

MARIA DA FÁTIMA GUIMARÃES FARIA PORTELA MOREIRA

SUPERFÍCIES DE BETÃO
APARENTE

FACULDADE DE ENGENHARIA

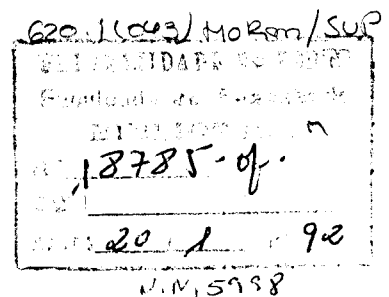
UNIVERSIDADE DO PORTO

1991

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
GABINETE DE CONSTRUÇÕES CIVIS

MARIA DE FÁTIMA GUIMARÃES FARIA PORTELA MOREIRA

SUPERFÍCIES DE BETÃO APARENTE



TESE APRESENTADA NA FACULDADE
DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
DO PORTO PARA OBTENÇÃO DE
GRAU DE MESTRE EM CONSTRUÇÃO
DE EDIFÍCIOS

043 M
M 838 ₂

PORTO
1991

AGRADECIMENTOS

Ao apresentar este trabalho não posso deixar de expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para que este se concretizasse. De um modo muito especial, quero expressar a mais sincera gratidão:

Ao Professor Joaquim Sampaio pelo permanente acompanhamento, orientação e estímulo manifestado.

Aos Professores Victor Abrantes e Barbosa de Abreu pelo estímulo amigo e o apoio que sempre me concederam.

Ao Corpo Docente do 2º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela sua amizade e ensinamentos.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por me ter facilitado a frequência deste curso.

Finalmente, a colaboração dos experimentadores do Laboratório de Ensaios de Materiais: Manuel Hora e Fernando Hora na realização do trabalho experimental.

RESUMO

Com o objectivo de uma contribuição para um melhor conhecimento dos problemas inerentes ás superfícies de betão aparente fez-se uma recolha dos elementos existentes sobre esta temática, resultando este trabalho da sua compilação e sistematização.

Começa-se por uma abordagem sintética sobre o material betão e seus constituintes particularizando a sua influência no aspecto final da superfície de betão.

Seguidamente dada a sua intervenção directa no aspecto do betão, fez-se uma descrição bastante exhaustiva sobre cofragens, desde a sua catalogação a características, pormenores e manutenção a exigir a um molde.

De seguida faz-se uma sistematização dos principais defeitos existentes em superfícies de betão aparente, tentando desde logo fazer-se uma ligação directa causa-efeito, descrevendo-se após as principais precauções a tomar de forma a minimizar-se os defeitos enumerados.

Apresenta-se depois uma série de ensaios executados em laboratório em que se tomam como variáveis o tipo de cofragem e a composição do betão.

A partir daqui evoluiu-se para uma descrição genérica das formas como actualmente se pode apresentar o betão à vista, descrevendo-se no último capítulo um resumo do trabalho executado, no qual se expõe algumas das conclusões mais importantes nele inseridas.

INDICE GERAL

1-	BETÃO APARENTE - NOTA HISTÓRICA	1
1.1-	Introdução	1
1.2-	O inicio do betão armado	2
1.3-	A utilização do betão aparente	5
2-	O MATERIAL BETÃO	11
2.1-	Introdução	11
2.2-	Matérias primas	11
2.2.1-	Inertes	11
2.2.2-	Ligantes hidráulicos	13
2.2.3-	Água	14
2.2.4-	Aditivos ou adjuvantes	15
2.3-	Métodos para a determinação da composição do betão	16
2.4-	Fabrico	17
2.5-	Colocação em obra	19
2.6-	Compactação do betão	20
2.6.1-	Vibradores ou agulhas vibratórias	20
2.6.2-	Vibradores de cofragem	21
3-	COFRAGENS	22
3.1-	Introdução	22
3.2-	Solicitações sobre as cofragens	22
3.2.1-	Acções principais	22
3.2.2-	Valores da pressão exercida sobre a cofra- gem	24
3.3-	Materiais de cofragem	30
3.3.1-	Madeira	30
3.3.2-	Metal	33
3.3.3-	Betão	34
3.3.4-	Outros materiais	34
3.4-	Tipos de cofragem	35

