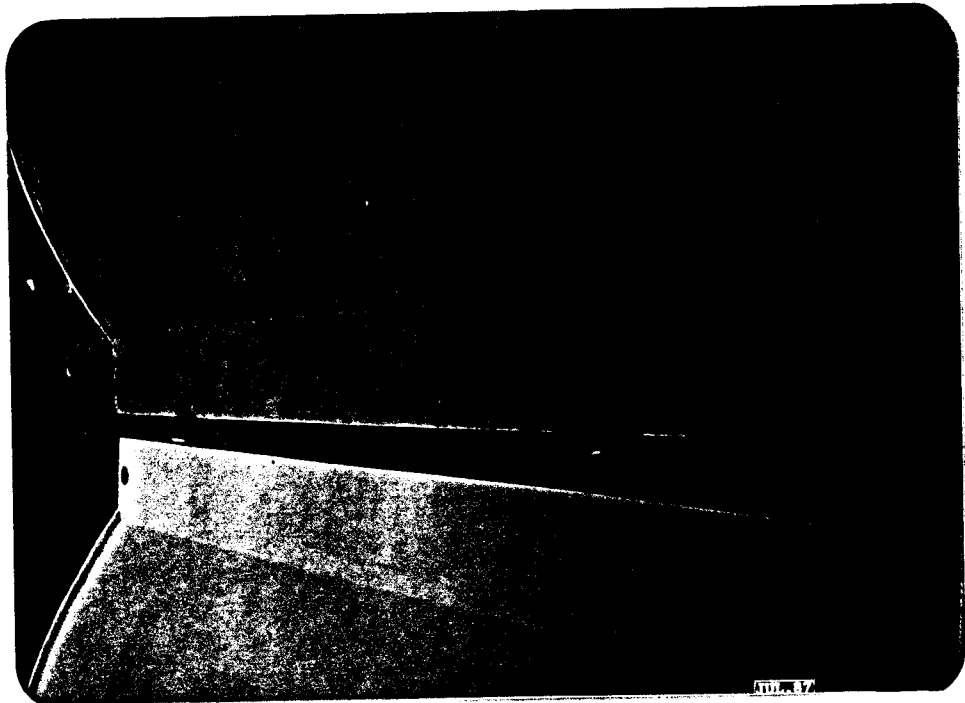
Documentos DF5.101 e DF5.102



Documentos DF5.103 e DF5.104



Documentos DF5.105 e DF5.106



Documentos DF5.107 e DF5.108

5.13.3 - ESCOLA COMUNITARIA DA BAIXA DA EGEA

O sistema implantado também é novo, porém em alguns painéis de vedação observa-se que há indícios de oxidação da armadura, por deficiência de cobrimento, possivelmente ocasionado pelos problemas levantados nos itens anteriores.

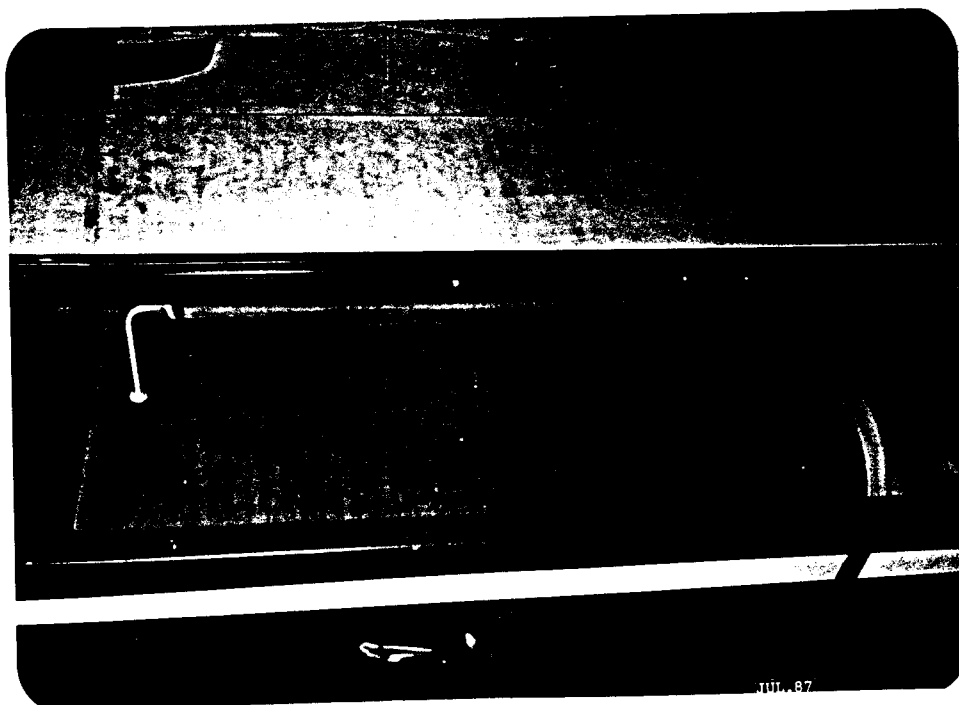
Algumas fissuras de flexão foram também observadas, que são também de conhecimento dos projetistas e, estão sendo analisadas e os elementos redimensionados.

Não se notaram outras imperfeições. A qualidade dos elementos produzidos é excelente, permitindo afirmar que atendem o projeto.

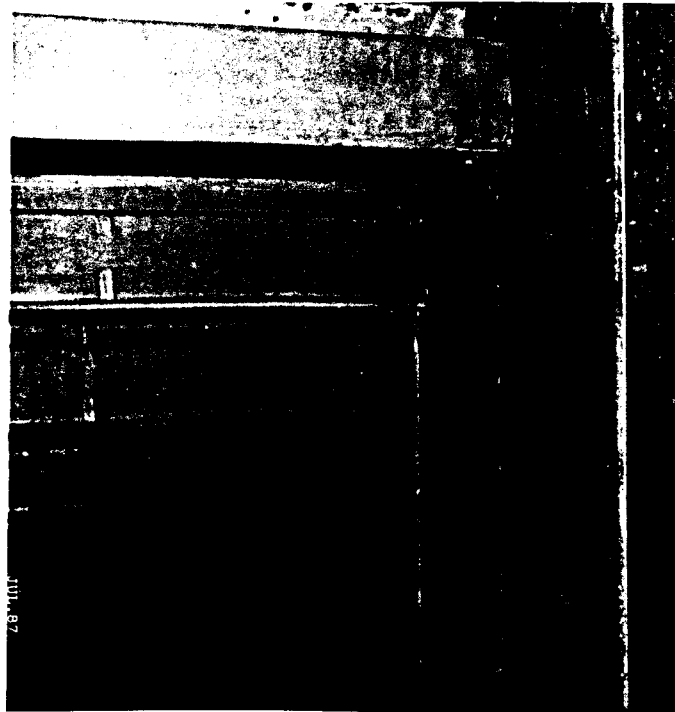
Apresenta-se, a seguir, a documentação fotográfica de DF5.109 a DF5.112 da edificação visitada.



Documento DF5.109



Documentos DF5.110 e DF5.111



Documento DF5.112

5.13.4- ESCADARIAS DRENANTES - OGUNJA - ENGENHO VELHO DE BROTAS - SALVADOR/BA

As escadarias drenantes de Ogunjá têm idade de aproximadamente 6 anos.

O seu estado atual, do ponto de vista da durabilidade, pode ser considerado ótimo, não apresentando qualquer defeito que estivesse comprometendo o sistema.

O que se nota apenas, é uma falta de manutenção (limpeza) do sistema; porém, isso poderia comprometer qualquer sistema tecnológico implantado. Portanto, esse estado independe do material empregado, ou seja, é uma situação que não pode ser prevista em qualquer projeto e sim é uma exigência do projeto que tal situação não ocorra e, depende exclusivamente da política de conservação adotada pelo proprietário do empreendimento.

As hipóteses adotadas na implantação do projeto tem demonstrado serem verdadeiras, dado que o comportamento da estrutura, como um todo, tem demonstrado que o sistema é um

sucesso.

Na figura F5.38 é apresentado um esquema da referida escadaria drenante.

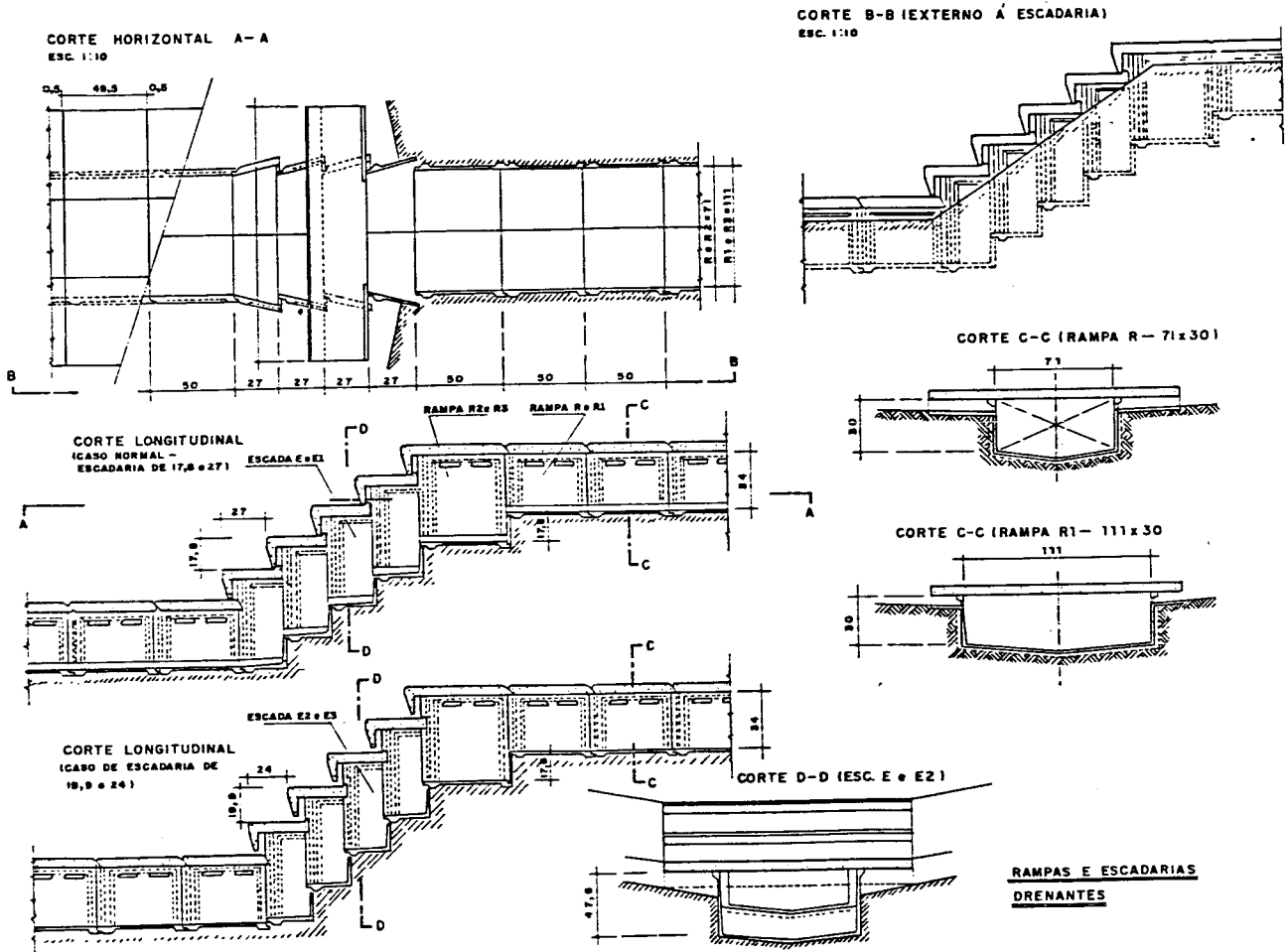
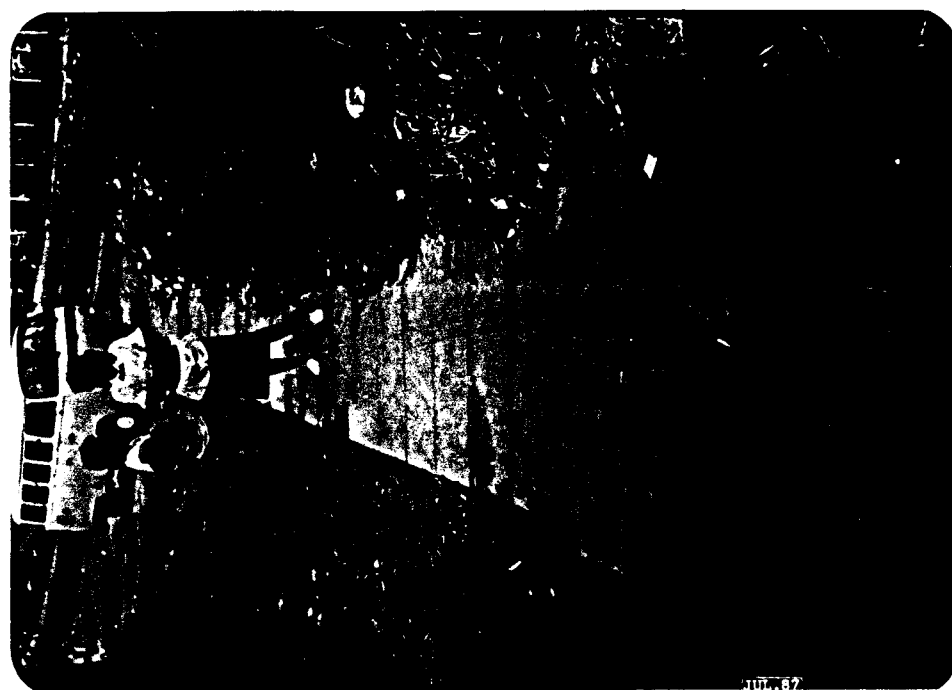
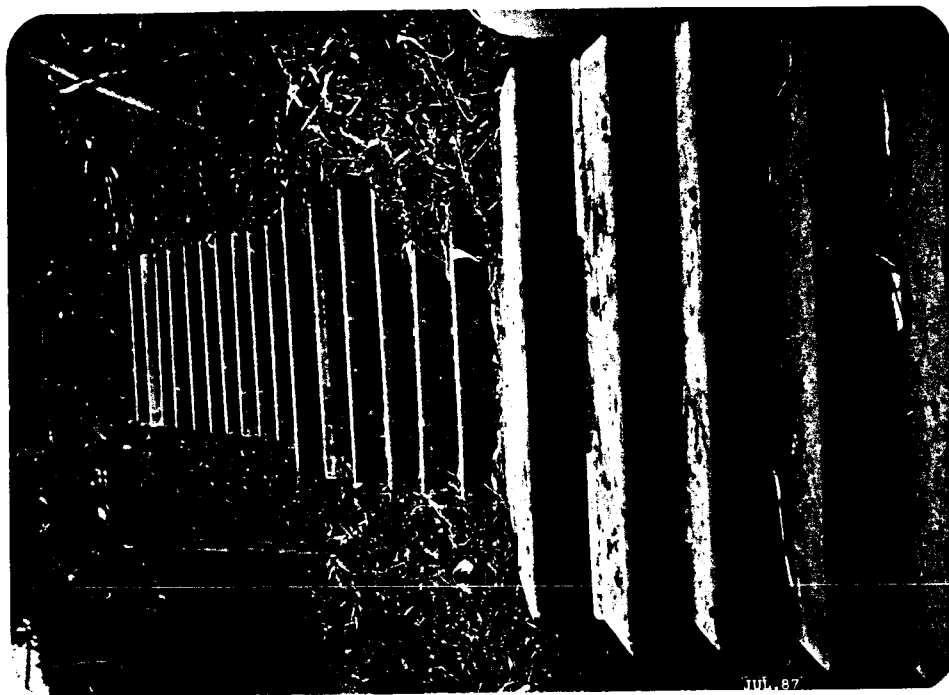


Figura F5.38

Apresenta-se a seguir, a documentação fotográfica DF5.113 a DF5.114.



Documentos DF5.113 e DF5.114

5.13.5- ESCADARIAS, CANAIS DRENANTES, GALERIAS E MUROS DE ARRIMO, DE CALABAR - SALVADOR/BA

Das obras aqui observadas (canais drenantes e galerias) pode-se concluir que as escadarias e os canais drenantes estão com ótimo aspecto, necessitando apenas que se faça limpeza dos mesmos como manutenção preventiva. O desempenho dessas construções, já com cerca de 6 anos, tem sido excelente para as condições locais de implantação, conseguindo-se, diga-se de passagem, manter a higiene local acima das expectativas.

Do ponto de vista estrutural e de durabilidade, os sistemas implantados nada devem a qualquer outra tecnologia alternativa, ou ainda, qualquer outro projeto alternativo não seria seguramente mais econômico, pensando-se em uma escala custo/benefício/manutenções. Outros sistemas existentes, com características tais que os tornem mais leves (caso dos elementos em fibro-cimento) não suportariam à ação predatória a que são submetidos constantemente os componentes lá instalados e/ou aplicações similares.

Nas galerias, observa-se que há uma proliferação de vegetação entre as placas, o que pode ocasionar desenvolvimento de solicitações mecânicas e/ou desenvolvimento de microorganismos, que criariam condições favoráveis à degradação da argamassa e da armadura.

Vale a pena ressaltar que isso não é um problema específico da argamassa armada, mesmo o concreto armado sofre deteriorações oriundas de manutenções deficientes.

Nas galerias e canais drenantes, o que poderá ocasionar problemas de corrosão na armadura é o fato da existência de ligações de esgotos feitas, inúmeras vezes, sem critérios, através das paredes dos elementos constituintes, com conseqüente exposição da armadura.

Observa-se também, nos canais, nas placas de fundo, que há

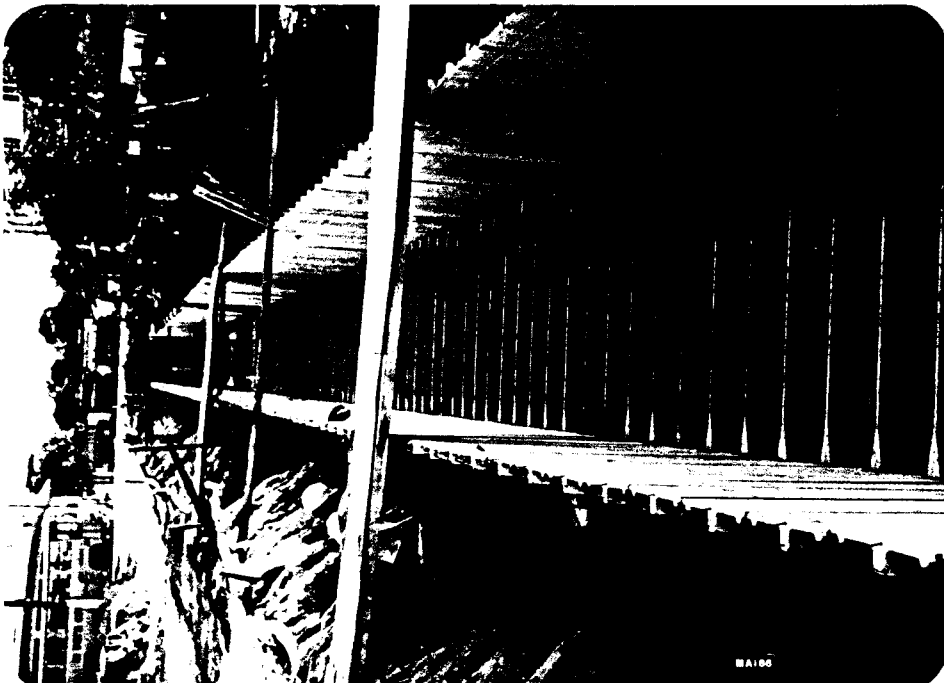
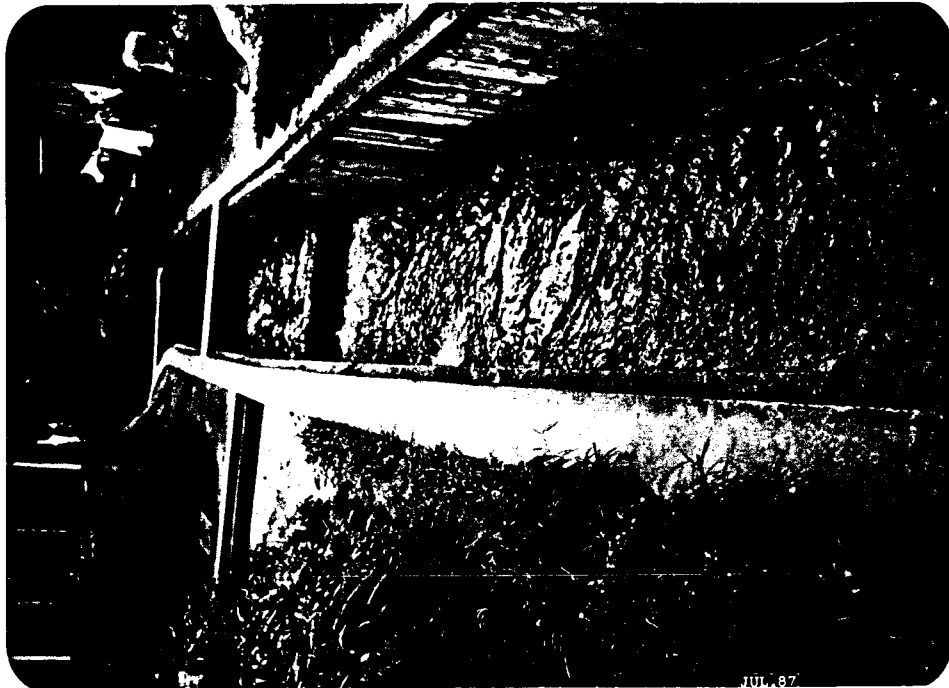
um problema de abrasão na argamassa, produzido por turbulência e velocidades de escoamento elevadas em alguns trechos; nota-se também a existência de partículas em suspensão no líquido escoado, o que agrava o problema. Esse efeito não se nota apenas em elementos de argamassa armada, no concreto é também evidenciado. Nas construções mais recentes, tem-se adotado camadas de sacrifício.

Os muros de arrimo encontram-se em bom estado, pelo menos na face que pôde ser observada. Nota-se apenas a presença de umidade, em alguns pontos, porém não se observam defeitos estruturais e/ou problemas de durabilidade.

Apresenta-se a seguir a documentação fotográfica DF5.115 a 5.117 os locais visitados.



Documento DF5.115



Documentos DF5.116 e DF5.117

5.13.6 - FABRICA DE ESCOLAS E CENTROS COMUNITARIOS - RIO DE JANEIRO

A Fábrica de Escolas e Centros Comunitários do Rio de Janeiro está localizada, atualmente, no Bairro Santa Cruz, na cidade do Rio de Janeiro.

Suas instalações, inicialmente, quando sob responsabilidade do Arqº. João da Gama Filgueiras Lima, encontrava-se na Praça Onze.

Os elementos ali produzidos seguem a mesma técnica e concepção de industrialização da FAEC/SALVADOR-BA, os mesmos problemas também foram observados aos apontados no relatório da visita técnica à FAEC.

5.13.7 - CENTRO DE ABRIGO DO MENOR - Rua do Catete - CATETE - RIO DE JANEIRO

O referido Centro encontra-se instalado há 18 meses (data base: julho de 1987) e a principal finalidade de utilização é a de criar um local para acolher o menor da rua; para isso, as dependências consistem em: quartos, cozinha, escritório e despensa, parque infantil e uma quadra de esportes (aqui o piso também é de placas de argamassa armada). Inclusive os muros foram produzidos com placas, em forma de "U", também em argamassa armada.

Outros equipamentos existentes em argamassa armada são: 1 reservatório enterrado e 1 reservatório elevado.

Os principais problemas observados são: fissuras, em um grande número de placas, na posição da armadura, e exatamente sobre os fios das telas; deterioração de placas provocadas por agressões físicas à mesma.

O reservatório elevado apresenta, em alguns pontos, a formação de estalactites de carbonato de cálcio.

A idade ainda é insuficiente para uma avaliação do ponto de vista de durabilidade, ou, ainda, pela idade, pode-se dizer que no presente momento, a edificação está tendo um desempenho a contento, porém com um indicativo de problemas de deterioração em alguns elementos, devido aos problemas mencionados anteriormente e, aliados à agressividade do meio.

5.13.8 - COLEGIO DO VIDIGAL - AV. NIEMEYER - RIO DE JANEIRO

O presente colégio encontra-se em implantação, e alguns problemas podem ser observados, tais como: armadura exposta e fissuras em alguns elementos. Já que a obra ainda encontra-se em fase de conclusão, é de se esperar que antes de sua utilização já se proceda a uma manutenção.

5.13.9- SUB-PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO - ILHA DO GOVERNADOR - RIO DE JANEIRO

Edificação nova (12 meses) e bem conservada. Não se notaram defeitos até agora, apenas alguns indicativos de início de retração na posição da armadura em alguns elementos.

5.13.10 - CASA COMUNITARIA - SAO JOAO DO MERITI - RJ

Essa edificação encontra-se com 1 ano de utilização e, apenas nos locais de área molhada (cozinha e lavanderia) é que se observam alguns pontos de deterioração, pelo afloramento da armadura. Outro local onde se observaram pontos de deterioração foi nos muros que delimitam o terreno (falhas de execução com exposição da armadura em alguns pontos - falta de espaçadores) e início de retração nos locais onde os fios se aproximam da face dos elementos.

5.13.11 - CANAIS DRENANTES - SAO JOAO DO MERITI/RJ

Obra em implantação. Não se observaram problemas de fabricação nos elementos; porém, se não forem feitas manutenções periódicas e necessárias de limpeza, é de se esperar que surgirão problemas tais como os observados nos canais drenantes de Salvador/BA.

CAPITULO VI

PROJETO, EXECUÇÃO E USO DE CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA: UM ENFOQUE TECNOPATOLOGICO

6.1 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Muitos dos problemas observados, após algum tempo, em estruturas de concreto armado ou protendido, também fortemente evidenciados em um grande número de aplicações de argamassa armada, decorrem, na maioria das vezes, da insuficiência de troca de informações entre as várias partes envolvidas na implantação de um projeto.

FUSCO(1986) salienta que, "como todo novo material, esbarra-se na questão do projeto, sendo necessário aprender a projetar empregando a argamassa".

LICHTENSTEIN(1986), observa que "projetar uma obra de engenharia significa criar um instrumento para a realização de determinadas aspirações humanas. No caso geral este instrumento se materializa sob a forma de um modelo criado e que deve ser transmitido para reprodução sob a forma de uma obra".

ASIMOW(1968) comenta que "idéias sobre as necessidades são transformadas, produtivamente, em prescrições de engenharia para transformar recursos adequados em objetos úteis".

ASIMOW, citado em LICHTENSTEIN, enuncia ainda alguns princípios a serem seguidos no andamento do projeto:

"a) NECESSIDADE - O projeto deve ser uma resposta às necessidades individuais e sociais que possam ser satisfeitas pelos fatores tecnológicos da cultura. Atender à necessidade pressupõe o conhecimento perfeito da situação existente.

b) EXEQUIBILIDADE - O objetivo de um projeto deve ser uma obra de engenharia realizável.

c) COMPENSAÇÃO ECONOMICA E SOCIAL - A obra descrita por um

projeto deve ter utilidade para o usuário que iguale ou exceda a soma dos verdadeiros custos de obtenção e manutenção.

d) METODOLOGIA DO PROJETO - Projeto é uma progressão do abstrato até o concreto (isto exige uma estrutura vertical no projeto). Projeto é um processo iterativo na solução de problemas (isto exige uma estrutura horizontal em cada fase do projeto).

e) COMUNICAÇÃO - Projeto é uma descrição de uma obra e uma prescrição para sua execução e utilização. Sua existência, portanto, deverá ser expressa pelos meios de comunicação disponíveis..."

Algumas falhas observadas no projeto executivo vem a ocasionar posteriormente problemas patológicos durante o estado em serviço. Algumas dessas falhas podem ser enumeradas:

- detalhamentos insuficientes;
- análise deficiente de locais críticos;
- ausência de informações;
- falta de clareza das informações;
- detalhes inexequíveis;
- falta de padronização de informações;
- expectativas não cumpridas do sistema construtivo adotado;
- ausência de elementos que permitam avaliações de custos, de materiais, de técnicas executivas e de equipamentos necessários para efeito de contratação da obra;
- memoriais descritivos;
- especificações técnicas;
- incompatibilidade da sequência construtiva, em vista da concepção do projeto, sob todos os aspectos;
- incompatibilidade entre os diversos projetos;
- falhas nos diversos projetos.

Além das deficiências observadas nos projetos, observam-se também deficiências na fase produtiva, e em algumas ocasiões, nota-se improvisações em ambas as fases.

A impossibilidade de se fazer levantamentos acurados acerca

das condições de serviço que determinada construção estará submetida, leva à desconsideração de fatores por vezes determinísticos que influenciarão decisivamente no tempo em que essa estrutura estará tendo um desempenho mínimo satisfatório.

Outro grande problema surge também em decorrência do fato de que um grande número de projetistas e calculistas não estão familiarizados com a manipulação dos materiais que são especificados no projeto e com as etapas e técnicas construtivas, e muito menos com as situações a que determinada construção estará submetida. Analogamente, alterações ou considerações, a miúdo de quem executa, culminam em alterações imprevistas no projeto e, o elemento ou toda a construção passa a ter um comportamento insatisfatório, mesmo que por pequeno período, porém o suficiente para o seu comprometimento, decorrendo assim o surgimento de várias patologias.

LICHTENSTEIN(1986), observa que as atividades do construtor podem ser resumidas em:

- adquirir e controlar o recebimento dos materiais e componentes;

- contratar a mão-de-obra, controlar sua produção e a qualidade dos serviços executados;

- compatibilizar a disponibilidade de recursos financeiros com os recursos materiais e humanos ao longo do tempo..."

Os termos "...adquirir e controlar..." devem ser observados em toda a sua amplitude, subentendendo que a qualidade, com o apoio tecnológico de laboratórios idôneos, já deverão ser acionados nessa etapa.

O aperfeiçoamento tecnológico do construtor, bem como o investimento no aprimoramento do "staff", deve ser encarado como fundamental para o estabelecimento de controles produtivos e de qualidade de uma edificação.

As peculiaridades da argamassa armada requerem necessariamente um detalhamento de projeto farto, prevendo-se de

antemão todo o processo produtivo e construtivo, exigindo-se controle rigoroso que só poderá ser levado a efeito se, representado por elementos de boa qualidade, à luz do conhecimento dos projetistas e calculistas sobre todas as etapas de concepção e realização do projeto.

Nos elementos de argamassa armada, um aumento da rigidez, de acordo com as necessidades desejadas, só é conseguida através de formas adequadas a cada caso.

A mão-de-obra utilizada por sua vez é ainda resistente à tecnologia, o que em certos casos acaba introduzindo algumas anomalias no elemento produzido, dada a impossibilidade de supervisão constante por um profissional habilitado, visto outras atividades normais e rotineiras em uma obra, conforme antes mencionado.

Considerando-se as observações realizadas nas principais construções de argamassa armada existentes no Brasil, é possível estabelecer uma série de juízos que levem ao aperfeiçoamento da tecnologia.

Esses resultados das inspeções, relatadas no Capítulo V fornecem subsídios que permitem estabelecer orientações aos usuários da tecnologia, tanto no que se refere às técnicas de projetos, quanto às documentações que deverão acompanhá-los, bem como orientar o empreiteiro nos cuidados a serem tomados quando da execução.

* * *

Efetua-se a seguir uma série de comentários.

A argamassa armada deve ser compreendida como uma tecnologia onde as técnicas e especificações devem ser seguidas com extremo rigor, visto que as tolerâncias de execução são mínimas.

Normalmente, salvo algumas situações, o realizador final da transformação do abstrato no concreto é uma mão-de-obra pouco qualificada que deve ser treinada para o perfeito desenvolvimento do produto final.

Exatamente pelo fato da produção de elementos de argamassa armada ser massiva, em alguns casos, embora se aplique a outras situações também, os diversos instantes de sua elaboração devem ser analisados e revistos para uma produção perfeita.

Um desses instantes é exatamente na elaboração do projeto.

Pesquisas realizadas em diversos países tem demonstrado que a incidência de problemas patológicos, nos edifícios, em geral originam-se nas seguintes fases (LICHTENSTEIN-1986):

Projeto: 45% dos casos

Execução: 22% dos casos

Materiais: 17% dos casos

Utilização: 9% dos casos

Diversos: 7% dos casos

HELENE(1988), apresenta o seguinte quadro, apresentado na Figura F6.1, em relação às construções de concreto:

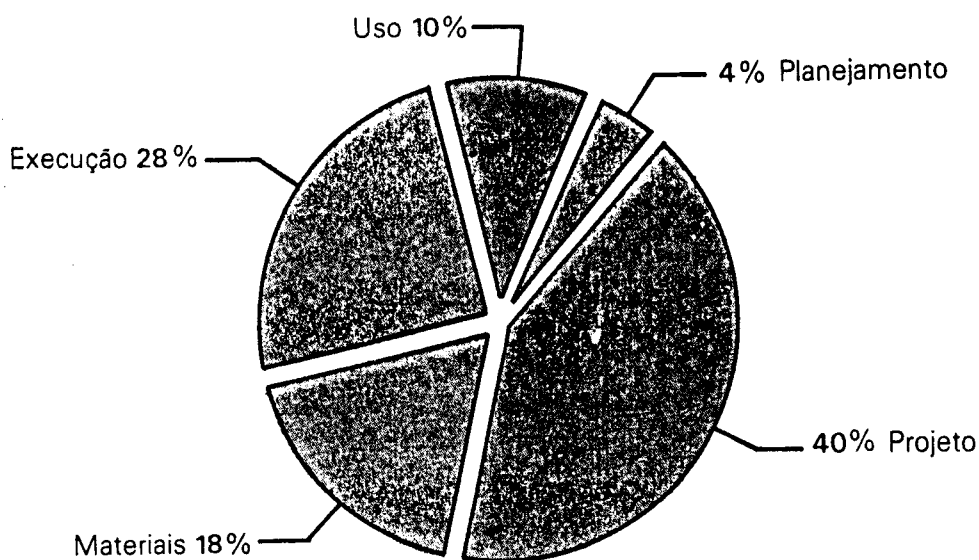


Figura F6.1

No caso da argamassa armada os resultados, principalmente em relação ao projeto e à execução, devem sofrer majorações e possivelmente uma grande minoração dos outros três últimos itens de incidências notáveis, visto que se trata de uma tecnologia emergente, ainda em fase de compreensão, e muitos parâmetros relativos às suas especificidades estão ainda em fase de equacionamento.

Em princípio, é preciso discernir quais os principais parâmetros que estarão envolvidos no processo produtivo a ser adotado já em projeto, no que diz respeito à coordenação global do produto a ser elaborado.

Algumas formas produtivas são marcadas por características artesanais, que em muitos casos se dá sem o acompanhamento (ou um mínimo razoável) de técnicos especializados, cabendo as principais decisões ao executor, onde são tomadas decisões por vezes incompatíveis com a tecnologia, utilizando-se de ferramentas simples, geralmente manuais. São os processos desenvolvidos em algumas regiões nos países asiáticos e também detectáveis em várias regiões do Brasil.

Em alguns casos, o empirismo tem, mesmo assim, produzido bons elementos. Isso se deve ao fato do contato já feito anteriormente com a tecnologia e suas especificidades e o bom senso no tratamento de elementos com essas características. Esse empirismo, por vezes, tem-se traduzido em resultados anti-econômicos, pelo menos diante da atual situação de fatos.

Como se viu em algumas observações realizadas em estruturas de argamassa armada, soluções extremamente simples podem ser utilizadas em construções complexas com uma boa dose de ciência.

São também observados outros processos produtivos que prevêm a elaboração de projetos mais desenvolvidos, realizáveis com equipamentos os mais variados possíveis, com a participação de técnicos vivenciados em projeto e execução, porém ainda sob coordenação exclusiva na tomada de decisões de um único elemento.

Nesse estado de desenvolvimento concentra-se um grande número de aplicações da argamassa armada.

A industrialização com argamassa armada começa a despontar no Brasil, porém, dado aos grandes investimentos iniciais ela só é possível de ser absorvida pelos órgãos governamentais e, ainda em grandes centros urbanos, devido às grandes demandas necessárias. Caracteriza-se por uma dinâmica de processamento da produção, onde alterações evolutivas ocorrem rapidamente. A coordenação se dá, geralmente, por uma equipe com formações tecnológicas diferentes, porém voltadas para o mesmo fim.

Seria desejável que toda empresa da construção civil trabalhasse dentro do estado de desenvolvimento industrializado, (não que as empresas se neguem a isso); é necessária uma política assumida a nível nacional dentro das prioridades governamentais que possibilite investimentos da empresa privada que sejam possíveis de serem amortizados a médio e a longo prazo.

Algumas empresas têm tentado assumir essa situação no que tange à tecnologia porém, devido aos problemas estruturais observa-se frequentemente a desativação do processo, via de regra por razões econômicas, diante de outras alternativas tecnológicas e uso de mão-de-obra.

O conhecimento desses processos produtivos tem importância fundamental no estudo da patologia das construções e também nos meios da projeção. Essas informações acerca desses estados possibilita tomadas de decisões importantes.

* * *

Vale a pena tecer aqui, também, alguns comentários sobre a questão da manutenção.

A primeira tendência que um material artificial sofre é a de se decompor para que seus vários materiais constituintes retornem ao seu estado original ou, assumam situações de equilíbrio impar, incompatíveis com outros elementos como um todo, traduzindo-se

esse equilíbrio de coisas como a vida útil de componentes e mesmo de toda a estrutura.

A literatura tem reportado que para um mesmo material, pequenas manutenções não conduzem a seu estado inicial e que são necessárias grandes intervenções para que isso ocorra.

É comum observar a designação de dois tipos de manutenção: preventiva e corretiva. Tem-se ouvido de técnicos atuantes nas mais diversas modalidades da indústria o fato de justificarem que se aplicadas manutenções preventivas é possível retornar sempre às condições iniciais, o que é uma inverdade, seria negar LAVOSIER, e a nossa própria existência, o universo é dinâmico e não estático. Da mesma forma refere-se à manutenção corretiva como aquela que prevê a troca para a volta à situação inicial, o que também não é verdade pois o termo mais correto são intervenções corretivas, devendo haver um desempenho mínimo pelo menos igual ao inicial (ou melhor).

O termo manutenção, a ser previsto em todo projeto, em vista de custos/benefício, deve ser empregado como realizações que conduzam a uma vida útil estabelecida no projeto, conforme figura F6.2, a seguir.

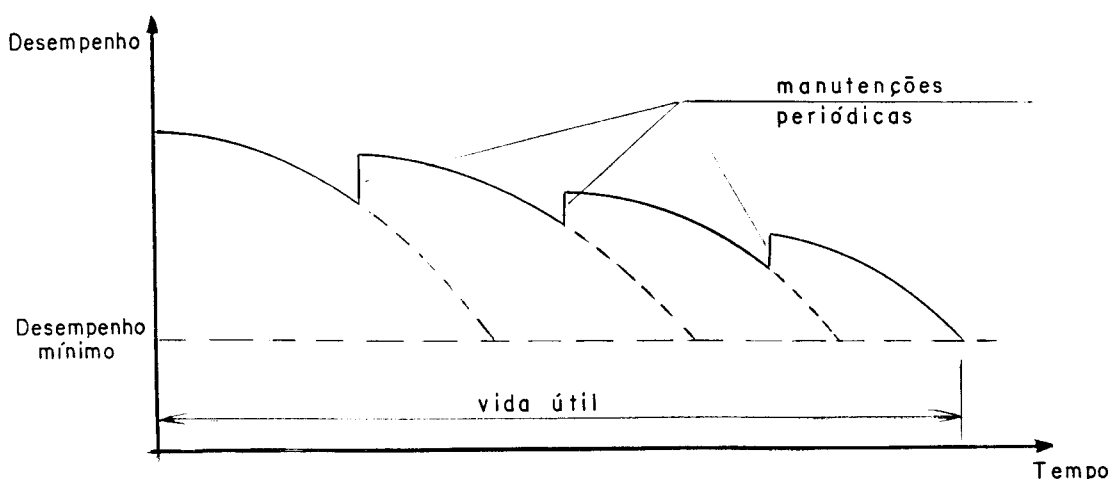


Figura F6.2

É claro que as manutenções têm custo; a clareza de um

projeto e a seriedade na execução, além do uso adequado de um produto, são fatores que estão intimamente relacionados, e assim, as manutenções são atividades meramente relacionadas com a vida útil.

6.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DA ARMADURA

Serão aqui tecidos vários comentários a partir das observações feitas na prática.

6.2.1 - O DOBRAMENTO DA ARMADURA E SEU POSICIONAMENTO

Para entendimento da questão, e com a finalidade de tornar mais didático o exemplo, realçando ao máximo a visualização do problema, considere-se a situação apresentada na figura F6.3, detalhe da execução de um elemento de argamassa armada.

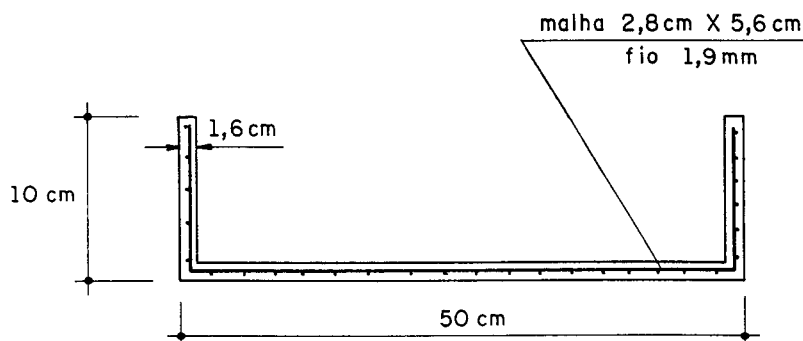


Figura F6.3

Supõe-se que foram especificados espaçadores de 6mm para garantir um mínimo de cobertura da armadura, embora esse quantitativo seja passível de análise mais detalhada.

De acordo com o desenho, a primeira preocupação que o

projetista deverá ter é como se fará o fornecimento dessas telas que, imagine-se, seja feita com rolos com comprimento de 70,0 m e 140,0 m e largura de 0,95m.

O corte da armadura para esse elemento irá, à primeira vista, ocasionar uma perda de aproximadamente 25cm, na largura.

Poderia se pensar em contemporizar essa perda no aproveitamento para a produção de outros elementos com outras características geométricas, o que nem sempre é possível.

O que se pretende salienta é que haverá várias possibilidades de corte dessa armadura pelo operário.

Para se ter idéia das ocorrências observadas e das dimensões de corte da armadura, em primeira hipótese o corte deverá ser feito com largura de 66,4 cm, para dobras de 8,8 cm nas abas e 48,8 cm na mesa, conforme figura F6.4.

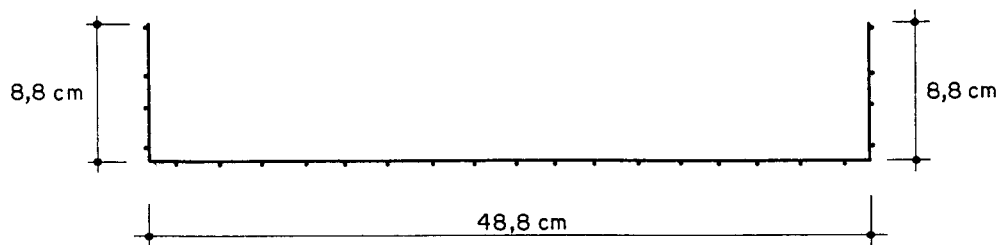


Figura F6.4

A maioria da mão-de-obra utilizada no Brasil, onde se inclui o armador, é representada por um profissional que tem seu aprendizado com a prática, e essa prática, atualmente, é a do concreto armado. A unidade milímetro na maioria dos casos, é ignorada; em geral, a precisão com que o profissional trabalha é

o centímetro, incompatível com a precisão com que normalmente trabalha o profissional da indústria metalúrgica, que em grande número de casos de aplicações da argamassa armada, fica encarregada da produção de fôrmas, para pré-fabricação.

Ampliando-se a análise, obtém-se o resultado da figura F6.5.

O que se observa é que no caso o armador, ao adotar um ponto de partida no corte procurou manter, em "A" um fio, e em "B", deve ter ocorrido a primeira dobra.

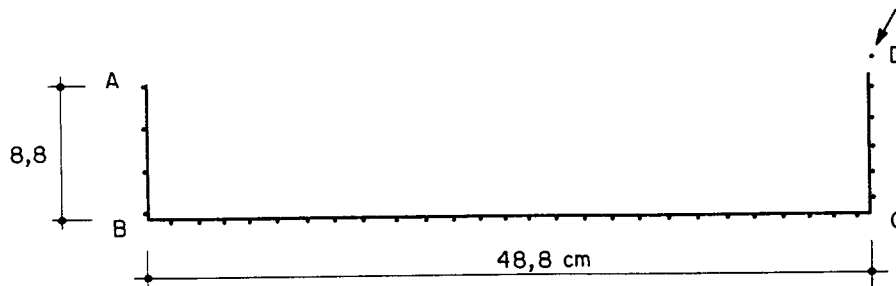


Figura F6.5

Em "B" é exatamente o local onde ocorre o ponto de intersecção do fio longitudinal da armadura com o fio transversal, local onde existem pontos de solda; nessa região o material é pouco dúctil e possivelmente ocorrerá em alguns fios transversais, a ruptura (visto que normalmente o raio de curvatura é muito pequeno).