3.4.1-	Cofragens perdidas	35
3.4.2-	Cofragens recuperáveis	36
3.5-	Características a exigir, pormenores de execução e manutenção das cofragens	40
3.6-	Custo das cofragens	43
4-	DEFEITOS DAS SUPERFÍCIES DO BETÃO APARENTE E SUAS CAUSAS.	50
4.1-	Introdução	50
4.2-	Bolhas de ar	51
4.3-	Vazios - "chochos"	56
4.4-	Textura arenosa	57
4.5-	Crostas	58
4.6-	Empenamentos	59
4.7-	Descasque	59
4.8-	Incrustações	61
4.9-	Fissuração	62
4.10-	Riscos	63
4.11-	Manchas	64
4.11.1-	Variações de tons	64
4.11.2-	Manchas de ferrugem	65
4.11.3-	Variações pontuais de cor	65
4.11.4-	Eflorescências	66
4.12-	Corrosão	66
5.	CUIDADOS A TER NA EXECUÇÃO DE SUPERFÍCIES DE BETÃO APA- RENTE	80
5.1-	Cofragens	80
5.2-	Composição e fabrico do betão	85
5.3-	Armaduras	89
5.4-	Transporte do betão	91
5.5-	Colocação do betão	93
5.6-	Interrupções de betonagem	98
5.7-	Compactação do betão	99
5.8-	Cura e descofragem	101

5.9-	Limpeza	104
5.10-	Armazenamento	105
5.11-	Combinação betão prefabricado - betão moldado "in situ"	105
6-	ENSAIOS DE PEÇAS DE BETÃO COM VARIOS TIPOS DE COFRAGEM ..	112
6.1-	Introdução	112
6.2-	Cofragens	112
6.3-	Composição dos betões	114
6.4-	Execução dos ensaios	116
6.5-	Análise comparativa das superfícies obtidas	127
6.5.1-	Comparação dos resultados conforme o tipo de superfícies dos moldes	127
6.5.2-	Comparação dos resultados conforme a variação da composição do betão	129
7-	SUPERFÍCIES DE BETÃO APARENTE COM INERTES A VISTA	139
7.1-	Introdução	139
7.2-	Cor	139
7.3-	Textura	142
7.3.1-	Emprego de retardador de presa	143
7.3.2-	Lavagem com água	144
7.3.3-	Ataque com ácido	144
7.3.4-	Jacto com abrasivos ou areia	145
7.3.5-	Outros processos de acabamento	146
7.4-	Custo dos acabamentos	147
8-	OUTROS TIPOS DE ACABAMENTO DO BETÃO APARENTE	150
8.1-	Introdução	150
8.2-	Antes da betonagem do molde	151
8.2.1-	Acabamento uniforme	151
8.2.2-	Acabamento com materiais distintos	152
8.2.3-	Acabamento dado por uma descofragem imedia-	

ta	152
8.3- Depois da betonagem do molde	153
8.3.1- Na superfície inferior	153
8.3.2- Na superfície superior	154
8.4- Depois do betão ter ganho presa e endurecido	155
8.4.1- Acabamentos em superfícies uniformes	155
8.4.2- Acabamentos em superfícies grosseiras	156
8.5- Variação do tipo de acabamento no mesmo paramento.	156
9- O BETÃO APARENTE COM O TEMPO	158
9.1- Introdução	158
9.2- Sujidades atmosféricas	159
9.3- Sedimentos provenientes da lavagem de materiais adjacentes	160
9.4- Acção química da atmosfera e próprio material so- bre a sua superfície	160
9.5- Modificações superficiais do material	161
9.6- Cuidados a tomar	162
10- CONCLUSÃO	170
11- BIBLIOGRAFIA	175