Em "C", ocorre a terceira dobra, em posição intermediária dos fios longitudinais, aliás a melhor posição para se fazer esse dobramento.

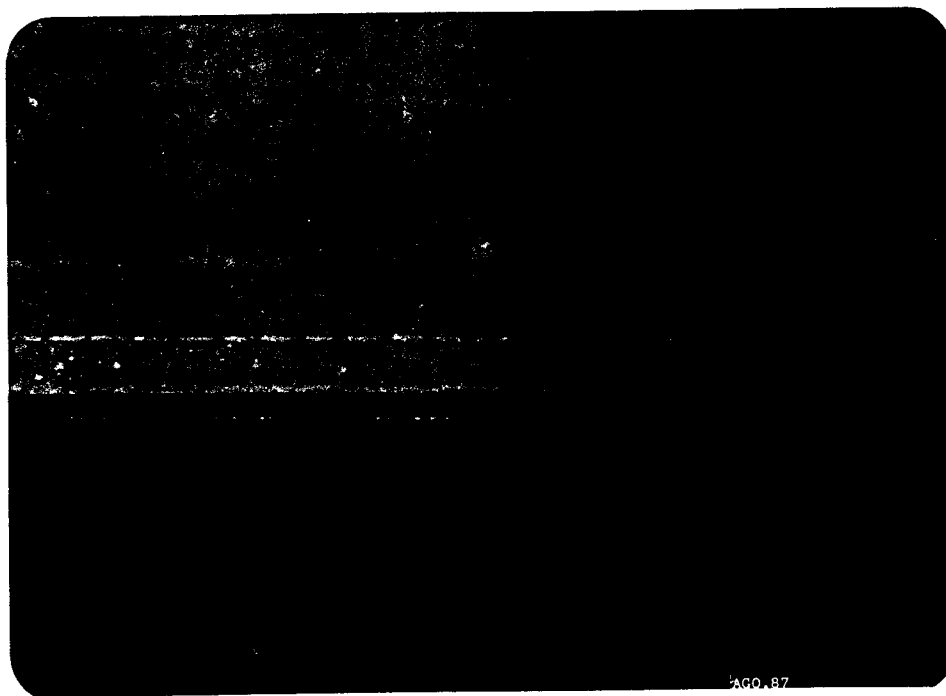
Em "D", observa-se que há a perda de um fio que poderá influir na resistência, principalmente se houver inversões de

esforços em alguma fase, desde a produção da peça até o seu estado em serviço.

A prática das indústrias metalúrgicas tem demonstrado que para o corte de chapas de pequena espessura, para posterior dobramento, deve-se descontar de sua dimensão, a partir da linha neutra, na forma final de dobramento, 1 vez a espessura da chapa por dobra a ser executada.

Tratando a tela como uma chapa constituída de vazios, para o caso do elemento em estudo, seu corte deveria ser feito com a seguinte dimensão: 66,4 cm - (1 x 1,9) x 2 dobras, produzindo-se a dimensão de corte de 62,6 cm. É fácil de se observar que a diferença de 3,8 mm ocorrida irá refletir em algum local, com o comprometimento do cobrimento da armadura.

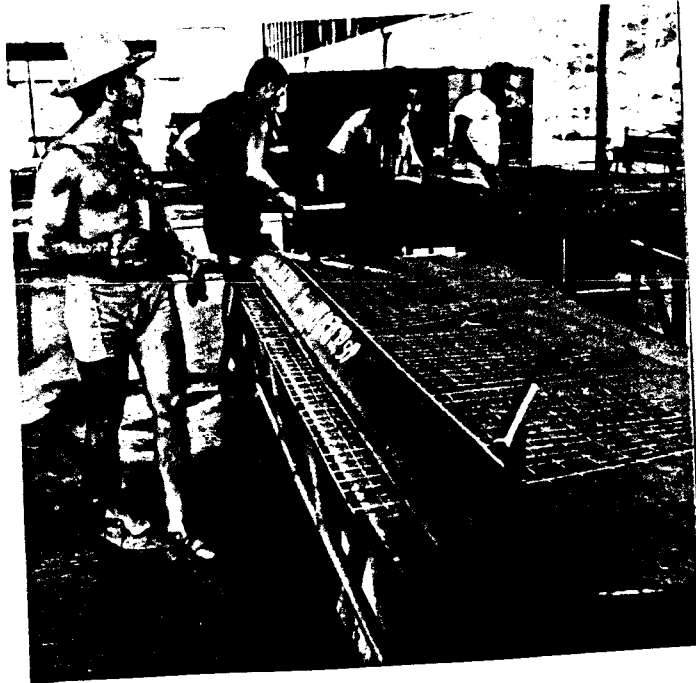
Na documentação fotográfica DF6.1 é apresentada a constatação do caso.



Documento DF6.1

Outra hipótese a ser analisada é um dos instrumentos de trabalho e medida do armador: sua escala.

O "metro de madeira" é a escala que normalmente o profissional está habituado a trabalhar e é uma ferramenta imprecisa diante do rigor que exige a tecnologia (vide documentação fotográfica DF6.2).



Documento DF6.2

Seguramente, pelo fato do desconhecimento desse refinamento que deveria ser adequado à tecnologia, nota-se, em muitos casos, afloramentos da armadura que resultarão em sua deterioração.

Esta é uma das questões que o projetista não deve ignorar, devendo o projeto ser detalhado a nível executivo, prevendo-se todas essas situações descritas, observando-se a característica da mão-de-obra que irá executar.

Uma outra hipótese seria a de admitir folgas em posições estratégicas, que culminariam por absorver essas imprecisões.

Nos arranjos com várias camadas de telas e armadura

complementar, há a necessidade de se fazer esses estudos para se obter eficiência no posicionamento da armadura, no que diz respeito às características mecânicas do elemento.

Falhas no projeto, ou falta de detalhamento, acarretarão improvisações no decorrer da obra, local nem sempre adequado para correção de erros.

A literatura tem reportado que grande parte dos problemas patológicos têm ocorrido exatamente naqueles pontos de difícil acesso ou controles.

Outra importante questão diz respeito à quantificação da armadura.

Tem-se observado em algumas aplicações uma não correspondência entre a quantidade de armadura projetada para determinado elemento em função da resistência da argamassa nas diversas idades.

Isso se prende ao fato das solicitações pelas quais passa o elemento durante a sua produção, estocagem, transporte, montagem e posicionamento final.

Só para exemplificar, supõe-se um elemento que será solicitado por um momento de $M = 9,36 \text{ kNm}$, admitindo-se uma argamassa com $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$, $b_w = 5 \text{ cm}$, $d = 23,25 \text{ cm}$; obtém-se por cálculo uma área de seção transversal de armadura $A_s = 1,24 \text{ cm}^2$.

Para o mesmo elemento, à idade tal que $f_{cd} = f (f_{ck}) = 24 \text{ MPa}$, resulta $A_s = 1,64 \text{ cm}^2$, que significa um acréscimo de 32% na armadura necessária.

Se $f_{cd} = 15 \text{ MPa}$, portanto haveria a necessidade de se alterar as dimensões da peça para considerá-la ainda no domínio 3, conforme as hipóteses de cálculo da NBR-6118.

A desconsideração de coeficientes de majoração de ações, no cálculo de solicitações a que estará submetida o elemento desde sua desforma (pequenas idades) e, em algumas situações desde sua confecção (solicitações às vezes difíceis de se precisar), poderá ocorrer, antes da utilização dos elementos, uma introdução

de problemas que resultarão em patologias futuras.

* * *

O fornecimento de telas pelos fabricantes é feito na forma de bobinas e painéis. Dessa forma as telas apresentam ora curvatura na direção longitudinal (bobinas), ora curvatura na direção transversal (painéis), sendo necessário para sua utilização, proceder seu desempenho.

Há casos de trechos de telas que apresentam ondulações localizadas, nas duas direções, oriundas de repuxos diferenciais, provenientes do processo de fabricação.

Cuidados redobrados devem ser tomados nesses casos, e dependendo da aplicação que se fizer e da intensidade dessas ondulações, deverá se proceder a rejeição do lote de telas.

As telas compostas por fios de pequeno diâmetro (< 3 mm), em geral são pouco rígidas, quando utilizadas em grandes dimensões.

Quando utilizadas em peças com curvatura simples, é possível posicioná-la mais facilmente do que no caso de aplicações em superfícies planas.

Já no caso de superfícies planas de pequena extensão, o cobrimento é em geral facilmente controlável.

Têm sido observados em alguns projetos problemas oriundos dessa natureza, com telas de fios de diâmetro até 3mm, porém em grandes superfícies. Há um comprometimento do cobrimento, com afloramento da armadura, principalmente nos casos onde a moldagem se dá com fôrma de um dos lados apenas.

A especificação de cobrimentos da ordem de 5 ou 6 mm, com tolerância de 2 mm não resolve o problema (como controlar essa tolerância em peças de grandes dimensões?), recaindo-se no caso inicial.

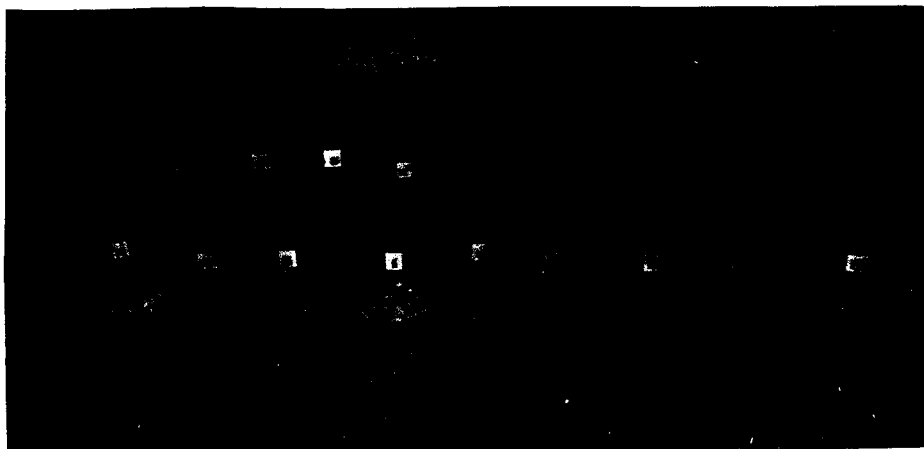
Há que se formular um processo de execução e arranjo da armadura, tal que os desvios máximos ocorrentes sejam de 2mm. Trata-se de dar um outro enfoque à produção dos elementos.

Uma técnica possível de ser empregada para contornar o

problema é a de se utilizar de uma armadura complementar rígida, com espaçamentos maiores entre fios, quando comparadas com as telas normalmente empregadas, a qual poderá ser levada em conta no cálculo ou ter a função meramente construtiva, onde se fixarão aquelas outras telas.

O Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS) apresenta em seus catálogos as telas tipo "L" e "T" para aplicações em estruturas de concreto armado, que perfeitamente se adaptam a um grande número de casos.

Na documentação fotográfica DF6.3 pode ser observado o problema.



Documento DF6.3

Esses testemunhos foram retirados de elementos de grandes superfícies planas, em regiões comprimidas, visualmente íntegras (outros problemas também observados foram comentados nos capítulos anteriores).

Tem-se notado ser um vício dos calculistas a constante preocupação com forças e quantidades mínimas de materiais em elementos resistentes, com o intuito de se alcançar economia.

Conforme comentado anteriormente, baixo custo não significa menor custo direto e sim custo-benefício apropriado. A literatura está repleta de orientações do tipo ..."dimensionamento econômico"... (é claro que um veterano de escritório saberá identificar a profundidade da frase), e isso tem causado uma série de problemas; são poucos os escritórios de projeto e cálculo onde são exigidas (ou previstas) visitas técnicas às obras para avaliação das dificuldades de se fazer o concreto com concreto (o que é aplicável à argamassa armada também).

Ao se adotar uma armadura complementar com a finalidade de enrijecer a armadura principal, muitos problemas poderão ser evitados, podendo-se facilmente controlar o cobrimento da armadura a partir de elementos mais rígidos.

Outra falha observada em projetos que também culmina em problemas posteriores, refletidos na produção, é onde existem traspases de armadura.

Normalmente os desenhos apresentam detalhes da disposição de armadura nas regiões mais solicitadas, não se verificando os detalhes dessas armaduras na região de traspasse e sim apenas detalhes de traspasse mínimo desejado e, é ali que podem ocorrer problemas.

De outra forma haverá a possibilidade dos arranjos propostos da armadura não ocorrer e isso poderá ocasionar uma condição de sobreposição de fios que inviabilizarão as espessuras propostas.

Assim um cobrimento teórico adotado em uma peça em torno de 6mm, na prática poderá ser impossível de se alcançar, devido à inexistência de folgas entre as telas. Essa inobservância em projeto culmina, seguramente, em afloramentos da armadura ou engrossamento da espessura pré-estabelecida em projeto.

Outra falha observável em projetos está relacionada com os

dispositivos de fixação das telas que compõem a armadura.

Essa fixação é feita geralmente com a utilização de arame recozido, com técnica oriunda do concreto armado, onde os cobrimentos são maiores (aliás, HELENE-1986, já se preocupa com o fato também no concreto armado), podendo surgir protuberâncias.

Tem-se observado a ocorrência de pontos protuberantes com até 10mm e que mais tarde constituem locais de penetração de elementos agressivos pois, com a oxidação desses fios (essa oxidação se dá com expansão), ocorrem lascamentos localizados culminando com a perda de proteção da armadura; o processo irá ter continuidade, atingindo a armadura principal (próxima à superfície), comprometendo todo o elemento estrutural.

Esse problema pode ser contornado facilmente, com o dobramento desse arame de fixação, para o interior da armadura.

Mesmo assim, esse arame de amarração, quando duplo, produz espessuras adicionais em alguns casos, de até 3mm, fato que não deve ser desconsiderado.

Outro problema é o da utilização de aços diferentes ou uma armadura com proteção adicional, como a galvanização, cria-se a diferença de potencial pela heterogeneidade instalada.

Esse problema foi notado naqueles reservatórios de água com paredes em abóbadas, mencionado no capítulo V, onde se utilizou parte da armadura constituída por tela soldada e parte por tela hexagonal galvanizada, com afloramentos superficiais, ocasionando em primeira instância a corrosão do zinco e posteriormente criando situações de heterogeneidades favorecendo a deterioração completa da armadura.

* * *

Quando a produção de elementos se dá em grande número de peças, é comum notar que o preparo da armadura é feita em escala industrial, procedendo-se sua estocagem até a sua aplicação

definitiva.

Em vista do fato de nem sempre a empresa projetista ser a empresa executora da obra, todo projeto deve conter recomendações traduzidas na forma de um memorial executivo (pelo menos no atual estágio em que se encontra a tecnologia), visto que a maioria das empresas realizadoras não estão cientes das especificidades da argamassa armada.

Todo processo pelo qual passa aquela armadura, com transporte, estocagem, manipulações, etc, pode deformá-la antes de sua aplicação.

Ao ser aplicada, principalmente nos casos onde existem apenas fôrma em uma das faces, pequenos desvios oriundos da manipulação dessa armadura irão ocasionar um possível comprometimento no cobrimento (se não houver fiscalização competente) ou requerer ajustes que culminam em elevações de custos de fabricação.

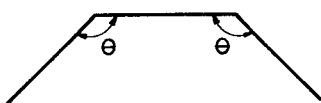
Na figura F6.5 apresenta-se um exemplo de desvios da situação de projeto, ocorrente na execução, acarretando posteriores problemas patológicos.

Esse problema poderá ser minimizado com a adoção de gabaritos de conferência a ser utilizado exatamente no instante de aplicação da armadura, ou então com a avaliação, dependendo do número de peças a serem elaboradas e do ritmo produtivo, de uma quantidade suficiente de armaduras estocadas, por meio de gabaritos.

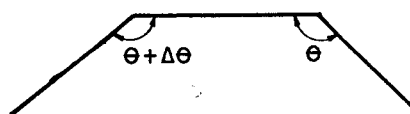
Tem-se notado em alguns projetos, que a adoção de grandes cobrimentos, embora com o intuito de prover uma proteção adicional à armadura, ou na hora da execução não se controlar a espessura do elemento e/ou o posicionamento da armadura, tem levado ao aparecimento de fissuras em posições imprevisíveis.

Esse problema é observável nas regiões tracionadas devido a um excesso de espessura proveniente nas fases projetuais e/ou executivas.

Observa-se que quando o elemento for solicitado haverá uma tendência de retificação da armadura e poderá ocorrer concentrações de tensões, originando momentos em pontos localizados, originando fissuras que, em alguns casos, poderão ser de grandes aberturas e profundidades. Na figura F6.6 é exemplificada a situação, constatada em ensaios de laboratório.

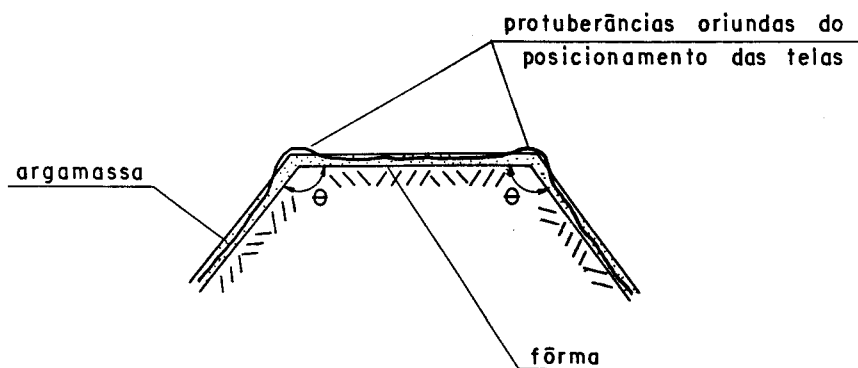


a) situação teórica



Deformação ocasionada pela manipulação e estocagens.

b) situação prática
(aplicação)



c) Estado pós-execução
Figura F6.5

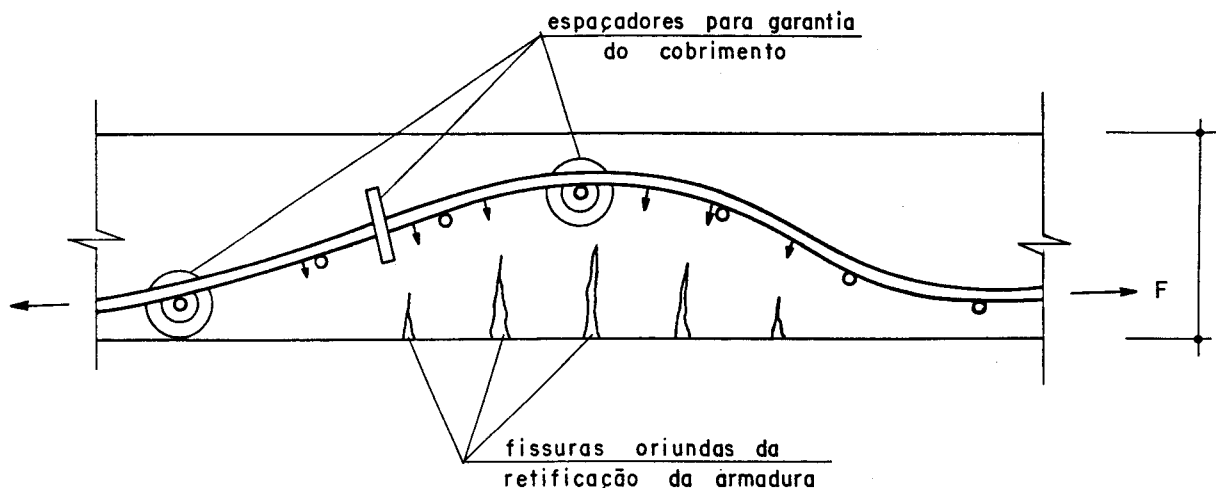


Figura F6.6

6.3 - COMENTARIOS SOBRE AS TECNICAS EMPREGADAS NA CONFECCAO DE ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA

Várias são as técnicas que vêm sendo empregadas na produção de elementos de argamassa armada.

Toda a indústria da construção civil, no que tange à tecnologia do concreto armado, encontra-se bastante desenvolvida, havendo uma gama enorme de equipamentos à disposição para a produção dos concretos, um contingente de técnicos familiarizados com a tecnologia, uma mão-de-obra, embora cercada de conceitos empíricos, porém apta à discussão de alguns parâmetros de projeto e de execução, mesmo nas obras onde o controle estabelecido em projeto não seja rigoroso.

Diante das especificidades da argamassa armada, principalmente diante da necessidade de se produzir elementos com desempenho satisfatório, esbeltos ao extremo, onde o conceito de controle rigoroso torna-se tão forte, essa realidade é outra.

Conforme estabelece ORLANDI(1983), já no "estudo preliminar" de determinado projeto, além da concepção da obra, a sua viabilidade e exequibilidade, as diretrizes e restrições, os objetivos e alternativas, deverão ser tratadas.

A grande versatilidade de se produzir peças com as mais variadas formas, aliás uma característica bastante específica da argamassa armada, deve levar o projetista a fazer análises constantes de sua viabilidade técnica e econômica, aliada ao processo produtivo.

Não se pode pensar em grandes investimentos em fôrmas quando o número de elementos a realizar não for compatível com a demanda mínima necessária para amortizar o investimento.

Por outro lado, há casos onde o investimento em fôrmas se faz necessário, porém essas situações devem ser interpretadas como casos especiais. É preciso bom senso!

Há situações porém onde a fôrma praticamente inexiste, como em muitos casos de construção de embarcações, cúpulas, coberturas esféricas, etc.

Embora a técnica de execução sem uso de fôrmas possa ser considerada artesanal, há diferenças em sua elaboração.

Em processos mais rudimentares, comum nos países asiáticos, após a execução de todo o esqueleto de sustentação, com barras ou pequenas peças de madeira, é aplicada toda a armadura, composta por fios e barras, a seguir revestida com um grande número de telas entrelaçadas, superpostas, até se ter a condição de malhas de pequenas aberturas, limitadas pelas dimensões dos agregados, procedendo-se a seguir sua argamassagem de maneira manual, dispondo-se de pequenos anteparos na face oposta, sendo elaborado posteriormente o sarrafeamento e desempenamento.

Em outras aplicações, já com um processo mais elaborado, após a montagem de toda a armadura, o lançamento e adensamento da argamassa é feito através de equipamento de projeção, utilizando-se na face oposta também anteparos móveis, deslocados

concomitantemente com a projeção. Após uma primeira aplicação da argamassa, procedem-se outras aplicações até o revestimento total da armadura.