INDICE DE FIGURAS

1.1-	Piscina de Leça da Palmeira	8
1.2-	Liceu Garcia da Horta	8
1.3-	Igreja da Nã. Senhora da Boavista	9
1.4-	Interior da Igreja da Nã. Senhora da Boavista	9
1.5-	Bloco habitacional- Foz do Douro	10
1.6-	Torre da Capela de Francelos	10
3.1-	Pressão sobre a cofragem em função da velocidade de enchimento	26
3.2-	Pressão sobre a cofragem em função da dosagem	27
3.3-	Fachada do Liceu Garcia da Horta com cofrada com madeira	45
3.4-	Parede executada com cofragem de madeira	45
3.5-	Aspecto visual dado por um jogo de cofragem de madeira	46
3.6-	Interior da Igreja da Nã. Senhora da Boavista- exploração visual da cofragem de madeira	46
3.7-	Pormenor de uma superfície de betão cofrada com madeira	47
3.8-	Estrutura de betão executada com cofragem de contraplacado	47
3.9-	Pormenor da estrutura da figura anterior	48
3.10-	Estruturas prefabricadas com moldes de metal	48
3.11-	Laje fungiforme executada com moldes de plástico .	49
3.12-	Pormenor de um alvéolo da estrutura da fig. anterior	49
4.1-	Esquema de formação de bolhas no interior de uma betoneira	52
4.2-	Esquema do modo de aprisionamento de bolhas na colocação do betão	53
4.3-	Superfície de betão com bolhas de ar	69
4.4-	Superfície de betão dominada por bolhas de ar	69
4.5-	Pilar de um edifício em betão com bolhas de ar ...	70
4.6-	Pormenor de betão com bolhas de ar	70
4.7-	Superfície de betão com vazios e crostas	71

4.8-	Pormenor de parede de betão com vazios	71
4.9-	Pormenor de um vazio	72
4.10-	Junta de cofragem que originou uma textura arenosa	72
4.11-	Platibanda de um edifício com sinais de descasque.	73
4.12-	Incrustação do material da cofragem no betão	73
4.13-	Fachada de um edifício com uma fissura estrutural.	74
4.14-	Superfície de betão fissurada	74
4.15-	Superfície de betão manchada	75
4.16-	Superfície da figura anterior vista de outro ângulo	75
4.17-	Manchas de ferrugem por contacto de peças oxidáveis com o betão	76
4.18-	Manchas de ferrugem provocada pela oxidação da armadura	76
4.19-	Superfície com eflorescências	77
4.20-	Superfície dominada por eflorescências	77
4.21-	Superfície moldada com plástico originando uma cor uniforme	78
4.22-	Pormenor de betão com fungos	78
4.23-	Platibanda de betão com armadura à vista	79
4.24-	Fachada de um edifício com armadura à vista	79
5.1-	Segregação do betão devido à colocação	95
5.2-	Colocação do betão num molde horizontal	95
5.3-	Paramento de betão à vista com aspecto dado pela cofragem de madeira	107
5.4-	Torre executada em betão à vista com cofragem de madeira	107
5.5-	Deteoração do betão colocando a armadura à vista .	108
5.6-	Armadura à vista devido a pequeno recobrimento do betão	108
5.7-	Pormenor de descasque seguido de corrosão da armadura	109
5.8-	Edifício em construção com sujidades provocadas pela obra	109
5.9-	O mesmo edifício da figura anterior visto em pormenor	110

5.10-	Armazenamento de peças de betão prefabricado	110
5.11-	Combinação betão fabricado "in situ" - betão pre- fabricado	111
5.12-	Outro aspecto da combinação betão "in situ" - pre- fabricado	111
6.1-	Método de Faury - 1ª Composição	121
6.2-	Método de Faury - 2ª Composição	122
6.3-	Método de Faury - 3ª Composição	123
6.4-	Método de Faury - 4ª Composição	124
6.5-	Composição I - cofragem platex	133
6.6-	Composição I - cofragem madeira aparelhada	133
6.7-	Composição I - cofragem contraplacado	133
6.8-	Composição I - cofragem metal	133
6.9-	Composição II - cofragem contraplacado	134
6.10-	Composição II - cofragem madeira aparelhada	134
6.11-	Composição II - cofragem platex	134
6.12-	Composição II - cofragem metal	134
6.13-	Composição III - cofragem contraplacado	135
6.14-	Composição III - cofragem madeira aparelhada	135
6.15-	Composição III - cofragem metal	135
6.16-	Composição III - cofragem platex	135
6.17-	Composição IV - cofragem contraplacado	136
6.18-	Composição IV - cofragem metal	136
6.19-	Composição IV - cofragem madeira aparelhada	136
6.20-	Composição IV - cofragem platex	136
6.21-	placas moldadas com platex	137
6.22-	placas moldadas com contraplacado	137
6.23-	placas moldadas com madeira aparelhada	137
6.24-	placas moldadas com metal	137
6.25-	Faces opostas à cofragem	138
7.1-	Superfície de betão aparente com inertes à vista .	148
7.2-	Superfície de betão sujeita a exposição profunda .	148
7.3-	Superfície com inertes à vista pelo método do re- tardador de presa	149
7.4-	Superfície de betão com selecção de inertes	149
8.1-	Superfície de betão com inertes à vista colocados	

directamente no molde	157
8.2- Superfície de betão pintado à sua cor	157
9.1- Superfície de betão sujeita ao tempo	165
9.2- Betão sujeito à sujidade atmosférica	165
9.3- Betão com sujidades provenientes de outros elementos de obra	166
9.4- Betão sujeito ao ataque da acção química	166
9.5- Betão com várias manchas nomeadamente de ferrugem.	167
9.6- Paramento com boas características contra o tempo.	167
9.7- Betão aparente em ambiente agressivo bem conservado	168
9.8- Pintura do betão destruída com o tempo	168
9.9- Edifício de betão à vista em reparação	169
9.10- Pormenor de grande reparação no edifício da figura anterior	169

INDICE DE QUADROS

2.1- Quadro V do anexo III do R.B.L.H.	13
3.1- Pressões em função das velocidades de enchimento e altura de betão	28
3.2- Pressões exercidas sobre a cofragem conforme o tipo de betão	29
6.1- Análise granulométrica e características -inerte 1.	118
6.2- Análise granulométrica e características -inerte 2.	119
6.3- Análise granulométrica e características -inerte 3.	120
6.4- Composição do betão I	125
6.5- Composição do betão II	125
6.6- Composição do betão III	126
6.7- Composição do betão IV	126

1- BETÃO APARENTE - NOTA HISTÓRICA

1.1- INTRODUÇÃO

A utilização do material betão é muito antiga tendo talvez a sua origem na Grécia. Os romanos empregavam a mistura de pedras, areia, cal e água na construção de grandes obras públicas como aquedutos, pontes, cais, molhes e outras obras maciças que geralmente revestiam de alvenaria de tijolo ou de pedra. A utilização deste material nunca se perdeu completamente, mas foi só depois do inglês Joseph Apsdin, oleiro da cidade de York, obter em 1824 a primeira patente para o fabrico do "cimento Portland", assim chamado pela semelhança da sua cor com a do calcário da região que tem aquele nome, que o betão começou a ter um emprego mais amplo.

A invenção do betão armado em 1848 por Lambot e a intervenção do arquitecto Auguste Perret em 1898, foram os pontos de partida para a utilização de um material de construção que veio imprimir um novo rumo à construção do século XX.