Não se fará outros comentários sobre a utilização de técnicas para esses fins, visto que não há dados de inspeções para para avaliações mais profundas.

Dentro desse processo pode ainda ser notada a execução de elementos estruturais, com alta densidade de armadura e doses elevadas de cimento, executados essencialmente de forma rudimentar, com ferramentas simples (denominada por DIOGENES, no Brasil, como ferrocimento), utilizada na região do estado do Ceará. De acordo com DIOGENES, a tecnologia tem atendido aquelas necessidades da região e demonstrado ótimo desempenho dentro da vida útil estabelecida.

6.3.1 - EXECUÇÃO COM FORMAS PARCIAIS

Será aqui considerado como fôrmas parciais aquelas que não estabelecem contato em todas as faces do elemento produzido.

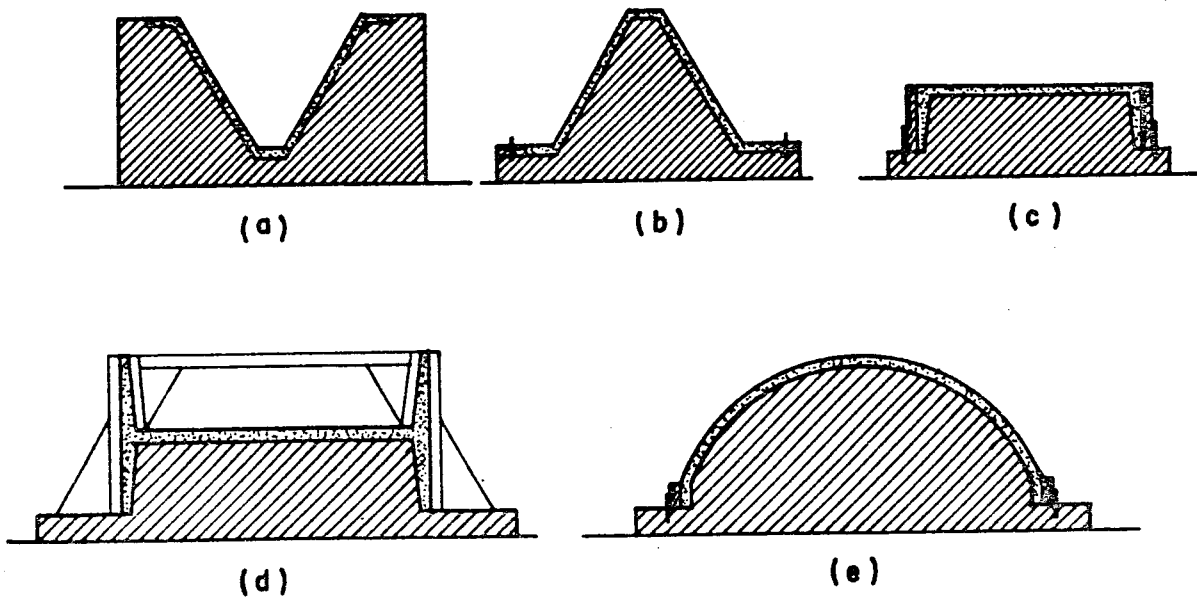
Essas fôrmas são comumente elaboradas em chapas de aço, em alvenaria (fixa), ou em madeira compensada resinada ou plastificada, revestida ou não com chapa fina de aço.

Na documentação fotográfica DF6.4 é apresentada a fôrma utilizada na elaboração de uma das coberturas inspecionadas.

Na figura F6.7 são apresentados alguns esquemas típicos de outras aplicações práticas.



Documento DF6.4



ESQUEMAS TÍPICOS DE FÔRMAS DE ALVENARIA

Figura F6.7

A seguir se fará uma série de comentários sobre cada uma dessas aplicações necessárias ao conhecimento do projetista.

a) FORMAS FIXAS

Ao se projetar determinado elemento para moldagem em fôrmas fixas, parciais, alguns cuidados deverão ser observados.

Primeiramente a fôrma do elemento deverá ser tal que:

- permita acesso da argamassa durante o seu adensamento a todos os pontos;
- se tenha um ângulo máximo, nos segmentos inclinados, de 30° em relação a horizontal e/ou plano de aplicação da argamassa;
- seja evitado o aprisionamento de ar.

Além disso outros cuidados devem ser tomados:

- no caso de fôrmas de alvenaria, deve-se elaborar um capeamento da alvenaria com argamassa de boa qualidade, eliminando-se sua rugosidade o máximo possível, através de tratamento superficial, estabelecendo sua planicidade ou curvatura com gabaritos deslizantes, e corrigindo pequenas imperfeições com o auxílio de massa plástica, por exemplo;

- aplicar sobre a superfície pintura à base de epóxi, óleo mineral, cera caseira derretida ou parafina;

- prever locais para remoção dos elementos;
- dotar a fôrma de dispositivos de fixação da armadura;
- prever gabaritos deslizantes para controle do posicionamento da armadura e da espessura da argamassa;
- utilizar réguas ou gabaritos de sarrafeamento vibratório.

b) FORMAS MOVEIS

No caso de elaboração de elementos com fôrmas móveis há alguns aspectos a considerar:

- quando se tratar de execução de elemento de uma só vez,

essa fôrma deverá ter rigidez suficiente para evitar fissuras no elemento ainda nas pequenas idades;

- quando a execução for efetuada com remoção e transporte de fôrma para execução de trechos imediatamente adjacentes (no caso da moldagem "in loco"), além da rigidez, a fim de obter sua continuidade, o elemento adjacente deverá ter sua temperatura continuamente controlada, inclusive durante a cura, até que se tenha resistência adequada, evitando-se assim deslocamentos relativos entre a argamassa fresca e a endurecida, proveniente da variação de temperatura, evitando-se o aparecimento de fissuras;

- a fôrma deverá permitir uma desmoldagem suave, em idade adequada, prevendo-se em projeto uma resistência suficiente para suportar o seu peso próprio, e quando houver possibilidade de colagem, as sobrecargas advindas de sua remoção;

- controlar, na pré-moldagem, sistematicamente, as dimensões das fôrmas.

6.3.2 - EXECUÇÃO COM DUPLA FORMA METALICA

O uso de dupla fôrma metálica, é muito frequente nos sistemas de pré-fabricação e pré-moldagem.

Alguns cuidados são necessários no controle de moldagem nesses casos:

- a argamassa deverá ser convenientemente estudada para cada caso, em função da taxa de armadura utilizada, espessura do elemento, processo de aplicação da argamassa, sistema de adensamento utilizado, etc;

- a trabalhabilidade nesses casos poderá ser fixada através de ensaios de consistência, feitos nas condições de aplicação e, deverá apresentar um fator $K = 200\text{mm}$ (mesa de consistência) no mínimo. Quanto às formas, elas devem atender o seguinte:

- ser suficientemente rígidas para permitir manipulações com transporte, moldagem e desmoldagens;

- ser estanques;
- preferencialmente sem cantos vivos com ângulo de 90°;
- deverão ser previstos, antes do transporte, os pontos de "pega" e adotados reforços localizados;

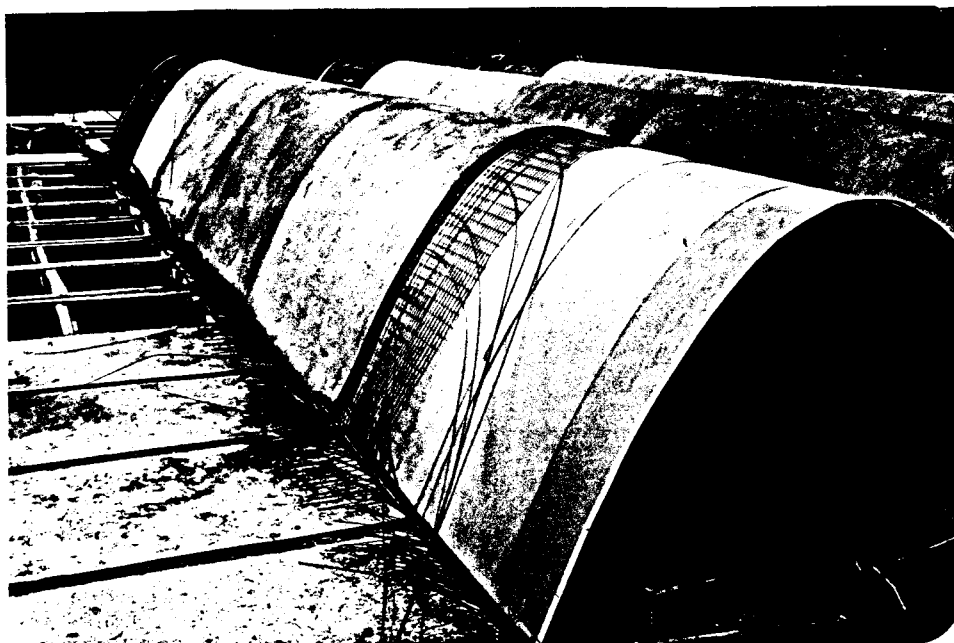
- deve-se prever, no mínimo, 500 reaproveitamentos ou, ser justificada sua utilização com aplicações inferiores a esse número;

- deve ser projetada de tal forma que quando da argamassagem não se dê origem ao aprisionamento de bôlhas de ar ou, quando se esteja diante de situação especial, deve-se prever, durante o processo de adensamento rotações no elemento com a finalidade de preenchê-lo adequadamente, permitindo a eliminação do ar aprisionado;

- deve permitir desformas suaves;

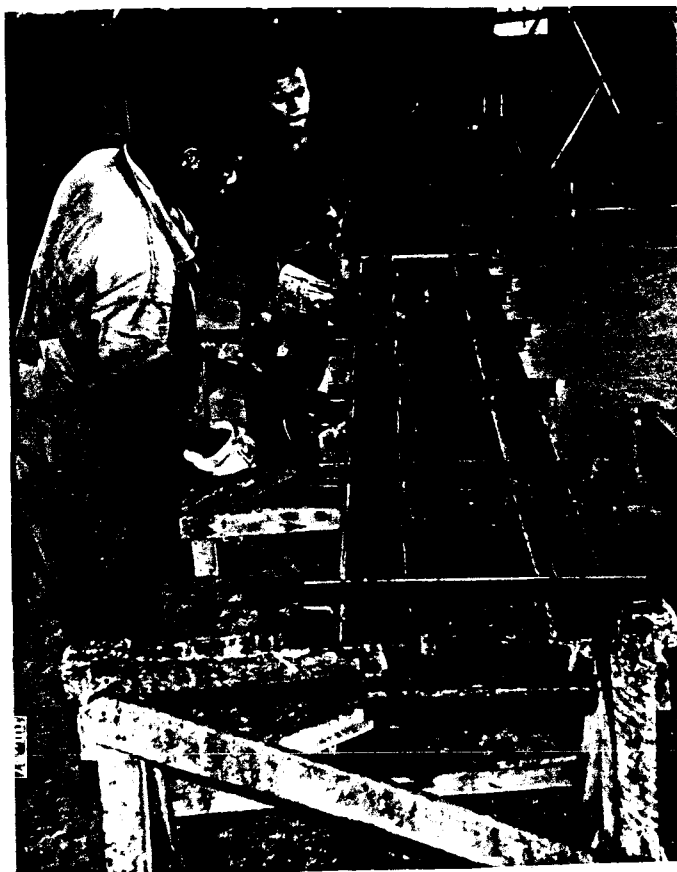
- periodicamente deverão passar por processo de manutenção.

Na documentação fotográfica DF6.5 e DF6.6 são apresentados alguns problemas de execução, que poderiam ser previstos no projeto e, problemas com desforma por despreparo de operários.



COBERTURA EXECUTADA COM FORMA COM MATERIAL ABSORVENTE

Documento DF6.5



Documento DF6.6

6.4 - OUTRAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DA ARGAMASSA ARMADA

Observou-se em algumas obras a ocorrência de problemas, quer pela exposição da armadura, quer pelo uso indiscriminado de aditivos à base de cloreto de cálcio e, também, pelo efeito combinado de ambos, aliado à condição de uma argamassa com baixa compacidade.

A técnica da pré-moldagem, bem como a da moldagem "in loco", têm sido muito empregada em vários tipos de obras.

Os elementos pré-moldados de pequeno porte, executados com fôrmas metálicas (duplas ou simples) se aproximam muito de uma produção industrializada.

Os elementos de grande porte foram produzidos com fôrmas de madeira, revestidas com chapa de aço ou fôrma com chapas de aço

de pequena espessura (da ordem de 2,66mm) reforçadas com madeira e/ou perfis de aço.

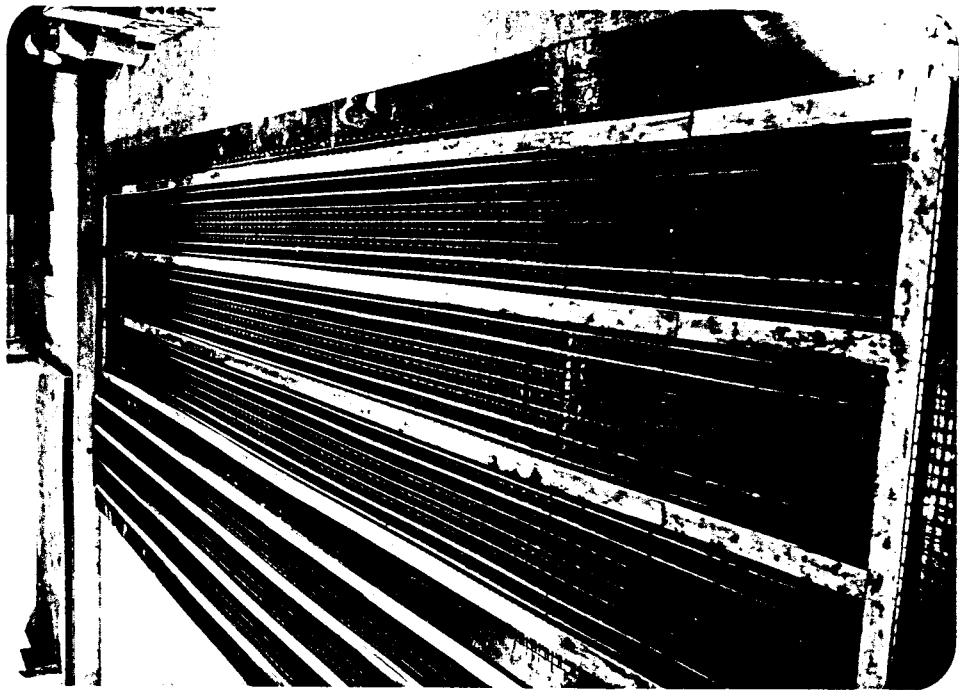
Uma outra técnica simples de produção utilizada e que pode apresentar resultados tão bons quanto outros processos mais elaborados e, realmente criar a condição de uma produção alternativa de fato, é a técnica por dobradura (alguns a denominam de "passo-a-passo") e não podem ser confundidas com técnicas artesanais rudimentares e empíricas utilizadas em algumas construções.

A técnica da dobradura tem apresentado bons resultados; o processo é feito pela dobradura de segmentos para se alcançar a característica geométrica final do elemento, com posterior execução das juntas. Insere-se também nessa técnica a execução de placas, pré-moldadas, com concepção idêntica a da técnica de dobradura, que normalmente tem sido utilizada na construção de reservatórios enterrados, piscinas, etc.

A técnica da dobradura prevê a utilização de equipamentos simples, normalmente utilizados na tecnologia do concreto armado, e elimina uma série de inconvenientes relativos ao posicionamento da armadura difusa contínua, além de propiciar a execução de elementos extremamente leves, com finalidades estruturais diversas; pela sua simplicidade, torna-se realmente alternativa àquelas outras técnicas correntes.

A técnica da produção por dobradura consiste no desenvolvimento de superfícies complexas em um plano horizontal, com a criação de juntas estrategicamente estabelecidas, que serão pontos de dobramento do elemento.

Para ilustrar o processo, apresenta-se a documentação fotográfica DF6.7 e DF6.8, AGNESINI(1989), da construção de pequenas pontes destinadas à transposição de córregos em cidades e estradas vicinais.



Documentos DF6.7 e DF6.8

A execução de elementos dessa forma permite a eliminação de espaçadores internos com a finalidade de propiciar cobertura adequado da armadura, além da facilidade de aplicação da argamassa e seu adensamento adequado, com equipamentos simples e eficazes, permitindo o uso de um grande número de fôrmas, também de uma maneira simples, o que leva a grandes reaproveitamentos (no caso de fôrmas de madeira), proporcionando inclusive facilidade para se proceder a cura (possível por inundação, ou por qualquer outro processo).

Na aplicação exemplificada na documentação fotográfica DF6.7 e DF6.8, não se observou qualquer fissura de retração ou fissuras naquelas regiões de ligação das argamassas "nova e velha", após um período de exposição de 2 anos, e mediu-se uma espessura de carbonatação que não atingiu a profundidade de 1mm, atestando um bom desempenho da técnica executiva.

Naquelas regiões de rejuntamento, para a eliminação dos problemas de juntas frias, a aplicação de uma argamassa de alta qualidade, tem-se mostrado eficiente também em outras aplicações.

Nos ensaios de tração na flexão daquelas juntas elaboradas por AGNESINI (1989), o rejuntamento com argamassa de qualidade, adensamento adequado e cura eficiente, demonstrou ser eficaz, visto que a ocorrência de fissuras deu-se fora da interface entre as argamassas de diferentes idades.

Em algumas aplicações, com moldagens "in loco" de grandes trechos planos, tem-se observado resultados dispersos, ora adequados, ora de péssima qualidade. Isso se deve, na maioria dos insucessos, à falta de treinamento da mão-de-obra, a superfícies mal adensadas e insuficientemente curadas, à possível utilização de aditivos à base de cloretos, ou então, de argamassa pobre aplicada em superfície não tratada.

Há casos em que os resultados têm sido excelentes, com desempenho satisfatório, em aplicações com mais de 15 anos.

* * *

Outro processo produtivo que desponta é a industrialização que pressupõe que um determinado projeto seja executado prevendo-se a modulação e aproveitamento de elementos produzidos em série.

A produção industrializada de sistemas é realizada com uso de técnicas de pré-moldagem de elementos. É a forma mais utilizada no Brasil para a produção da argamassa armada, conforme desenvolvimento feito por um dos pioneiros da argamassa armada no Brasil: Arqº João da Gama Filgueiras Lima (Lelé)

A proposta feita pelo Arqº. Lelé é "sui generis", por partir da hipótese de que é possível produzir elementos leves que, conjugados, formam até, em alguns casos, elementos de grande porte, dispensando na maioria das vezes grandes equipamentos.

Os elementos são produzidos, na maioria das vezes, com fôrmas duplas metálicas, permitindo a execução de formas das mais complexas.

Observam-se alguns problemas em alguns elementos, já comentados, em função da forma produtiva, porém, ainda assim, a situação é plenamente superável.

Em geral, existem mais acertos que erros e não se pode desconsiderar a evolução dos processos, que não são estáticos; a troca de informações nesse caso torna-se importante e ocorre de forma tão rápida que, conforme depoimento de CASANAS(1986), o detalhe final de desenho às vezes surge posteriormente aos acertos de produção dos elementos.

Quem já conviveu dentro de uma indústria sabe que isso faz parte do dinamismo por que passa um processo dentro de uma produção industrializada.

Os projetos são detalhados ao máximo, prevendo-se todas as etapas construtivas e aplicativas; porém, podem ocorrer alguns problemas, por exemplo, na produção de fôrmas, retornando então o detalhe para ser otimizado a nível de projeto.

Tem-se observado, principalmente nos elementos com espessuras iguais ou inferiores a 20 mm, executados com duplas

fôrmas metálicas, a ocorrência de fissuras na posição da armadura, conforme se mencionou no Capítulo IV.

6.5 - A CURA DE ELEMENTOS DE ARGAMASSA ARMADA

GIAMUSSO(1988) cita alguns casos observados, relatados nos encartes "Casos...Concretos..." que vale a pena citar, e deve ser entendido não como anedotas, mas como realidade observada:

- cita que em uma determinada palestra, sob determinado processo construtivo, o palestrante ao ser inquirido sobre o processo de cura respondeu: "Essa questão é o que menos nos preocupa, pois nós fazemos o concreto com bastante excesso de água. Mesmo que se perca muita água por evaporação não vai faltar para a hidratação do cimento";

- palavras de um gerente de central de concreto: "Eu não acreditava nesse negócio de cura mas mandei preparar duas séries de corpos de prova, rompi uma depois de curada na câmara úmida e a outra exposta ao ar. A diferença para menos foi mais de 30% em relação ao obtido em câmara úmida";

- palavras de um mestre-de-obra a respeito da cura: "era bom que o concreto tomasse bastante sol para secar bem e endurecer melhor", etc.

A despeito da manutenção de uma cura adequada, pela desconsideração da importância nessa fase construtiva, fatos como esse tem surgido à miúdo.

Muitas micro-empresas têm surgido atualmente onde seu proprietário não tem e nunca teve ligação com a construção civil, observando-se mais o papel de especulador que o de construtor. Os desastres estarão por acontecer em futuro próximo.

Para se elaborar a argamassa armada com boa qualidade, além das precauções mencionadas e discutidas nos itens anteriores, a argamassa deverá ser convenientemente dosada e compactada, e, principalmente, durante a fase de pega e endurecimento, deve-se

propiciar condições adequadas de umidade e temperatura para que as reações de hidratação se realizem, evitando-se a formação de fissuras que causarão patologias posteriores, além de uma diminuição na resistência mecânica do elemento, e também uma perda de resistência aos agentes agressivos.

LERCH(1957) citado por HELENE(1986), afirma que a perda de água superficial do concreto pode alcançar valores de 0,5 kg de água por hora por m² de superfície exposta, estando o concreto a 21°C, com UR de 50% e vento de 4,5 m/s (16 km/h). Para UR de 90% essa perda cai a 0,1 kg apenas. Com UR de 70%, ao passar de 21°C para 38°C, pode-se ter um aumento de 0,3 a 0,9 kg de água perdida em um m² por hora. Essa evaporação precoce, em geral, alcança profundidades de até 10cm e, no caso da argamassa armada isso seria catastrófico!

Se a estrutura estiver em ambiente seco, pode faltar água necessária à hidratação completa do cimento (principalmente quando for cimento POZ e AF).

WILDER & SPEARS (1981) recomendam que duas condições para cura são requeridas:

- presença de umidade e,
- temperatura favorável (10°C a 21°C).

Durabilidade e resistência adequadas, citam ainda, no caso de obras de concreto destinado a obras sanitárias, são em geral alcançadas com 7 dias de cura sob essas condições favoráveis. Mencionam ainda que, no campo, frequentemente essas condições não são atendidas em vista da variação de temperatura e, então, essa cura deve ser prolongada. Citam, ainda, que temperatura elevada no concreto (38°C) não é favorável à cura.