As obras de betão armado começaram a aparecer nos Estados Unidos e em França na segunda metade do século XIX mercê do esforço de François Hennebique. Estas obras encontraram uma expressão arquitectónica a partir da igreja de São João de Montmartre de A. de Baudot em 1894, e da casa construída em 1903 por Auguste Perret na Rua Franklin em Paris, caracterizando posteriormente os edifícios erigidos em Lion por Tony Garnier, que já em 1901-04 imaginara a sua "cidade industrial" de betão armado, e as estruturas de Eugène F. Freyssinet.

Assim como a natureza do material utilizado pelo Homem marca uma época da História da Civilização - a pedra, o bronze, o ferro - o betão e o betão armado marcam com a sua presença o século XX.

1.2- O INICIO DO BETÃO ARMADO

A introdução do betão armado em Portugal teve o seu marco histórico no grupo dos materiais construtivos tradicionais no início do presente século, ao mesmo tempo que estava a ser aceite por projectistas e construtores de todo o mundo com entusiasmo e mesmo audácia, apreendendo-o na sua vocação eminentemente estrutural. Este novo material considerado como "rude" para o gosto da época, várias vezes se teve de camuflar sob outras aparências, recorrendo para tal ao uso dos materiais tradicionais. Assim foram as pontes e a arquitectura industrial as primeiras a erguer estruturas de betão armado à vista.

Sendo o betão armado um material sem qualquer tradição ou prestígio, como até então se verificava para outros materiais tais como pedra, tijolo ou madeira, a sua introdução foi feita com objectivos tidos como menos nobres, apagados ou culturalmente pouco representativos.

Aparece então o betão armado de carácter experimental, aplicado em armazéns, silos, pontes e fábricas.

Caso se verificasse algum problema na construção destes imóveis, cujas causas fossem atribuídas ao fracasso deste material novo não teria importância, visto tratar-se de construções com acabamentos tidos como de segundo plano.

Em 1894, a "Fábrica Tejo" recebeu o seu primeiro alvará autorizando a fornecer ao País cimento Portland artificial, cuja produção era já de 6000 toneladas por ano.

"Os primeiros trabalhos de importância" do betão armado em Portugal, como designa João Segurado em "Betão Armado", iniciaram-se em 1896 na reconstrução da antiga Fábrica de Moagem de Trigo do Caramujo fundada em 1865, situada junto às águas do Tejo na margem sul. Este trabalho foi entregue a Hennebique, cuja empresa se encontrava em expansão a nível mundial.

Anteriormente a esta data, 1896, há registo da aplicação do betão como elemento não estrutural, apenas decorativo e tentando imitar outro material tradicional - a pedra. Assim aparece em degraus, peitoris, balaústres, vasos, marcos e bacias fontanárias.

No "Relatório acerca dos sistemas modernos de canalizações" publicado em 1880 por Castel-Branco há referência à produção de blocos para obras marítimas utilizadas no "cais oriental de Lisboa" em 1879.

Simultaneamente com o desenvolvimento industrial do cimento portland aparece a evolução da tecnologia metalúrgica destinada ao fabrico do aço para as armaduras.

Em Portugal a aplicação do betão continua de uma forma grandiosa. Em 1898 verifica-se uma primeira tentativa da prefabricação com a execução de quarenta e uma "formas de madeira" para o fabrico de blocos de "beton hidráulico" destinados à construção do muro-cais de Lourenço Marques.

Em 1904 a "Influência dos processos modernos de construção sobre a forma artística" foi um dos temas em discussão no 6º Congresso Internacional de Arquitectos em Madrid.

Em 1905 Adães Bermudes escrevia no "Anuario da Sociedade dos Architectos Portugueses" da seguinte forma: "De todos os processos modernos de construcção o cimento armado é um dos que reúne mais condições construtivas adaptáveis ao maior número de applicações. Até hoje, porém, não se chegou a encontrar a forma artística correspondente ao emprego d'este processo de construcção".