O boletim CETESB-04.001, recomenda, que no caso de concretos compostos de cimentos AF ou POZ, a cura deverá ser no mínimo de 14 dias consecutivos e, que a água utilizada na cura deverá estar à temperatura de mais ou menos 10°C em relação à temperatura da superfície de concreto, para se evitar choque térmico.

O boletim SABESP-000/000/EST-001-R1, não faz recomendação para a cura normal, porém no caso de cura a vapor a temperatura deverá estar entre 37°C e 65°C e, o tempo de cura não deve ser inferior a 6 horas.

Tem sido recomendado na produção da argamassa armada que a cura se dê, no mínimo, por 7 dias; porém, em alguns casos observou-se que a cura deu-se por 1 dia apenas e em outros casos criou-se situações em que a perda de água foi facilitada, o que acarreta estados patológicos.

De acordo com o CEB, a cura do concreto armado deve ser realizada de forma contínua por um tempo mínimo suficiente tal que se atinja, no mínimo, 70% da resistência especificada no projeto.

Outros fatores poderão influenciar no tempo de cura, como o tipo de cimento empregado, condições de exposição, ação do vento, do sol, etc.

Dentro da produção de elementos de argamassa armada com o cimento ARI, onde se observa uma reação forte nas primeiras idades, sua utilização quando a cura se dá por imersão das peças, imediatamente após sua argamassagem, mesmo com altas doses de cimento, não se tem notado problemas, muito pelo contrário, as características superficiais (textura) conferidas aos elementos moldados com esse tipo de cimento tem um aspecto muito melhor que aquele, quando se utiliza o cimento portland comum.

Na Tabela T6.1, é apresentado o tempo mínimo de cura na caso de cura em ambiente marinho.

Tipo de cimento	Tempo de cura (dias)	
	protegido	não protegido
Portland comum	7	10
Siderúrgico	10	15
Pozolânico	20	30

Tabela T6.1 - FONTE: TEZUKA(1988)

HELENE(1986) cita que se a cura for feita por aspersão é desejável que ela se dê por 30 dias no mínimo.

O Arqº. JOÃO DA GAMA FILGUEIRAS LIMA, em palestra proferida em 1986, a respeito da industrialização da argamassa armada no Brasil, cita que "...Logo de saída, um dos problemas colocados na produção de peças em grande escala foi a cura, devido aos problemas de retração de uma argamassa muito rica. Foram feitas várias experiências, inclusive com areia umedecida, e a de melhor resultado foi a cura submersa em água. Tal sistema é utilizado até hoje, na fábrica de escolas do Rio de Janeiro" e, em quase todas as execuções industrializadas.

E comum ser observado tanto em obras de concreto armado, quanto naquelas de argamassa armada, quando a cura não se dá por imersão, que o profissional escalado para cuidar dessa fase normalmente é a pessoa menos qualificada da obra, isto é, o servente e, normalmente, o menos produtivo.

Dada a impossibilidade de explicar a esses profissionais detalhadamente e tecnicamente a importância daquela atividade, ele recebe a informação de que é preciso manter úmida a superfície do elemento.

Tem-se observado que uma das técnicas consiste em cobrir o elemento a ser curado com sacos de papel ou mantas de espumas mantendo-os constantemente úmido, o que não acontece em algumas vezes, e então o que se nota é que há uma perda de água do elemento, contribuindo assim para piorar a situação.

De outra forma, tem-se observado recomendações, no caso da argamassa armada, de se cobrir o elemento com plástico, logo após a sua execução, para se evitar a perda de água. O processo é discutível, há fatores a observar, como a manutenção de temperatura adequada.

Outra técnica consiste em encher o elemento com água, após uma certa idade, quando o elemento apresente características geométricas que permita essa técnica.

Trata-se também de uma técnica discutível pois, em uma das faces, a cura não irá se processar de forma adequada, a menos que o elemento seja poroso (o que é inadmissível considerar).

Outros problemas advindos de uma cura deficiente são mencionados na literatura: perda de resistência, aumento da fluência, indução de situações não previstas em projeto, risco de ruína, etc.

6.6- CONSIDERAÇÕES SOBRE A COMPACIDADE DA ARGAMASSA

Diante das várias técnicas utilizadas para sua produção, o adensamento tem-se processado de diversas maneiras.

Tem-se notado que para um mesmo elemento, diversas compacidades são obtidas, principalmente naqueles locais de difícil penetração da argamassa.

O maior problema ao que parece, está relacionado na fixação da trabalhabilidade desejada ou, sua alteração ao longo do tempo.

Nas aplicações mais elaboradas, em grande escala, a situação é melhor analisada.

Em outras situações, o usuário da tecnologia tem seguido algumas informações obtidas exclusivamente em laboratório e oriundas de ensaios específicos e inaplicáveis em algumas condições de campo. Esse descontrole da situação leva à elaboração de múltiplas argamassas para um mesmo elemento.

Os efeitos notados, por exemplo, são: uma carbonatação precoce ou de grande profundidade, alta permeabilidade, desagregação superficial ou até mesmo total, movimentações da armadura no estado fresco originando um comportamento diferente de um "concreto armado".

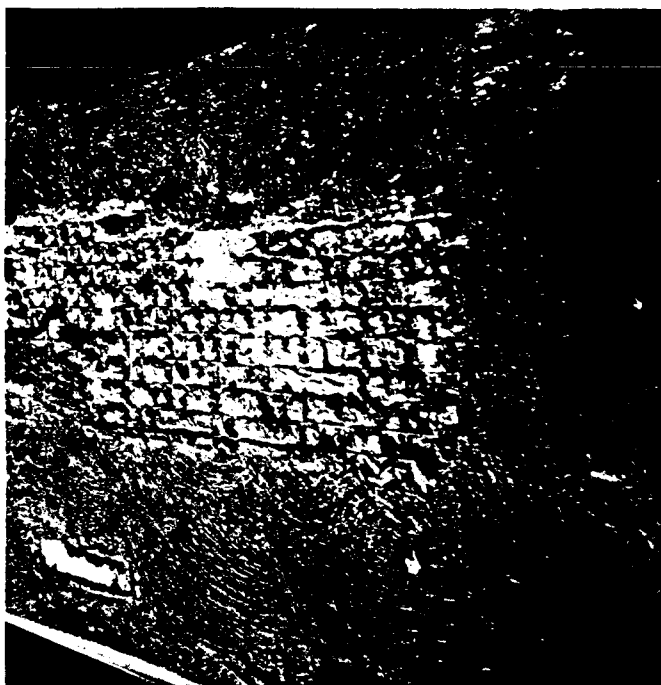
O Arq^o. João da Gama Filgueiras Lima tem feito várias experiências com os equipamentos existentes de adensamento em função da técnica produtiva e, há indícios que os equipamentos vibratórios de alta frequência têm apresentado melhores

resultados.

Cabe ressaltar aqui também que, em muitas obras, o equipamento de adensamento utilizado foi improvisado e em muitas obras onde se utilizou a pré-moldagem e/ou moldagem "in loco" as observações feitas indicaram uma heterogeneidade da argamassa em um mesmo elemento.

Assim é explicável que o mal resultado pode ser mais facilmente detectável num processo seriado e rapidamente corrigido (uma das principais vantagens do sistema industrializado frente aos outros sistemas produtivos).

Na documentação fotográfica DF6.9 é salientada essa ocorrência.



Deficiências de adensamento observado em obra executada
com elementos pré-moldados
Documento DF6.9

Diante dos fatos, é possível estabelecer uma série de recomendações para se obter uma argamassa com uma boa compacidade

e para que haja uma correspondência entre amostragem e característica da argamassa aplicada:

- para cada série de um mesmo elemento, a forma produtiva deverá ser analisada;

- estabelecer a trabalhabilidade, através de um ensaio de consistência, para cada caso;

- prever a influência do tipo de cimento, aditivos, taxa de armadura, temperatura, etc, em cada caso;

- os lotes de argamassa para devidos controles, não devem ultrapassar a 1 m³, visto que se observam situações em que essa quantidade é suficiente para gerar uma grande quantidade de elementos com características variáveis;

- em situações especiais, o limite de 1 m³, poderá ser aumentado;

- o tempo decorrente entre a elaboração da argamassa e a total moldagem do elemento não deve exceder, como medida de segurança, principalmente nas grandes dosagens de cimento, a 20 minutos, devendo-se ter a partida de argamassa convenientemente estudada em função do número de peças a executar;

- as fôrmas no instante da aplicação da argamassa deverá estar com temperatura igual à da argamassa;

- as argamassagens deverão ocorrer, preferencialmente, à sombra, protegidas dos ventos, etc.

- imediatamente após as argamassagens, deverá se proceder sua imersão em água ou sua total inundação;

- no caso da utilização de aditivos, esse tempo deverá ser avaliado;

- admite-se outros sistemas vibratórios de eficiência comprovada;

- não se deve permitir acabamento superficial, manual, com espessuras superiores a 2mm;

- sempre que houver variação de temperatura maior que 10°C, deverá ser procedido de novo ensaio de consistência;

- a moldagem de elementos de argamassa armada deverá ser realizada em ambiente protegido;

- a cura deverá objeto de preocupação logo após a moldagem do elemento;

- deve-se eleger, anteriormente à produção, qual técnica apresentada para o adensamento apresenta melhor resultado.

6.7 - A INFLUENCIA DO USO DE ADITIVO A BASE DE CLORETOS NAS CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA

Em algumas obras de argamassa armada se fez uso de aditivos aceleradores de pega e endurecimento à base de cloreto de cálcio.

Da revisão de algumas anotações constatou-se a utilização de um máximo, teórico, de 1% a 2% de CaCl_2 em massa, com relação à quantidade de cimento utilizada (700kg/m^3), com a finalidade de proporcionar uma desforma rápida, o que deve ter levado à existência de ions Cl^- livres em quantidades excessivas. Em obras com idade de 15 a 29 anos, as quais se apresentam, com problemas de corrosão, e quando a armadura era constituída por camadas de telas, aquela parte da armadura que apresentava um cobrimento adequado (em torno de 10mm) e, encontrava-se em uma região perfeitamente adensada, o seu estado era perfeito.

Na figura F6.8 faz-se a análise de alguns componentes de edificações em um gráfico vida útil x desempenho.

Todos os componentes das edificações E₁, E₂, E₃, E₄, E₅, E₆, e E₇ são coberturas executadas em argamassa armada, onde se detectou a presença de ions Cl^- e, com exceção de E₇, sabe-se que foi utilizado aditivo acelador à base de cloretos. Em algumas obras as armaduras utilizadas foram telas executadas com arame recozido, em outras arame recozido e galvanizado, e em outros casos telas soldadas. Utilizaram-se em alguns casos outros aditivos tais como: hidrofugantes e redutores de água.

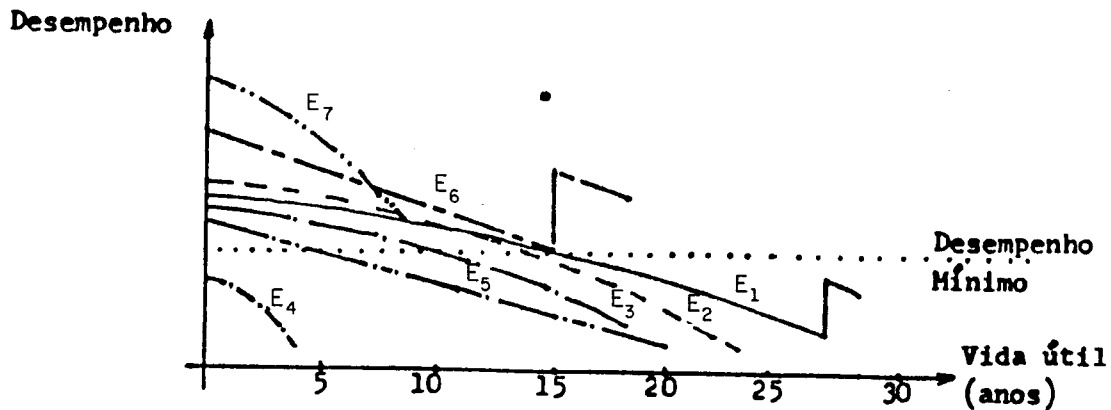


Figura F6.8

Observa-se também , que apenas os componentes da edificação E1 e parte de E6 sofreram intervenções com manutenção; a manutenção em E1 foi deficiente, e a um custo excessivamente alto e além do que, de forma deficiente. A manutenção de E6 foi melhor, conseguindo elevar o desempenho a um nível aceitável, e assim prolongar a vida útil.

Os componentes das edificações E1, E2, E3, E4 e parte de E6 (onde não se fez manutenção), está a caminho do colapso.

Apesar de todas essas constatações, deve-se ter em conta que o fato de se utilizar o cloreto de cálcio, não foi o único motivo da degradação da armadura; é importante frisar que o problema também está associado a uma qualidade desejável de produção das obras inspecionadas.

Recuperações efetivadas há 4 anos (data base de 1989) em trechos de obras seriamente danificadas, estão em perfeito estado de utilização, além de, ao que parece, ter interrompido o mecanismo de deterioração.

6.8 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A AGRESSIVIDADE DO MEIO

Outro comentário importante a se fazer dentro da tecnologia da argamassa armada que também deve ser levado em conta já no projeto, diz respeito à agressividade do meio.

As recomendações a respeito do que se considera agressivo para determinado material ou aplicabilidade de tecnologias são muito esparsas e incompletas, levando o projetista a ter dúvidas sobre o que considerar.

Tentar-se-á aqui colaborar nesse sentido, com base nas observações feitas no campo.

As considerações clássicas sobre meio ambiente tais como: rural, urbano, marinho e industrial, como mencionadas em HELENE(1986), são facilmente perceptíveis.

Existem as considerações sobre micro-regiões, com diferentes graus de agressividade, que vale a pena discutir.

As coberturas planas, vigas calhas, etc, mesmo em um meio ambiente com características rurais, podem ser classificadas como inseridas em meio ambiente "medianamente agressivo" até "fortemente agressivo", dependendo da associação de eventos.

Nessas coberturas, geralmente há deposição de matéria orgânica, além de permanecerem úmidas por tempo mais prolongado.

Coberturas de reservatórios e partes superiores de galerias fechadas devem ser consideradas em meio ambiente agressivo.

A consideração de galerias que recebam exclusivamente efluentes pluviais deve ser feita com cautela, visto que essa situação, ao menos no Brasil, tem sido constantemente alterada por esgotos clandestinos.

Qualquer superfície de argamassa armada exposta, deve ser considerada inserida em meio ambiente, no mínimo, medianamente agressivo.

Os compartimentos protegidos, porém destinados a áreas molhadas, também se deve considerar em meio ambiente no mínimo

medianamente agressivo, variando-se o grau em função da utilização (exemplo: cozinhas, banheiros, lavatórios, locais de aglomeração pública, etc.)

Em regiões de grande umidade, regiões marítimas e industriais, toda a estrutura e componentes, independentemente de se considerar protegido ou não, deverá ser considerado como inserido em meio ambiente agressivo.

No que diz respeito à abertura de fissuras, há controvérsias no meio científico, ora alguns considerem as aberturas de fissuras com $w = 0,10$ mm, como abertura máxima em ambientes agressivos, ora alguns consideram já um valor suficiente para início de corrosão.

O fato parece estar relacionado à facilidade de constante lavagem do local da abertura de fissura e também, se a argamassa nas imediações do local fissurado não for de boa qualidade, com certeza a situação será de possível deterioração.

Em construções de argamassa armada inseridas em meio ambiente agressivo, quando a argamassa recebeu um revestimento ou uma pintura protetora, não se notou qualquer problema de deterioração, tanto da argamassa quanto da armadura.

Outra situação a analisar é a direção predominante dos ventos, visto que isso parece estar relacionado com uma série de deteriorações observáveis, tanto em construções de argamassa armada quanto em construções de concreto armado, canalizando ora uma umidade elevada, ora secando a edificação (no caso de construções próximas a represas) e, difusibilidade de poluentes se houver uma fonte intensa naquela trajetória.

A desconsideração da agressividade do meio, inserção de agentes que favorecem a deterioração da armadura, qualidade produtiva suspeita, falta de películas protetoras, etc, tem levado a experiências frustrantes, conforme se menciona nos itens e capítulos anteriores.

6.9 - CONSIDERAÇÕES SOBRE PROTEÇÕES SUPERFICIAIS

Tem-se observado na literatura e em catálogos de fabricantes a disponibilidade de uma gama enorme de produtos impermeabilizantes e de revestimentos destinados à proteção superficial, além de pesquisas de avaliação do potencial de cada um deles.

O usuário desses produtos deverá sempre tomar o cuidado de, além de seguir as recomendações que acompanham esses produtos, verificar seu real desempenho nas condições de aplicação (resistência química, viscosidade, temperatura, estocagem por que passou, etc.), bastando para isso, que se façam pequenos ensaios simulando-se aquelas situações de uso da edificação.

Há que se considerar também, a vida útil de cada um deles e não desconhecer a necessidade de manutenções periódicas.

Muitos produtos embora apresentem facilidades de aplicação, deverão sofrer fiscalização intensa durante esse processo, quer na preparação superficial, quer na aplicação propriamente dita.

6.10- CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARGAMASSA ARMADA

A argamassa armada, em alguns casos, é um material que sofre deformações em curto espaço de tempo, sob variação de pequenos gradientes de temperatura e, o fato é agravado pela possibilidade de se ter em uma mesma seção de um elemento, comportamentos múltiplos, ora uma região alongando-se, ora uma região comprimindo-se; isso traz reflexos nas metodologias adotadas para o reparo. Para uma reargamassagem, grauteamento e projeção de argamassa, além das observações normais de cada técnica, se deverá, inicialmente, no instante do reparo, ter a superfície a ser tratada, e suas imediações, na temperatura igual ao material utilizado no reparo, devendo, nas primeiras horas, permanecer

constante.

O que ocorre nas primeiras idades (algumas horas), é que poderá haver alongamentos e/ou compressões diferenciais entre a argamassa nova e velha, podendo ocorrer pequenos deslocamentos que comprometerão a ligação entre o material de reparo e a superfície a ser reparada.

A armadura a ser reparada deverá ser aplicado um primer de epóxi rico em zinco (OLIVEIRA - 1989), após todo um trabalho de preparo e limpeza superficial (PRUDENCIO - 1989).

CAPITULO VII

RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E EXECUÇÃO

7.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Foi possível detectar, embora que ainda resumidamente, algumas fases distintas no desenvolvimento da tecnologia da argamassa armada no Brasil, principalmente no que diz respeito às especificações adotadas em projeto e execução.

Em uma primeira instância, observou-se que a argamassa armada caracterizava-se por uma composição de cimento, agregado miúdo, armadura composta por tela entrelaçada em arame recozido galvanizado ou não, com fios de pequena espessura ($< 2\text{mm}$), e barras e fios de aço de pequeno diâmetro, além de uma constante utilização de aditivos de pega e endurecimento, à base de clorêto de cálcio. Observou-se também que o dimensionamento fazia-se pelo Método das Tensões Admissíveis, quando se limitava as tensões de tração a valores entre 12 MPa a 14 MPa. Dentro desse estado de coisas, ocorreram algumas aplicações da tecnologia na produção de cobertura (vigas-telha) e em vigas-calha e, reservatórios enterrados.

Fez-se uso também de revestimentos protetores, principalmente nas piscinas e reservatórios e, em alguns casos se incorporou à argamassa agentes hidrofugantes, com vistas à sua impermeabilização.

Embora se notasse já haver uma predisposição para o uso de uma armadura de tela soldada, ainda que sua aquisição fosse possível apenas através de encomendas especiais, optou-se pela tela entrelaçada, à disposição, principalmente, na região de São Carlos/SP e, ao que parece, a tela soldada foi introduzida inicialmente em 1966.

As fôrmas utilizadas na produção eram apenas as unilaterais,

de madeira e/ou alvenaria.

Desenvolvia-se, já aqui, a técnica "passo-a-passo" ou de "dobradura".

O sonho da consideração do material como sendo homogêneo era quase uma realidade!

No caso das coberturas, a técnica principal adotada foi a da pré-moldagem.

Os reservatórios e piscinas foram executados com a técnica da pré-moldagem e da execução "in loco".

Posteriormente observou-se algumas alterações, como a introdução da tela soldada como parte da armadura.

Surgiram as primeiras peças executadas com fôrmas metálicas que envolviam todas as faces do elemento.

Em outras aplicações notou-se a introdução do agregado graúdo ($D_{max} < 9,6$ mm).

Os cobrimentos teóricos se elevam para a faixa entre 3 a 5 mm.

Observou-se, a seguir, a eliminação quase que total da armadura composta por tela entrelaçada, salvo em aplicações muito específicas.

Observou-se o aparecimento de outras técnicas na aplicação da argamassa: sua projeção.

Nota-se nessa fase alguma evolução no processo de adensamento da argamassa.

Houve um forte desenvolvimento da industrialização de elementos de argamassa armada, com a produção de pequenas peças que, compõem grandes sistemas finais.

Adotou-se algumas proteções superficiais em edificações em ambientes agressivos.

Surge a normalização para o Projeto e Execução de Argamassa Armada (Projeto 18:05.14-001), da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

7.2 - A DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES DE ARGAMASSA ARMADA

A durabilidade das construções de argamassa armada merece um destaque especial, essencial para uma perfeita compreensão e desenvolvimento da tecnologia.

Normalmente os juízos elaborados a respeito do estado em que se encontra determinado tipo de construção, principalmente no que diz respeito à deterioração, têm uma representatividade apenas fotográfica da questão.

Das experiências que deram certo em sua totalidade pouco se procura falar e descrever e, pior ainda, geralmente é ponto de referência de panacéias.

As experiências mal sucedidas são as fortemente divulgadas e, da mesma forma, não são tratadas adequadamente, principalmente no que dizem respeito às causas ou, são maquiadas para servirem a interesses outros que não os científicos.

Tem-se observado frequentes comentários de que o principal problema com a argamassa armada é a corrosão da armadura, pela pequena espessura das peças e do cobrimento reduzido.

Cabe aqui uma pergunta importante sobre essa questão: por que a armadura de reforço se deteriora?

Dentro do estudo patológico das construções de argamassa armada a principal patologia observável é a degradação da armadura mas, sua ocorrência não se dá por si só; o que realmente ocorre é que há uma associação de eventos que culmina em estabelecer condições apropriadas para a sua deterioração.

Torna-se então importante estabelecer parâmetros para que se permita elaborar elementos de argamassa armada duráveis, além de se fazer considerações importantes para estudos posteriores ou mesmo, discussões com outros pesquisadores para concatenações de idéias e cristalinidade de informações.

Conforme se mencionou nos capítulos anteriores e de acordo com as observações feitas, as primeiras obras (primeira fase)

foram marcadas por verdadeiros ensaios, com a utilização de aditivo à base de CaCl_2 , e ausência prática, quase que total, dos controles de cobrimento, além de equipamentos inadequados (atualmente visível) para a aplicação da argamassa. Isso originou sérios problemas de deterioração, embora do ponto de vista de resistência mecânica, alguns elementos ensaiados, daquelas obras, tenham ainda uma reserva de resistência que permite, com pequenas manutenções, estabelecer um prolongamento em sua vida útil. Em outros casos observa-se estados de colapso e há registro de casos de ruína.

Aquelas obras executadas a partir do final da década de 1970 e até o início dos anos de 1980 (segunda fase), apresentam outros problemas: ora originados pela falta de manutenção, ora pelos pequenos cobrimentos adotados e outras vezes devido às deteriorações superficiais da argamassa, com posterior ataque da armadura.

Há no entanto, obras que se apresentam em bom estado, como por exemplo os canais construídos em Salvador/BA onde os problemas mais sérios são: ausência de manutenção e desgaste da argamassa dos elementos de fundo, causado pela abrasão da água com partículas em suspensão, nos elementos.

As obras onde se fez manutenções periódicas, tratando-se as superfícies com impermeabilizantes e selantes, permite avaliar seu desempenho como satisfatório, apesar de estarem contidas em meio ambiente fortemente agressivo.

Outras obras, em grande volume, como as coberturas da CEPLAC, em Ilhéus/BA, pode-se dizer que se encontram perfeitamente íntegras, apesar dos quase 25 anos.

Muitas outras construções do início da década de 1980, localizadas em Salvador/BA, apresentam um desempenho extremamente satisfatório, embora também se achem inseridas em meio ambiente agressivo e sujeitas a depredações as mais variadas, além de permitirem adaptações a diversas situações imprevisíveis em

projeto, como são os casos dos sistemas de saneamento e viários das favelas.

Seguramente houve uma evolução tecnológica, embora possam ser aperfeiçoados os processos de projeto e execução, com vistas a um desempenho cada vez mais satisfatório, permitindo um controle cada vez mais apurado de todas as fases de sua realização.

Detecta-se em algumas obras recentes, com cerca de 2 a 3 anos, alguns problemas, como o envelhecimento precoce da argamassa, que irá se traduzir na deterioração da armadura, porém nada que seja impossível de se contornar, muito pelo contrário, são barreiras facilmente transponíveis com as tecnologias de proteção das estruturas. Trata-se apenas de uma questão de divulgação dos processos já consagrados.

Percebeu-se, através da análise de alguns projetos, a ausência de detalhes que originaram problemas executivos ou que deram origem às manifestações patológicas.

Nota-se que em muitas obras também houve problemas sérios de execução.

A simples observação, isoladamente, de estruturas degradadas não permite extrapolar para o comportamento global da tecnologia frente aos diversos meio ambientes e micro regiões em que se acha inserida determinada construção.

As estruturas de argamassa armada podem ser extremamente duráveis se executadas, desde sua concepção, de forma adequada por técnicos familiarizados com os conceitos da tecnologia e com o rigor exigido no seu controle.

7.3 - RECOMENDAÇÕES

Acredita-se, pelos resultados das inspeções, por uma série de observações a nível de pesquisa, análises de projeto, comparações com outras tecnologias, etc, ser possível estabelecer

uma série de recomendações, algumas efetivas e outras provisórias, no aguardo de ratificações e retificações teórico/experimentais.

Conforme se salientou nos capítulos anteriores, é necessário ao projetista conhecer as virtudes e limitações de materiais e componentes empregados na elaboração de uma obra, além dos processos construtivos.

Apesar de não serem exclusividade da tecnologia da argamassa armada, esses fatores são extremamente realçados na produção daqueles elementos.

Em alguns processos construtivos a mão-de-obra deve ser extremamente qualificada e em outros, essa mão-de-obra deve ser pelo menos bem disciplinada.

Nesse último caso estão incluídos os processos com forte tendência à industrialização, onde a setorização de atividades pode culminar em deficiências refletidas no elemento a ser produzido (pela possibilidade de criação de vícios em atividades repetitivas).

Por outro lado, na engenharia das construções é comum o empreiteiro não tomar partido durante o projeto de determinada edificação, recebendo os projetos já realizados na fase de licitação.

As tomadas de decisões racionais para a concretização de um projeto estão diretamente ligadas à sua qualidade, ocorrendo em instâncias apropriadas dependendo do nível de clareza com que são feitas as hipóteses e a metodologia a empregar no seu controle e planejamento.

Um projeto detalhado suficientemente, prevendo todas as hipóteses feitas na sua elaboração, seguramente refletirão em uma construção de boa qualidade.

Evitar ao máximo a tomada de decisões no instante da realização da construção (sempre um instante inadequado) constitui uma regra para se ter prazos respeitados, qualidade em

tese, construção durável dentro das expectativas previstas.

A vida útil de uma construção, de uma maneira geral, deve estar relacionada a cada tipo de obra: prever a existência de favelas para os próximos 50 anos é uma atitude que deve ser encarada com resistência pela comunidade científica; prever uma vida útil de 50 anos para determinadas construções nem sempre é uma decisão acertada e, finalmente, prever uma vida útil onde manutenções periódicas conduzam a sua efetiva utilização por determinado período de tempo é uma decisão acertada.

Ao se pensar em projetar, a primeira hipótese a ser analisada são as expectativas do usuário, traduzida em necessidades que devem ser listadas e expressas na forma de projeto.

Paralelamente a essas necessidades estão os fatores de decisão que irão contrabalancear as premissas de projeto. Por exemplo, diante da necessidade de durabilidade, uma avaliação das características do meio ambiente e micro ambiente deverá dar resposta aos seguintes fatores: tipo de cimento, característica e cobertura da armadura, proteções extras, características construtivas e nível e programa de manutenções, etc.

A tendência de todo material, onde se emprega energia para a sua elaboração, é de se deteriorar, ou seja, haverá sempre tendência para existir em um estado termodinamicamente estável.

Faz-se a seguir uma série de recomendações que, não são apresentadas em ordem de prioridade e sim, em termos de necessidade pelo rigor que exige a tecnologia:

PLANEJAMENTO E PROJETO

- os projetos destinados às estruturas de argamassa armada devem ser suficientemente detalhados;
- os desenhos auxiliares devem conter todas as informações para um perfeito entendimento de todo o processo produtivo;

- os detalhes, preferencialmente, deverão ser elaborados em escala reduzida de no máximo 1:2;

- uma vez testado e afinado o processo de produção, a fase executiva deverá cumprir apenas o seu papel na transposição do "abstrato ao concreto", sem interferências apreciáveis;

- todas as situações críticas, quer a nível de elaboração de um único elemento, quer na implantação de um sistema, deverá ser exaustivamente estudada até sua completa resolução;

- todas as hipóteses devem ser racionalizadas, com o intuito de tornar o projeto e suas partes integrantes exequíveis;

- padronizar as informações e torná-las claras, inclusive estabelecendo-se as mesmas diretrizes internacionais adotadas para representação simbólica;

- informar em projeto as especificações técnicas; havendo necessidade de adoção de conduta especial, justificá-la amplamente;

- elaborar memoriais descritivos de todo o projeto;

- elaborar memoriais executivos, prevendo-se todas as etapas a que ficará submetido a produção de um elemento ou sistema;

- normalizar a utilização;

- elaborar programa de manutenção periódica em função do grau de exposição de cada elemento ou conjunto;

- compatibilizar os diversos projetos: estrutura, proteções, hidráulica, elétrica, etc;

- manter um banco de dados e/ou se informar nos centros de pesquisas sobre as tendências atuais e novas recomendações, além de divulgar as experiências vividas;

- considerar a argamassa armada como uma adequação tecnológica;

- atender a todas as necessidades dos usuários;

ARMADURA

- verificar as características reais do aço empregado;
- verificar as padronizações de fornecimento da armadura (painéis, bobinas, etc);
- conhecer os defeitos existentes em painéis e bobinas de telas;
- proceder ao desbobinamento de telas e/ou retificações necessárias antes de sua utilização;
- compor os vários arranjos de armadura, prevendo-se as situações desfavoráveis;
- a redução ao extremo das dimensões dos elementos através de arranjos excessivamente complexos da armadura deve ser pensada com cautela; isso pode não ser viável construtivamente pois, é melhor elaborar fôrmas que possibilitem um fácil posicionamento e ajuste da armadura, observando as imprecisões;
- atentar para a pequena rigidez das armaduras constituídas por telas;
- proceder a manufatura da armadura com auxílio de gabaritos;
- evitar as dobras em regiões com baixa ductilidade e atender ao mínimo raio de curvatura admissível em cada caso;
- todos os cantos e extremidades de peças deverão conter, mesmo que construtivamente, pelo menos um fio de diâmetro 3 mm, no mínimo;
- deve-se evitar o uso de telas hexagonais e, em qualquer caso, não deverá ser assumida no cálculo, a menos que haja comprovação experimental;
- o emprego de telas de chapa de aço expandida pode ser efetuado, a priori, com cautela, visto que ainda existem poucos dados sobre o assunto, apesar do indicativo de boas perspectivas futuras;
- as fibras de aço descontínuas, embora sejam poucos os

trabalhos no que diz respeito à tecnologia da argamassa armada, apresentam boas perspectivas de utilização, visto que há uma gama enorme de obras relatadas na literatura internacional porém, seu uso, bem como suas virtudes e limitações devem ser criteriosamente avaliadas e testadas em ensaios prévios que justifiquem essa opção;

- deve-se evitar em um mesmo elemento o uso de armaduras com características diferentes para se evitar a ocorrência de diferenças de potencial elétrico;

- quando for empregada armadura galvanizada, deve-se utilizar um inibidor químico de corrosão do zinco, em quantidades previamente analisadas;

- a fixação de todos os componentes da armadura poderá ser feita com arame recozido, o qual fará parte da armadura que, deverá ser protegida, levando-se em conta as protuberâncias acrescentadas à armadura;

- estabelecer, em projeto, o plano de dobramento e sequência de montagem da armadura;

- deve-se adotar, em qualquer situação, uma taxa geométrica de armadura mínima de 0,60%, consideradas as duas direções;

- admitir folgas em posições estratégicas dos elementos com a finalidade de absorção de imprecisões durante a execução;

- problemas poderão ser minimizados, se adotados engrossamentos da argamassa em regiões críticas que aufeririam nesses lugares cobrimentos maiores da armadura que teriam a principal finalidade de permitir uma folga maior na produção da armadura;

- proceder um estudo sobre a eficiência do posicionamento da armadura, em cada caso, prevendo-se as eventuais distorções;

- prever, na quantificação da armadura, todas as solicitações a que será submetido o elemento nas diversas fases de sua produção, até seu estado em serviço;

- prever locais para a estocagem do aço a ser empregado na

confeção da armadura, protegendo-o das intempéries e fontes agressivas;

- a estocagem da armadura deverá ser feita com cautela, devendo-se no instante de sua aplicação proceder-se a sua aferição com gabaritos adequados a cada caso;

- após a aplicação da armadura, seu posicionamento deverá ser aferido também com gabaritos;

- os traspases deverão ser levados em consideração tal qual o arranjo das armaduras, prevendo-se as situações mais desfavoráveis na adoção da espessura do elemento;

AGLOMERANTES E AGREGADOS

- sempre os agregados devem ser analisados para que se verifique seu grau de reatividade;

- as indicações constantes da NBR6118, para limitação do tamanho das partículas dos agregados, em função da armadura e fôrmas podem ser seguidas;

- permite-se utilizar uma porcentagem de até 40% de agregados graúdo, em relação à massa total de agregados, com diâmetro D_{max} , satisfazendo $4,8mm < D_{max} < 9,6mm$, observadas as limitações do arranjo da armadura e das fôrmas;

- a composição granulométrica adotada para a elaboração de um micro-concreto tem evidenciado bons resultados;

- as recomendações feitas por TEZUKA (1988), em seu "Guia Prático para a Utilização de Cimentos Hidráulicos", da Associação Brasileira de Cimento Portland/SP, poderá ser utilizado na escolha do tipo de cimento;

- o cimento ARI poderá ser utilizado para a elaboração de elementos de argamassa armada, quando se desejar, por exemplo, desformas a curto prazo;

- aplicar a recomendação de LAFUMA, citada em CANOVAS(1988), onde se estabelece o quantil de cimento com relação ao diâmetro

do agregado dá boas indicações para o uso da argamassa armada, porém respeitando-se o valor mínimo de 450 kg/m³, até que se façam pesquisas mais profundas sobre o assunto:

$$P_c = (700 / \sqrt[5]{D_{MAX}}), \text{ onde}$$

D_{MAX} = dimensão máxima do agregado, em mm;

P_c = massa de cimento, mínima, em kg;

- a relação entre massas de agregados seco e cimento deve ser no máximo igual a 3,5, devendo-se considerar porém, todos os parâmetros envolvidos na produção e utilização de elementos e sistemas;

AGUA DE AMASSAMENTO

- a relação água/cimento deverá ser fixada, no caso da argamassa armada, pelo conteúdo máximo de água por metro cúbico, não devendo ultrapassar um valor tal que se tenha no máximo 250 kg/m³ e, em ambientes agressivos esse valor deverá estar próximo de 200 kg/m³;

- a água destinada ao amassamento da argamassa deverá atender as recomendações da NBR-6118 nos casos correntes e as indicações constante no boletim CETESB 04.001 no caso de argamassa destinada a galerias e obras sanitárias;

ADITIVOS

- a utilização de aditivos surge quase que por uma necessidade desse componente na elaboração da argamassa e, sua administração pode ser levada a efeito desde que o seu usuário conheça as interações entre o aditivo/cimento e aditivo/aditivo, quando for o caso;

- para a utilização de aditivos deve-se proceder a ensaios prévios, que retratem as reais situações de utilização (temperatura, umidade relativa do ar, condições de manipulação da argamassa, etc);

- a utilização de aditivos deve ser prevista em projeto, bem como as orientações práticas para análises prévias e utilização;

- a utilização de aditivos que contenham cloretos deve ser feita com cautela;

CURA

- a cura da argamassa armada, no caso de fôrmas duplas metálicas, deverá ser por imersão;

- a cura, após a desforma do elemento, deverá ser feita por um período mínimo de 10 dias em ambiente saturado e/ou, até o instante que a argamassa tenha atingido, no mínimo, 70% de sua resistência prevista em projeto;

- no caso do uso de cimento POZ e AF, a cura deverá ser prolongada por um tempo mínimo de 14 dias;

- outros processos de cura normal, diferentes da técnica por imersão, deverá ser feita por um prazo mínimo de 28 dias;

- para efeito de cura, deve-se também levar em conta a agressividade do meio ambiente;

- logo após a moldagem de um elemento, a cura já deverá ser objeto de preocupação;

- a cura térmica desponta como uma das possibilidades de aplicação na produção da argamassa armada, embora faltem estudos mais profundos a respeito, que comprovem sua eficiência;

CONTROLE

- os lotes de argamassa para devidos controles, não devem ultrapassar a 1 m³, visto que se observam situações em que essa

quantidade é suficiente para gerar uma grande quantidade de elementos com características variáveis;

- em situações especiais, o limite de 1 m³, poderá ser aumentado;

- o tempo decorrido desde a mistura da argamassa até sua aplicação final, não deverá ultrapassar 20 minutos;

- no caso da utilização de aditivos, esse tempo deverá ser avaliado;

- não se deve permitir acabamento superficial, manual, com pasta com espessuras superiores a 2mm;

- sempre que houver variação de temperatura maior que 10°C, deverá ser procedido de novo ensaio de consistência;

- a moldagem de elementos de argamassa armada deverá ser realizada em ambiente protegido;

- deve-se eleger, anteriormente à produção, qual técnica apresentada para o adensamento apresenta melhor resultado;

- a mão-de-obra utilizada nas construções de argamassa armada deve receber treinamento intenso, onde devem ser salientados os controles e técnicas, além da manipulação e leitura de instrumentos de medidas com precisão de décimo de milímetro;

- os profissionais, deverão atuar em várias áreas ou, ter domínio das várias técnicas: argamassa, concreto, produção da armadura, fôrmas, argamassagem, cura, estocagem, montagem, etc;

- nos sistemas de produção de pré-moldados deverão ser previsto rodízios de mão-de-obra com a finalidade do seu aperfeiçoamento, a fim de permitir uma visão global da produção de um elemento;

FORMAS

- as fôrmas devem ser rígidas o suficiente para transmissão de vibração a todos os pontos, o mais uniformemente possível;

- as fôrmas devem ser estanques;

MEIO AMBIENTE

- as coberturas planas, vigas calhas, etc, mesmo em um meio ambiente com características rurais, podem ser consideradas em meio ambiente "medianamente agressivo" até "fortemente agressivo", dependendo da associação de eventos;

- coberturas de reservatórios e partes superiores de galerias fechadas devem ser consideradas em meio ambiente agressivo;

- a consideração de galerias que recebam exclusivamente efluentes pluviais deve ser feita com cautela, visto que essa situação, ao menos no Brasil, tem sido constantemente alterada por esgotos clandestinos;

- qualquer superfície de argamassa armada exposta, deve ser considerada inserida em meio ambiente, no mínimo, medianamente agressivo;

- os compartimentos protegidos, porém destinados a áreas molhadas, também devem ser considerados em meio ambiente no mínimo medianamente agressivo, variando-se o grau em função da utilização (exemplo: cozinhas, banheiros, lavatórios, locais de aglomeração pública, etc.);

- em regiões de grande umidade, regiões marítimas e industriais, toda a estrutura e componentes, deverão ser considerados como inseridos em meio ambiente agressivo;

- o cobrimento da armadura, em regiões comprimidas, poderá atingir valores superiores a 6mm e, no caso de ambientes medianamente agressivos, esse valor deverá ser, no mínimo, 10mm, salvo utilização de revestimentos de proteção;

- no caso de regiões tracionadas, o valor não deverá, a princípio, ultrapassar a 6mm, em ambientes agressivos, deverá receber proteção adicional;

INCENDIOS

- a observação das catástrofes ocorridas nas grandes estruturas de concreto armado tem indicado que os componentes de pequena espessura (FEITOSA-1988), inferiores a 8cm, pouco resistem às ações de um incêndio de grandes proporções, assim, as estruturas de argamassa armada de modo geral não resistiriam a incêndios; quando for necessária a proteção, medidas adicionais devem ser levadas a efeito;

PROTEÇÕES

- qualquer elemento que esteja em contato com elementos agressivos deverá receber uma proteção adicional, como pinturas ou revestimentos;

- a adoção de pinturas e revestimentos, deverá ser precedida de ensaios de medida do potencial de desempenho do produto especificado, devendo, já em projeto prever seu uso e orientações das análises necessárias;

- a literatura tem reportado que a incorporação de hidrofugantes em concretos tem-se mostrado ineficiente;

- os revestimentos protetores, de preferência, poderão ser elaborados em camadas e poderá ser prevista a possibilidade de deslocamentos relativos entre aquelas (elastômeros, mantas, etc.);

- em todas as obras executadas, mesmo as inseridas em meio ambiente extremamente agressivo, dentro de controles adequados, com diversas tipologias, onde se adotou membranas de proteção superficial, o estado da estrutura, mesmo aquelas com idades de acima de 10 anos, tem-se mostrado satisfatório.

CAPITULO VIII

CONCLUSOES

Ao final do presente trabalho, após exaustivas revisões, acréscimo de informações, os longos anos de observações de aplicações práticas e desenvolvimentos teóricos, a vontade cada vez mais aguçada em viabilizar novas pesquisas, além de transmitir os conhecimentos já adquiridos necessários à transposição de pequenos obstáculos que, eram por demais complicados há apenas 4 a 5 anos atrás, sente-se que valeu a pena participar das certezas e incertezas no entendimento de uma tecnologia emergente no País.

Surge o exato instante de alinhar as primeiras conclusões sobre a Tecnologia da Argamassa Armada. A difícil tarefa de conseguir estabelecer um juízo sobre os longos anos de praticidade da tecnologia e, principalmente considerando o futuro, além de uma comunidade voraz por notícias sobre o comportamento potencial daquelas estruturas, estabeleceu-se a seguir alguns comentários sobre a experiência vivida, sincera, e sugere-se algumas pesquisas necessárias para o aprimoramento científico aplicável às construções de argamassa armada.

A principal conclusão sobre a Tecnologia da Argamassa Armada é que a mesma tem garantido o seu lugar como uma alternativa tecnológica.

Em muitas obras de argamassa armada observou-se a degradação da argamassa e da armadura porém, essa afirmação não pode ser vista isoladamente, é necessário ao leitor conhecer os fatos e após uma leitura ampla e detida, se concluirá que essas manifestações patológicas não ocorreram simplesmente pela existência de um "novo material", houve prejuízos pelo tratamento tecnológico inadequado. A diferença se presta ao ser possível discorrer mais profundamente sobre as causas e relacioná-las com

os efeitos.

Não há a ocorrência de nenhum mecanismo novo de deterioração diferente dos casos clássicos já divulgados anteriormente com relação à tecnologia do concreto armado.

Existem obras que estão em perfeito estado de utilização, já há quase 20 anos e, outras já há quase 10 anos.

Da mesma forma, o fator mais importante sobre o seu desempenho mínimo requerido para se atestar uma vida útil, previsível em projeto e, não exclusivo dessa tecnologia, é a questão da manutenção periódica.

Algumas obras, como os canais drenantes do Vale do Camurujipe, em Salvador/BA, estão se deteriorando mas, não o material, e sim a obra, pela insensibilidade dos responsáveis pelas manutenções e limpezas periódicas.

A argamassa armada não é durável, assim como outros materiais também não o serão, se não for considerada a influência do meio ambiente no comportamento potencial do material.

A argamassa armada em meio ambiente agressivo deve receber proteção superficial adicional: a armadura difusa contínua e o efeito causado pelos processos construtivos, além de sua proximidade da superfície exige uma proteção física que não se consegue apenas com uma alta dose de cimento na composição da argamassa.

A relação água/cimento 0,5 e a recém normalizada 0,45 poderão ser excessivamente elevadas em algumas situações; a limitação deve ser pela quantidade de água por metro cúbico que, o autor sugere, à priori, o valor de 250 kg/m³, até que se façam pesquisas efetivas sobre o assunto.

É perfeitamente possível realizar boas argamassas com teores de cimento inferiores aos quase 700 kg normalmente divulgados; em muitos casos esse quantil foi o que originou problemas, conjuminados com outras questões.

Recomenda-se, a princípio, a expressão de LAFUMA para

determinação da dose de cimento em relação ao diâmetro máximo do agregado, porém respeitando-se o limite de 450kg/m³.

Todo projeto deverá conter informações abrangentes de todas as etapas da realização do empreendimento e deverá se compor, além dos desenhos, de memoriais descritivos e justificativos além das especificações técnicas necessárias, prevendo-se as situações desfavoráveis de execução, especificando o meio ambiente em que a obra estará inserida na sua totalidade e parte dela quando for o caso de micro-regiões específicas.

O uso de aditivos que permitam uma melhor compactidade e a redução do consumo de água, propiciando uma argamassa armada de boa qualidade, pode e deve ser considerado, embora sempre se faça necessário conhecer previamente a potencialidade dos parâmetros a serem realçados com a inserção desse material na composição da argamassa armada.

É necessário que se cuide das técnicas produtivas, conhecendo-se as dificuldades práticas tanto quanto os comportamentos previstos teoricamente para se incursionar nos arrosos de projeto, permitindo assim tornar a obra exequível, durável, estruturalmente compatível, além de satisfeitas outras necessidades do usuário.

A tecnologia da argamassa armada só admite controles rigorosos, tanto na fase de projeto quanto na fase executiva.

As especificações da norma de argamassa armada deve-se fazer conter um apenso de comentários das situações de projeto, execução, problemas observáveis, metodologias de ensaios, resultados práticos e de pesquisa e, principalmente, as condições de observações.

Recomenda-se, a princípio, antes do uso da tecnologia, uma leitura dos principais trabalhos sobre a desenvolvimento da tecnologia no Brasil para não se estabelecer juízos errôneos e nem fazer o seu uso indiscriminado pois, só assim, será possível contribuir.

Parece interessante considerar que "Argamassa Armada" é um termo utilizado na descrição de uma forma produtiva de concreto armado que difere da forma usual, primariamente, pelas seguintes especificidades:

- dispersão e arranjo particular da armadura;
- aplicação em elementos de pequena espessura;
- técnicas produtivas peculiares;
- condições específicas de avaliação da durabilidade;

embora possa ainda assim conter o material argamassa mais armadura de reforço, dentro daquelas definições clássicas do material.

* * *

O presente trabalho não se extingue aqui; conjuntamente com outros já realizados pode-se dizer que é possível dar um passo e, dessa forma, apresenta-se a seguir uma série de sugestões para a continuidade das pesquisas, com a promoção dos seguintes estudos:

- teóricos, sobre o comportamento das estruturas de argamassa armada, para seu equacionamento e comparação com resultados práticos, estabelecendo-se a seguir critérios de análise simples e eficientes, ao alcance dos engenheiros e arquitetos dos escritórios de projeto;

- sobre equipamentos adequados para a produção;

- de recuperação das estruturas existentes que, certamente, subsidiarão as condições de contorno de projetos futuros;

- de detalhamento das principais estruturas existentes, dando-se ênfase aos aspectos previstos em projeto e os ocorrentes na prática;

- de pinturas e revestimentos protetores em função das condições ambientais e variações climatológicas;

- da influência efetiva dos agentes agressivos na deterioração da argamassa e da armadura, em função aos vários níveis de proteção que se pode dar;

- de incorporação de produtos auxiliares na redução da

absorção e permeabilidade, visando eliminar a proteção superficial;

- dos processos produtivos, com ênfase na qualidade do produto final;

- de uso das fibras descontínuas de aço, como parte integrante da armadura;

- de utilização das telas de chapa de aço expandida;

- de revestimentos resistentes à abrasão;

- que visem disciplinar e classificar quanto ao grau de agressividade os vários meios ambientes e micro-regiões possíveis de se inserir as estruturas de argamassa armada;

- da evolução histórica, com ênfase às alterações técnicas observadas e desenvolvimento ou prejuízos decorrentes.

* * *

CAPITULO IX

9 - BIBLIOGRAFIA

- ABCI - Associação Brasileira da Construção Industrializada. "Manual técnico de pré-fabricados de concreto". São Paulo, 1986.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: "Projeto e execução de obras de concreto armado"**. São Paulo, 1978.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062: "Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - procedimento"**. São Paulo, 1985.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **CE 18:05.14-001: "Projeto e execução de argamassa armada"**. São Paulo, 1989.
- ABRACO. Associação Brasileira de Corrosão. "Corrosão dos metais no concreto". Tradução do artigo elaborado pelo Comitê 222, American Concrete Institute. **Revista Corrosão e Proteção**, (2), fevereiro 1988.
- ACACIO, C. "Projeto da execução da cobertura do terminal rodoviário 'Rita Maria' de Florianópolis/SC". Projeto não divulgado, 1981.
- ACI - American Concrete Institute. "**Fiber reinforced concrete**". Detroit, 1974. (Publication SP-44)
- ACI COMMITTEE 201. American Concrete Institute. "Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service (ACI 201.1R- 68)", In: ACI Manual of Concrete Practice - 1982, Part 1.
- ACI COMMITTEE 201. American Concrete Institute. "Guide to Durable Concrete". **ACI Journal**: 573-609, December 1977.
- ACI COMMITTEE 210. American Concrete Institute. "Erosion resistance of concrete in hydraulic structures (ACI 210R-

- 55)". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1982, Part 1.
- ACI COMMITTEE 212. American Concrete Institute. "Guide for use of admixtures in concrete (ACI 212.2R-81)". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1982, Part 1.
 - ACI COMMITTEE 212. American Concrete Institute. "Admixtures for concrete". **Concrete International**: 24-52, May 1981.
 - ACI COMMITTEE 212. American Concrete Institute. "Guide for use of admixtures in concrete". **Concrete International**: 53-64, May 1981.
 - ACI COMMITTEE 223. American Concrete Institute. "Standard practice for the use of shrinkage - compensating concrete". **Concrete International**: 40-74, 1983.
 - ACI COMMITTEE 318. American Concrete Institute. "**Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-83)**". Detroit, Nov 1983, 111p.
 - ACI COMMITTEE 318. American Concrete Institute. "**Commentary on building code requirements for reinforced concrete (ACI- 318-83)**". Detroit, Nov 1983, 155p.
 - ACI COMMITTEE 350. American Concrete Institute. "Concrete sanitary engineering structures". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1983, Part 4.
 - ACI COMMITTEE 363. American Concrete Institute. "State-of-art: report on High-Strength Concrete". **ACI Journal**. Detroit, July-August 1984.
 - ACI COMMITTEE 503. American Concrete Institute. "Use of epoxy compounds with concrete (ACI 503R-80)". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1984, Part 5.
 - ACI COMMITTEE 503. American Concrete Institute. "Standard specification for repairing concrete with epoxy mortars". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1986, Part 5.
 - ACI COMMITTEE 515. American Concrete Institute - "Guide for the Protection of Concrete Against Chemical Attack by Means of Coatings and Other Corrosion-Resistant Materials". **ACI**

Journal, 63 (12): Dec 1966.

- ACI COMMITTEE 515. American Concrete Institute. "A guide to the use of waterproofing, dampproofing, protective, and decorative barrier systems for concrete". In: ACI Manual of Concrete Practice - 1987, Part 5.
- ACI - American Concrete Institute. "**Corrosion of Metals in Concrete**", Detroit, 1975. (Publication SP-49).
- AGNESINI, M.V.C. "**Sistema construtivo com elementos pré-fabricados de argamassa armada: uma alternativa para a execução de pontilhões rodoviários em zonas urbanas e estradas vicinais**", São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989 (Tese de Doutorado).
- AGOPYAN, V., "A importância da pureza dos agregados para argamassas e concretos". In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1., São Paulo, pp. 115/120.
- ALMADOZ, Z.J. & PAPARONI, M.M. "Estudio experimental sobre dosificación de mezclas de microconcreto". **Boletín de Informativo del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales**, (18), Abr-Jun, 1967.
- ALMEIDA, I.R. "Emprego de aditivos plastificantes na redução do consumo de cimento dos concretos". In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais** p. 726-740.
- ALUCCI, M.P. & FLAUZINO, W.D., "Bolor em edifícios: causas e recomendações". **A Construção São Paulo (1875)**, 1984.
- AMARAL, A.A. "**A tecnologia do microconcreto e sua aplicação em modelos**". Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1976. (Tese de Doutorado).
- AMARAL, C.K. - "Microsilica em concretos e argamassas de alta resistência". In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais**
- AMARAL, C.K., "Concreto e argamassa de alta resistência com utilização de microsilica". In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON,

30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais** p.67/80.
- AMARAL, E.M. Fº., "O concreto em obras do mar". In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais** p.459/501.
 - SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERROCEMENT, 2. Bangkok, Thailand. **Anais**. 14-16 January 1985.
 - JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 24. SIMPOSIO GRARILEM SOBRE TECNOLOGIA DE MATERIAIS, 2. SIMPOSIO PAN-AMERICANO DE ESTRUTURAS, 6. Porto Alegre/RS. **Anais**. julho 1987.
 - L' INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, RECONTRES CEFRACOR 77, "La proteccion contre la corrosion dans le batiment: corrosion et protection des armatures du béton", **Anais**. (364), 1978.
 - ANDRADE, C. "Acción inhibidora de diversas dosis de NO_2Na sobre la corrosión de las armaduras de viguetas pretensadas utilizando la resistencia de polarización como técnica de medida". Madrid, Instituto Eduardo Torroja, Oct 1974.
 - ANDRADE FILHO, A.E. "Estudos de ocorrências patológicas em placas pré-fabricadas de concreto armado para fachadas". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO", 9., São Paulo, 18-19 maio 1989. **Anais**. p. 255/263.
 - ANDRES, P.R., "A influência da natureza do aglomerante e suas adições na carbonatação de argamassas e concretos". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO", 9., São Paulo, 18-19 maio 1989. **Anais**. p. 19/44.
 - ASIMOW, M., "Introdução ao projeto; fundamentos do projeto de engenharia", São Paulo, 1968.
 - ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES - INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS. "**Renforcement, réparation des structures**". (411), janvier 1983.

- A.T.I.C - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA DA INDÚSTRIA DO CIMENTO.
"Canalizações de betão nos esgotos de saneamento". Boletim Técnico (16): 7p. julho 1969.
- BALLARIN, A.W. "Histórico e desenvolvimento da argamassa armada". In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p. 2-16.
- BARR, B./NOOR, M.R.M. "The toughness index of steel fiber reinforced concrete". **ACI Journal**. pp.622-629, Sep/Oct 1985.
- BARTOS, P. "Orifice rheometer as a test for flowing concrete - developments in the use of superplasticizers". Detroit, p. 467-483, 1981. (Publication SP-68)
- BARBER, P.M. Discussion - "Analysis of fresh concrete". **Concrete**. p.12-15, June 1983.
- BARROS, L.A.M.M., "Telas soldadas para argamassa armada". In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.30-49.
- BASILIO, F.A. "Corrosão em concreto armado: deterioração do concreto em meio agressivo". **IBRACON - ABRACO**. Rio de Janeiro, maio 1974.
- BASILIO, F.A. "Concreto em meio agressivo e sua proteção". Associação Brasileira de Cimento Portland - São Paulo - Notas da Conferência proferida no curso do CEPED - Salvador-BA - p.5 - junho 1975.
- BASILIO, F.A. "Durabilidade do concreto: proteção química e proteção física contra águas agressivas". In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON. Comitê Técnico 203, maio 1980, p.1-9.
- BAUER, E. "Manchas e desbotamentos em fachadas de concreto. Procedimentos Preventivos de Projeto". In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO", 9., São Paulo, 18-19 maio 1989. **Anais**. p. 297/312.
- BAUER, L.A.F., "Materiais de Construção", v. I e II, 2ª. Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1985.

- BAUMGART, C.W.O. "A influência dos aditivos na durabilidade do concreto". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais** p.702-708.
- BEEBY, A.W. "Cracking, cover, and corrosion of reinforcement". **Concrete International**, p.35-40, Feb. 1983.
- BELL, F.G. "How aggregates affect concrete quality" **Civil Engineering**. London/England, p.40-43, Jul-Aug 1977.
- BENSTED, J. "Admixtures for cement, mortar and concrete". In: UK COLLOQUIUM, 1984. **Anais**.
- BERWANGER, C. and SARKAR, F. "Thermal expansion of concrete and reinforced concrete". **ACI Journal**, p.618-621, Nov 1976.
- BICZOK, I. "La corrosion del hormigon y su proteccion". Bilbao, Ediciones Urmo, 6ª. Edição, 1972.
- BIDERMANN, L. "Análise das inovações tecno-produtivas e das práticas do espaço do sistema escolar pré-fabricado em argamassa armada - fábrica de escolas". São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos-USP, dezembro de 1985 (Seminário apresentado no Departamento de Arquitetura e Planejamento)
- BROWN, G.E. & OATES, D.B. "Air entrainment in sulfate resistant concrete". **Concrete International**, p.36/39, 1983.
- BUCHER, H.R.E. "Argamassas". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.17-29.
- BUCHER, H.R.E. "Agregados para concreto". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.7-16.
- BUCHER, H.R.E.. "Desempenho de aditivos redutores de água de alta eficiência em pastas, argamassas ou concretos". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988. **Anais** p. 609-625.
- BUCHER, H.R.E. "A carbonatação do concreto na corrosão da armadura". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 31. São Paulo, 31 de julho a 4 de agosto de 1989. **Anais** p. 481-496.

- CABRAL, L. "Microsílica - A resistência do pó". **Construção São Paulo**, (2047), p.10-14, Maio 1987.
- CALLEJA, J. "Corrosión de armaduras en los hormigones armados y protensados". **Monografía del Instituto Eduardo Torroja**, Madrid, (256), 1966.
- CALLEJA, J. & ANDRADE, M.C. "Prevención de la corrosión de armaduras en el hormigón mediante aditivos inhibidores". In: CONGRESO NACIONAL DE CORROSION Y PROTECCION, 1., Madrid, 1974. **Anais**. p.231-240.
- CALLEJA, J. & ANDRADE, M.C. "Prevención de la corrosión de armaduras en el hormigón mediante aditivos inhibidores". In: CONGRESO NACIONAL DE CORROSION Y PROTECCION, 1. Madrid, 1974. **Anais** p.231-240.
- CANOVAS, M.F. "Patologia e terapeutica del hormigón armado". Madrid, 1977.
- CANOVAS, M.F. "Las resinas en la rehabilitación de estructuras". **Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)** Madrid, 1985 (Curso de Rehabilitacion)
- CANOVAS, M.F. "Patologia e terapia do concreto armado". PINI Editora, São Paulo, 1ª. Edição, 1988.
- CAVALERA, J. "Concepto de seguridad". **Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)**. Madrid, 1985.
- CESP, COMPANHIA ENERGETICA DE SAO PAULO. "Algumas informações sobre o concreto com fibras de aço", 1978 (Relatório C-15/78)
- CETESB, COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL "Estruturas de concreto em obras de saneamento: projeto, execução, controle, recebimento". São Paulo (Boletim 04.001)
- CINCOTTO, M.A. "Seleção de materiais quanto à atividade pozolânica". **A Construção São Paulo**, (1905), p.15-18, agosto 1984.
- CLEAR, K.C. "Time to corrosion of reinforcing steel in concrete slabs", **Highway Research Board**.

- COLLEPARDI, M. "Pore structure of hydrated tricalcium silicate". In: RILEM/IUPAC, International Symposium: Pore Structure and Properties of Materials. Prague. 1973. **Anais**, I, p.25-49.
- COLLEPARDI, M. et alii. "The penetration kinetics of chloride ions into concrete". **Il Cemento**, (67), p.157-164, 1970; "Penetration of chloride ions into cement pastes and concretes". **Journal of The American Ceramic Society**, (55), p.534-535, 1972.
- COOK, H.K. & McCOY W.J. "Influence of chloride in reinforced concrete". **ASTM Special Technical Publication 629, Seventy-ninth Annual Meeting**, Chicago, p. 20-29, July 1976.
- COUTINHO, A.S. "Fabrico e propriedades do betão". Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1973.
- CRAIG, R.J. & PARR, J.A. & GERMAIN, E. & MOSQUERA, V. & KAMILARES, S. "Fiber reinforced beams in torsion". **ACI Journal**, Nov-Dec 1986.
- CRANE, A.P. "Corrosion of reinforcement in concrete construction". **The Society of Chemical Industry/Ellis Horwood Limited**, England, 1983.
- CUSENS, A.R. "Corrosion of ferrocement - A review". **Journal of Ferrocement**, 15. (4), p.365-370, Oct 1985.
- DEGHANIAN, C. and LOCKE, C.E. "Electrochemical behavior of steel in salt contaminated concrete". **National Association of Corrosion Engineers**, 39.(8), p.299-305, Aug 1983.
- DJANIKIAN, J.G. & TEZUKA, Y. "Cimentos resistentes a sulfatos". São Paulo, Escola Politécnica - USP, 1980 (Dissertação de Mestrado) - DJANIKIAN, J.C. "Como evitar o fissuramento do concreto". **A Construção São Paulo**, (1880), 1984.
- DIOGENES, A. "As obras do projeto ferrocimento". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.50-58.
- DEHOUSE, N.M. "Méthodes d'essais et caractéristiques mécaniques

- des bétons armés de fibres métalliques". RILEM SYMPOSIUM. 1975, p. 119-136.
- DRANSFIELD, J.M. "Developments in superplasticizers". **Concrete**, p.7-11, Dec 1984.
 - DUTRA, A.C. "Aspectos gerais de corrosão". In: SEMINARIO NACIONAL DE CORROSAO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., Rio de Janeiro, 1984. **Anais**.
 - EDGINTON, S. & HANNANT, D.S., "Steel fibre reinforced concrete". **RILEM, Materials and Structures**. Paris, 5.(25), p.41-44, 1972.
 - EL DEBS, M.K. "Aplicação da argamassa armada na construção de infra-estrutura urbana e de estradas". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.103-108.
 - ELVERY, R.H. "Reduction of shrinkage cracking in reinforced concrete due to the inclusion of steel fibres". In: RILEM SYMPOSIUM, 1975, p.149-169.
 - FANELLA, D.A. & NAAMAN, A.E. "Stress-strain properties of fiber reinforced mortar in compression". **ACI Journal**, Jul-Aug 1985.
 - FEITOSA, G.O. "Incêndio da CESP - Refôrço de emergência". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 31. São Paulo, 31 de julho a 4 de agosto de 1989. **Anais** p.138-152.
 - FERREIRA, O.P. & SILVA, L.F. "O uso de superplastificantes na obtenção de concreto fluido". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.636-650.
 - FIGG, J. "Concrete durability and alkali reactions". **Concrete**, p.18-22, Aug 1981.
 - FIP. "State-of-art", **Report on silica fume in concrete**, 1988.
 - FORTES FILHO, J. "Realizações em argamassa armada do grupo são carlos". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.82-92.
 - FUSCO, P.B. & GENTIL, V. & HELENE, P.R.L. "Propostas de

- pesquisas e desenvolvimento". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.118-119.
- GAMA, R. "História da técnica e da tecnologia". São Paulo, T.A. Queiroz Editor Ltda, Editora da Universidade de São Paulo, 1985.
 - GASTALDINI, A.L.G. & SILVA, L.F. & FERREIRA, O.P. & TEZUKA, Y. "Algumas considerações sobre as interações entre fibra-matriz e fibra-agregados no concreto armado com fibras". São Paulo, Escola Politécnica - USP, 1986 (Seminário apresentado no Departamento de Construção Civil)
 - GASTALDINI, A.L.G. & SILVA, L.P. & FERREIRA, O.P. & BELEM JUNIOR, T. & TEZUKA, Y. "Ação do esgoto doméstico no concreto armado", São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1986 (Seminário apresentado ao Departamento de Construção Civil)
 - GEBLER, S. "Evaluation of calcium formate and sodium formate as accelerating admixtures for portland cement concrete", **ACI Journal**, p.439-444, Sep-Oct 1983.
 - GENTIL, V. "Corrosão", Rio de Janeiro, Editora Guanabara Dois, 2ª. edição, 1982.
 - GENTIL, V. "Corrosão em concreto" In: SEMINARIO NACIONAL DE CORROSAO NA CONSTRUCAO CIVIL, 1., Rio de Janeiro, 1984, **Anais**.
 - GIAMUSSO, S.E. "Os aditivos na tecnologia do concreto. In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.651-663.
 - GIONGO, J.S. "Exemplo prático de dimensionamento". **Associação Brasileira de Cimento Portland**, fevereiro 1988 (Curso Básico Intensivo de Argamassa Armada)
 - GJORV, O.E. "Durability of concrete structures in the ocean environment". In: FIP SYMPOSIUM ON CONCRETE SEA STRUCTURES. Fédération Internationale de la Pré-contrainte. London, 1973, **Anais**. p.141-145.

- GJORV, O.E. & VENNESLAND, O. "Sea salts and alkalinity of concrete". **ACI Journal**, p.512-516, Sep 1976.
- GJORV, O.E. & VENNESLAND, O. & EL-BUSAIDY, A.H.S., "Diffusion of dissolved oxygen through concrete". **NACE Corrosion 76, National Association of Corrosion Engineers**, Houston, (17), p.13, Mar 1976.
- GORISSE, F. - "Etude des micro-bétons pour modèles de estructures". L' INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS. Paris, 1972, **Anais**.
- GREENIUS, A.W. "Ferrocement for canadian fishing vessels - A summary and interpretation of test results 1969-1974". **Industrial Development Branch, Fisheries and Marine Service, Environment Canada**, Ottawa, p.160, Mar 1975.
- GREGOR, A.J. "Field investigation of sewer corrosion". **CORROSION OF CONCRETE SEWERS** - South African Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, 1958.
- GRUPO SÃO CARLOS DE ARGAMASSA ARMADA (EESC-USP) "Steel corrosion on ferrocement: some notes about older constructions in S.Carlos - Brazil". In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERROCEMENT, 2., Bangkok, Thailand, 1984, **Anais**.
- HANAI, J.B. "Construções de argamassa armada: situação, perspectivas e pesquisas". São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1981 (Tese de Doutorado)
- HANAI, J.B. "Argamassa armada: pesquisa e desenvolvimento". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.93-102.
- HANAI, J.B. "Argamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução". São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1987 (Tese de Livre-Docência)
- HANAI, J.B., "Uma Avaliação Tecnológica da Argamassa Armada no Brasil", setembro de 1989 (palestra proferida em Florianópolis/SC).

- HANSSON, C.M. - "Comments on electrochemical measurements of the rate of corrosion of steel in concrete". **Cement and Concrete Research**, 14, p. 574-584, 1984.
- HANSON, C.M. & MARKUSSEN, J.B. "The effect of chloride cation type on the corrosion of steel in concrete by chloride salts". **Cement and Concrete Research**, v.15, p.6573, 1985.
- HARRISON, W.H. "Durability of concrete in acidic soils and waters", **Concrete**, p.18-24, Feb 1987.
- HATTORI, K. "Experiences with mighty superplasticizer in Japan". *Superplasticizers in Concrete*, Detroit, p.37-66, 1979.(Relatório SP-62)
- HELENE, P.R.L. "Corrosão das armaduras no concreto armado". In: SIMPOSIO DE APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 4., Campinas, outubro 1981. **Anais**. (idem, **Cemento-Hormigon**, Madrid, [591], p.175-195, [592], p.282-308, [593], p.378-404, Feb-Mar-Abr, 1983).
- HELENE, P.R.L. "Durabilidade do concreto versus agressividade do meio". **A Construção São Paulo**, (1923): p.21-24, dezembro 1984 e (1925): p.17-20, dezembro 1984.
- HELENE, P.R.L. "Corrosão em armaduras para concreto armado". São Paulo, **Instituto de Pesquisas Tecnológicas - PINI Editora**, 1986.
- HELENE, P.R.L. "Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto". São Paulo, **FOSECO, Divisão Forsroc, Editora Pini Ltda.**, 1988.
- HELENE, P.R.L. "Envelhecimento das superfícies de concreto aparente e produtos de proteção". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 9.: "Reforços, Reparos e Proteção das Estruturas de Concreto", São Paulo/SP, 18-19/5/1989. **Anais**. p.175-208.
- HENAGER, C.H. "New developments in steel fibrous shotcrete". **Concrete Construction**, p.189-194, 1980.
- HERMANN, E. & CAMERATO, C.R. & CONSTRUÇÕES E COMERCIO CAMARGO

- CORREA S.A. "Estudos e aplicação de concreto de alta resistência com microssílica no Brasil". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais**.
- HEWLETT P.C. "The concept of superplasticized concrete". In: Malhotra, V.M., Ed. Superplasticizers in Concrete. Detroit, ACI, SP-62, p.1-20, 1979.
 - HIRSCHFELD, H. "Planejamento com PERT-CPM e análise do desempenho". São Paulo, Editora Atlas S/A, 8ª. Edição, 1985.
 - HOBBS, D.W. & PARROT, L.J. "Prediction of drying shrinkage", **Concrete**, p.19-24, 1979.
 - IBTS - INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. "Telas soldadas para estruturas de concreto armado". **Catálogo Técnico**.
 - IBTS - INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. "Tubos de concreto armado". **Catálogo Técnico**.
 - IBTS - INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. "Telas soldadas galvanizadas". **Catálogo Técnico**.
 - INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGON. "Aditivos superfluidificantes para concreto". México, 1978 (Catálogo Técnico)
 - IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS. "Tecnologia de aditivos". São Paulo, 1, p.358, 21-25 março 1983 (Curso técnico)
 - IORNS, M.E. "Corrosion and corrosion prevention in ferrocement hulls". **Journal of Ferrocement**, 14:(2): p.159-162, Apr 1984.
 - IVANOV, F.M. "Attack of aggressive fluids". **ASTM - American Society for Testing Materials**, v.3, n. 2, p.105-107, 1981.
 - JOHNSON, S.M. "Deterioration, maintenance, and repair of structures". Robert E. Krieger Publishing Company, 1981.
 - KALOUSEK, G.L. et alii, "Past, present, and potential developments of sulfate-resisting concretes". **Journal Testing and Evaluation**, v. 4, n.5, p. 347-354, 1976.
 - KIHARA, Y. "Reação álcali-agregado". In: In: SIMPOSIO NACIONAL

- DE AGREGADOS, 1. São Paulo, 9-10 de junho 1986, **Anais** p.127-142.
- KIHARA, Y. & ESPER, M.W. "Cimentos pozolânicos". **Cimento & Concreto**. Associação Brasileira de Cimento Portland, Ano XVII, São Paulo, n. 94, p.4-5, janeiro-fevereiro 1987.
 - KLEIN, D.L. "Estudos das propriedades dos agregados do microconcreto". Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, n. 60/83, 1983 (Caderno Técnico)
 - KLEIN, D.L. "Microconcreto - método de dosagem", Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, n. 3/85, março 1985 (Caderno Técnico).
 - KLEIN, D.L. "Curvas de correlação resistência - fator água/cimento para o microconcreto". JORNADAS LATINO AMERICANAS, 1986. **Anais**.
 - KRUGER, J. - "Corrosion - Its Character and Consequences" - ASTM Standardization News - may 1981 - pp. 21-23 e 48.
 - LANKARD, D.R. "Fiber concrete applications". In: RILEM SYMPOSIUM, 1975 **Anais**, p.3-19.
 - LEA, F.M., "The Chemistry of Cement and Concrete", Edward Arnold, Glasglow, 3th. Ed., 1970
 - LEIVESTAD, S. et alii "The utilization of high strength concrete. A survey of international codes and regulations" "Utilization of High Strength Concrete" - Symposium in Stavanger 1987 - proceedings pp. 379-392.
 - LERCH, W., "Plastic Shrinkage", Journal of the American Concrete Institute, Detroit, pp. 797/802, 1957.
 - LIBORIO, J.B.L. & HANAI, J.B. "Patologia das construções de argamassa armada" In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: "Patologia das Edificações". São Paulo, 4-5 dezembro 1986. **Anais**.
 - LIBORIO, J.B.L. & TEZUKA, Y. "Especificação para o concreto armado em contato com esgoto doméstico". São Paulo, Escola Politécnica - USP, junho 1987 (Seminário apresentado no

Departamento de Construção Civil)

- LIBORIO, J.B.L. "Concreto armado com fibras: aplicações em pré-moldados". São Paulo, Escola Politécnica - USP, junho 1987 (Seminário apresentado no Departamento de Construção Civil)
- LIBORIO, J.B.L. "A influência dos aditivos na corrosão da armadura de elementos de concreto armado". São Paulo, Escola Politécnica - USP, junho 1987 (Seminário apresentado no Departamento de Construção Civil)
- LIBORIO, J.B.L. "A utilização de aditivos na produção de argamassa armada: vantagens e desvantagens". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.594-608.
- LICHTENSTEIN, N.B. "Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações". São Paulo, Escola Politécnica - USP, 1986 (Dissertação de Mestrado)
- LIMA, J.G.F. "A industrialização da argamassa armada no Brasil". In: SIMPOSIO NACIONAL DE ARGAMASSA ARMADA, 1., São Paulo, 2-3 junho 1986. **Anais**. p.122-125.
- LOTUFFO, V., Projeto de caixas de água, não divulgado, 1988.
- LUDWIG, R.G. "Projetos de esgotos sanitários - controle de sulfetos". **Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v.12, n.4, p.336-344, outubro-dezembro 1973.
- LUDWIG, R.G. & SA DE ALMEIDA, S.A. "Controle da corrosão por sulfetos no projeto de interceptores de esgoto". **Revista DAE**, São Paulo, v. 39, p.70-81, 1979.
- LUPINACCI, A. & PEZZOLI, J. "Aditivos superfluidificantes - tecnologia de usos y experiencias en obra". SIKA Argentina (Catálogo Técnico)
- MAAGE, M. "Interaction between steel fibers and cement based matrixes". **Matériaux et Constructions**, v. 10, n. 59, p.297-301, Sep-Oct 1977.

- MACPHERSON, D.R. & FISCHER, H.C. "The effect of water-reducing admixtures and set retarding admixtures on the properties of hardened concrete". **ASTM Special Technical Publication**, n. 266, p.201-217, 1960.
- MAILVAGANAM, N.P. "Factors influencing slumps loss in flowing concrete". **ACI - SP-62**, Detroit, p.389-403, 1979.
- MALHOTRA, V.M. "Superplasticizers: their effect on fresh and hardened concrete". **Concrete International**, p.66-81, May 1981.
- MANDEL, J.A. & WEI, S. & SAID, S. "Studies of the properties of the fiber-matrix interface in steel fiber reinforced mortar". **ACI Materials Journal**, p.101-109, march/april 1987.
- MANGAT, P.S. & GRIBANANDAN, G. "Chloride diffusion in steel fibre reinforced marine concrete". **Cement and Concrete Research**, v. 17, p. 385-396, 1987.
- MANGAT, P.S. "Chloride diffusion in steel fibre reinforced concrete containing PFA". **Cement and Concrete Research**, v.17, p.640/650, 1987.
- MELCONIAN, R.D. "Aditivo para hormigon - produccion - aplicacion características", Catálogo Técnico - DAREX.
- MESQUITA, C.C. & MELO, E.B. & BASILIO, F.A. "A influência da porosidade capilar das pastas de cimento na resistência à compressão dos concretos". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.144-154.
- MEHTA, P.K. & GERWICK, B.C., "Cracking-corrosion interation in concrete exposed to marine environment". **Concrete International**, p.45/51, 1983.
- MIDGLEY, H.G. & ILLSTON, J.M. "The penetration of chlorides into hardened cement pastes". **Cement and Concrete Research**, v. 14, p.546-558, 1984.
- MOLLICA JR, S. "O uso da tela soldada no combate à fissuração". **IBTS, Instituto Brasileiro de Telas Soldadas**, 1979 (Catálogo Técnico)

- MOLIN, D.C.C. DAL "Incidência de manifestações patológicas em edificações de concreto armado". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.103-114.
- MONTOYA, P.J. & MESEGUER, A.G. & CABRE, F.M. "Hormigon armado", v.1, Editorial Gustavo Gili, S.A., 7ª. Edicion, 1973.
- MOORFIELD, G. "Concrete for hot climates". **Journal of the Concrete Society**, p.14-18, Dec-1982.
- MOSKVIN, V. "Concrete and reinforced concrete deterioration and protection", Mir Publishers, 1983.
- MYRRHA, M.A. & BAPTISTA JUNIOR, P.P., "Ferrocimento artesanal e suas aplicações no meio rural". **Cimento & Concreto**, n.108, maio/junho 1989.
- NAAMAN, A.E. & SHAH, S.P. "Bond studies on oriented and aligned steel fibres". In: RILEM SYMPOSIUM, 1986. p.171-178.
- NAAMAN, A.E. et alii "State-of-the art report on ferrocement". **Concrete International**, SP-199, p.13-38, Aug 1982.
- NAAMAN, A.E. "Fiber reinforcement for concrete", **Concrete International**, v. 7, n. 3, March 1985.
- NEVILLE, A.M. "Essentials of strength and durability of various types of concrete with special reference to sulfur". **ACI Journal**, n. 76-41, p.973-996, September 1979.
- NEVILLE, A.M. "Propriedades do Concreto". São Paulo, PINI Editora, 1ª. Edição, 1982.
- NEVILLE, A. "Corrosion of reinforcement". **Journal of the concrete society**. p.48-50, Jun 1983.
- NILSON, A.H. "High-strength concrete-material performance and member behavior". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 31. São Paulo, 31 de julho a 4 de agosto de 1989, **Anais** p.1-29.
- NOGUEIRA, J.B. & NOGUEIRA, M.C.A. "Manual de redação de trabalhos científicos", São Carlos, EESC-USP, 1985.
- O' BRIEN, T.P. "Concrete deterioration and repair". **Proc.Instn.Civ.Engrs**. Part 1, p.399-408, August 1980.

- OLIVEIRA, P.S.F. "Preparo do substrato e metodologia de reparos". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 9.: "Reforços, Reparos e Proteção das Estruturas de Concreto", São Paulo/SP, 18-19/5/1989. **Anais**. p.46-67.
- ORLANDI, S.A.F., "Notas de Aula do Curso: Formulação de Projeto para Obra de Construção Civil, São Paulo, EPUSP, 1983.
- OSBORNE, G.J. & SMITH, M.A. "Sulphate resistance and long-term strength properties of regulated-set cements". **Concrete Research**, n.29, p.213/224, 1977.
- OTTO BAUMGARDT "Aditivos para concretos, argamassas e caldas de cimento". São Paulo, **Catálogo Técnico**, 7ª. edição, 1986.
- OTTO BAUMGART "Impermeabilização de estruturas". São Paulo, **Catálogo Técnico**, 7ª. Edição, 1988.
- OTTO BAUMGART, "Manual técnico". São Paulo, 26ª. Edição, 1989.
- PALMER, D. "Alkali-aggregate reaction in Great Britain - the present position". **Journal of the Concrete Society**, p.24-25, March 1981.
- PATTON, W.J. "Materiais de construção". São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
- PERKINS, P.H. "The corrosion resistance of concrete sanitary engineering structures", **Concrete International**, p.75-81, April 1981.
- PERKINS, P.H. "Improving the corrosion resistance of concrete". **Concrete**, p.29-30, Aug 1982.
- PFEIFER, D.W. "Steel corrosion damage on vertical concrete surfaces". **Concrete Construccin**, 1981.
- PFEIFER, D.W. & LANDGREN, J.R. & PERENCHIO, W. "Concrete, chlorides, cover and corrosion", **PCI Journal**, p.43-53, July-August 1986.
- PETRUCCI, E.G.R. "Concreto de cimento portland", Rio de Janeiro, Editora Globo, 9ª. Edição, 1982.
- POITEVIN, P. & REGOURD, M. "Durabilité des bétons: cas des

- granulats réactifs". L'INSTITUTE TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, (413), 1981. **Annales**, p.109-143.
- POLISSENI, A.E. "Método para avaliar o desempenho de produtos impermeabilizantes destinados à proteção de estruturas de concreto". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO", 9., São Paulo, 18-19 maio 1989. **Anais**. p.279-286.
 - POURBAIX, M., "Atlas of electrochemical equilibrium in aqueous solutions". Pergamon Press Limited, London, 1976.
 - POWERS, T.C. et alii, "Permeability of portland cement paste". **ACI Journal**, Proceedings v. 51, n. 3, p.285-298, Nov. 1954.
 - PRUDENCIO, W.J. "Aspecto arquitetônico na recuperação das estruturas de concreto armado". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO", 9., São Paulo, 18-19 maio 1989. **Anais**. p. 225/248.
 - RAMACHANDRAN, V.S. "Concrete admixtures handbook - properties, science and technology", Noyes Publications, 1985.
 - RASHEEDUZAFAR, F. & KAHIL, F.H. & AL-GAHTANI, A.S. "Deterioration of concrete structures in the environment of the middle east" - Discussion by TUTHILL, L.H. **ACI Journal**, p.646-651, Nov-Dec 1984.
 - RAVINA, D. & MOR, A. "Effects of superplasticizers". **Concrete International**, p.53/55, July 1986.
 - RILEM, "Durability of Concrete". In: RILEM SYMPOSIUM, Prague, 1969.
 - RILEM CRC Committee (Corrosion of Reinforcement in Concrete), "Steel in concrete: corrosion of reinforcement and prestressing tendons". 'State-of-the art' - April 1975.
 - RILEM - Projet de Recommandation de la Rilem. **Matériaux et Constructions**, v.17, n°. 102, p.435-440.
 - RILEM COMMITTEE 48-FC - "A summary of ferrocement construction and a survey of its durability", p. 297/321, 1986.

- ROBERTSON, K.R. & RASHID, M.A. "Effect of solutions of humic compounds on concrete". **ACI Journal**, 1976, p.577/580, 1980.
- ROBLES-AUSTRIACO, L. "Corrosion and corrosion control in ferrocement hull". **Journal of Ferrocement**, v.13, n.2, p.181-185, April 1983.
- RODRIGUES FILHO, H.C. & SANTOS, M.V. "Tecnologia do concreto de alta resistência: considerações gerais e sucintas". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais**.
- RUETTIGERS, A. & VIDAL, E.N. & WING, S.P., "An investigation of the permeability of mass concrete with particular reference to boulder dam". **ACI Journal**, Proceedings v. 31, n. 4, p.382-416, 1935.
- SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BASICO DO ESTADO DE SAO PAULO, "Especificação para tubo de concreto armado para esgoto sanitário". **Boletim S-000/000/EST-001 - R.1**, março 1979.
- SABESP, "Especificação - tubo de concreto armado para esgoto sanitário". **Boletim S-000/000/EST-001-R1**, março 1979.
- SANTOS, L.M. "Cálculo de concreto armado". São Paulo. Editora LMS Ltda, v. I e II, 1981.
- SBRIGHI NETO, C. "O uso do pó de pedra em concreto". In: SIMPOSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1. São Paulo, 9-10 junho 1986, **Anais**, p.143-152.
- SCARINO, J.H. "Evolution of watertight construction joint design for sanitary structures". **Concrete International: Design Constructions**, v.3, p.48-52, April 1981.
- SHAH, S.P. & LUB, K.B. & RONZONI, E. - RILEM - Committee 48-FC "A summary of ferrocement construction and a survey of its durability". **Rilem Technical Committees - Matériaux et Constructions**, v. 19, n. 112, p.297-321, 1986.
- SHALON, R. & RAPHAEL, M. "Influence of sea water on corrosion of reinforcement". **ACI Journal**, Proceedings, v. 55, n. 8, p.1251-1268, Feb 1959.

- SIKA, **Manual Técnico**, 1989.
- SILVA, L.F., "Argamassas com microssilica - Estudo de consistência e resistência". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.165-176.
- SINGH, N.B. "Influence of calcium gluconate with calcium chloride or glucose on the hydration of cements". **Cement and Concrete Research**, n. 5, p.545-550, 1975.
- SOBRAL, H.S. & PRISZKULNIK, S. "Concreto fresco - propriedades - aspectos reológicos", ABCP, 1977 (Boletim Técnico)
- SOBRAL, H.S. "Considerações sobre o comportamento em serviço das estruturas de concreto off-shore". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.418-436.
- STEINAR, H. "Temperature and strength development in concrete with w/c less than 0,40". In: "Utilization of High Strength Concrete". Stavanger, p.473-486, 1987, **Anais**.
- STEINAR, H. "The use of high strength concrete". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais**
- STORTE, M. "Deterioração do concreto aparente pelo meio ambiente". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.94-102.
- STORTE, M. "Durabilidade de sistemas impermeabilizantes verticais". In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 9.: "Reforços, Reparos e Proteção das Estruturas de Concreto", São Paulo/SP, 18-19/5/1989. **Anais**. p. 287-296.
- STORTE, M. "Concreto polímero - resistência química versus resistência mecânica". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 31. São Paulo, 31 de julho a 4 de agosto de 1989, **Anais** p.246-259.
- STRATFULL, R.F. "Half-cell potentials and the corrosion of

- steel in concrete". **American Concrete Institute - SP-158**, Highway Research Board, 1973.
- STUCCHI, F.R. & GERTSENCHTEIN, M. "Comentários sobre o dimensionamento de peças de concreto com microssilica". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.30-39.
 - SWAMI, R.N. & AL-NOORI, K.A. "Flexural behaviour of fibre concrete with conventional steel reinforcement". In: RILEM SYMPOSIUM. 1975, **Anais**, p.187-196.
 - SWAMI, R.N. & STAVRIDES, H. "Some properties of high workability steel fibre concrete". In: RILEM SYMPOSIUM. 1975, **Anais**, p.197-208.
 - SWAMY, R.N. "Fibre reinforced cement and concrete". In: RILEM SYMPOSIUM. 1975 - **Rilem Bulletin**, 9.(53), Sept-Oct 1976, p.375-377. - SWAMY, R.N. "Concrete technology and design", v. I, II e III, Surrey University Press, London, 1983.
 - SWAMI, R.N. & SPANOS, A. "Deflection and cracking behaviour of ferrocement with grouped reinforcement and fiber reinforced matrix", **ACI Journal**, n. 82-8, p.79-91, January-February 1985.
 - TARTUCE, R. "Dosagem experimental do concreto". São Paulo. Editora PINI Ltda, 1989.
 - TEBAR, D.G. "Aditivos para hormigones, morteros y pastas - estado actual de la normativa en España". **Cimento & Hormigon**, p.242-276, março 1987.
 - TEIXEIRA, A.B. "Aplicações e uso de concreto modificado com látex". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 30. Rio de Janeiro, 8-12 de agosto de 1988, **Anais** p.130-143.
 - TEIXEIRA, A.B. "A utilização do concreto modificado com látex na recuperação de estruturas". In: REUNIAO ANUAL DO IBRACON, 31. São Paulo, 31 de julho a 4 de agosto de 1989, **Anais** p.260-274.
 - TEZUKA, Y. "Guia de Utilização de Cimentos Hidráulicos". São

- Paulo, **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 1988.
- THOMAZ, E. "Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação". **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 2ª. Ed., 1986 (Boletim Técnico).
 - THORNTON, H.T. "Acid attack of concrete caused by sulfur bacteria action". Detroit, - ACI, s.d. (MS 4203).
 - TRIKHA, D.N. & SHARMA, S.P. & KAUSHIK, S.K. & SHARMA, P.C. & TIWARI, V.K. "Corrosion studies in ferrocement structures". **Journal of Ferrocement**, v.14, n. 3, p.221-233, July 1984.
 - TUUTTI, K. "Cracks and corrosion - The corrosion of steel in concrete - the effects of cracks in the concrete cover", Stockholm, **Research Report**, Swedish Cement and Concrete Research Institute, n. 4, p.469, 1982.
 - UEMOTO, K.L. "Patologia: danos causados por eflorescência". São Paulo, **A Construção São Paulo**, n. 1877, 1984.
 - UHLIG, H.H. "Corrosion and corrosion control". New York, John Wiley & Sons, 2ND Edition, 419p. 1971.
 - VAIDERGORIN, E.Y.L. "Reação álcali-agregado". In: SIMPOSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1. São Paulo, 9-10 junho 1986, **Anais**, p.121-126.
 - VERBECK, G.J. "Mechanisms of corrosion of steel in concrete". **ACI publication SP-49**, "Corrosion of metals in concrete", p.21-38, 1975.
 - WAINSZTEIN, M. & URRIZA, R.A. "Durabilidad de las construcciones marítimas de hormigón armado". **Cemento-Hormigon**, n. 633, p.787-790, agosto 1986.
 - WEI, S & MANDEL, J.A. & SAID, S. "Study of the interface strength in steel fiber-reinforced cement-based composites". **ACI Journal**, p.597-605, July-August 1986.
 - WILDER, C.R. & SPEARS, R.E. "Concrete for sanitary engineering structures". **Concrete International: Design Construction**, v.3, p.29-34, April 1981.
 - WILLIAMSON, G.R. "Fibrous reinforcement for portland cement

- concrete". Cincinnati, Ohio River Division Laboratories, May 1965. 55p. (Technical Report 2-40, US Army Corps of Engineers)
- WILLIAMSON, G.R. "Response of fibrous-reinforced concrete to explosive loading". Cincinnati, Ohio River Division Laboratories, p.83, 1966 (Technical Report n. 2-48, US Army Corps of Engineers)
 - WILLIAMSON, G.R. & KNAB, L.I. "Full scale fibre concrete beam tests". In: RILEM SYMPOSIUM. 1975, **Anais**, p.209-214.
 - WOLINEC, S. "Aplicação de canos galvanizados em construção civil". In: SEMINARIO NACIONAL DE CORROSAO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, Rio de Janeiro, janeiro 1984, **Anais**.
 - YALCIN, N. & GUNDUZ, G. "Tensile and impact strengths of steel fiber reinforced polymer impregnated concrete", **Concrete Research**, v.16, n. 6, p.793-797, nov. 1986.