Em Portugal não pode ser esquecido o contributo que deram os Caminhos de Ferro à expansão do betão armado. Em 1911 executou-se o "anteprojecto de uma cocheira para abrigo das carruagens da Companhia dos Wagons-Lits" em Campolide, com cobertura de betão armado ainda existente na forma projectada.

Em 1911 também aparecem as primeiras "Tabelas Técnicas" portuguesas, elaboradas pela Repartição Técnica de Via e Obras da Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses, sob a orientação de Vicente Ferreira.

Em 1912 executa-se o primeiro depósito de água em betão armado com uma capacidade de 250 m³, construído também pelos Caminhos de Ferro no Entroncamento.

Em 1913, pontes e passagens superiores são construídas em betão armado também pela C.P.: uma ponte de viga parabólica de alma cheia ao Km 338,540 do ramal de Portimão e uma passagem superior ao Km 33,197 do ramal de Lagos.

Ainda neste mesmo ano verificou-se a edificação das estruturas da Fábrica de Cervejas "Germania" em Lisboa.

As obras em Portugal deste novo material foram prosseguindo, sendo ainda de assinalar em 1926 a construcção das cúpulas do monumento "românico-bizantino" do santuário de Santa Luzia em Viana do Castelo. Executa-se ainda o novo edificio para

recolha de carruagens na estação de caminho-de-ferro de Campolide com estrutura porticada e cobertura de lanternim.

Foi editado em 1924 o livro "Betão Armado, Um Sistema de Cálculo de Construção de Vigas" da autoria de J. Jorge Coutinho e quatro anos mais tarde publicava-se o livro "Betão Armado" de Delfim de Oliveira Ferreira.

Os anos trinta deram ao betão o seu reconhecimento e aceitação por parte do público como um material de notável capacidade estrutural.

1.3- A UTILIZAÇÃO DO BETÃO APARENTE

"O formigão é um material que tem um carácter especial e não se deve empregar para imitar qualquer outro dos que se empregam na construção. Um dos problemas mais importantes em relação com as obras de formigão, é o aspecto que se há-de dar às superfícies vistas, o qual há-de ficar completamente resolvido antes de colocar o material na obra".

"N'algumas construções é natural conservar a superfície do formigão tal como ficar depois de desmoldar, fazendo desaparecer unicamente os vestígios das juntas das táboas. N'alguns casos pica-se a superfície exterior com o fim de que desapareça a pequena camada de argamassa e fiquem visíveis as pedras. Procurar-se-há evitar, sempre que se possa, o reboco, porque apesar de que se faça com muito cuidado, ao fim de tempo, mais ou menos desaparece completamente".

Este foi um extracto dum artigo retirado da revista "A Construção Moderna", número 322 de 1 de Julho de 1910, onde se pode verificar a não aceitação de qualquer recobrimento sobre as superfícies de betão.

Em Portugal só nos anos 50 depois da polémica origem da "Unidade de Habitação de Marselha" de Le Corbusier é que aparecem os primeiros elementos isolados do betão aparente.

Data de 1950 a primeira escultura portuguesa em betão aparente, um baixo relevo executado por João Fragoso para o Museu José Malhoa nas Caldas da Rainha.

A partir de 1950 e até aos nossos dias deu-se a expansão deste material e sua aplicação na forma de "superfície à vista" nas mais variadas e inúmeras obras como fábricas, igrejas (Fig. 1.3; 1.4 e 1.6), pavilhões, mercados, moradias (Fig. 1.5), etc. No sector importante das obras públicas aparece em pontes, aproveitamentos hidroeléctricos, aproveitamentos hidroagrícolas, construções escolares (Fig. 1.1 e 1.2), etc.

Mais recentemente começou a executar-se painéis prefabricados com acabamento em betão à vista.

O betão armado cuja função era a de conferir à construção a necessária resistência, escondendo-se debaixo de paramentos de pedras, tijolos, ladrilhos e rebocos, foi evoluindo ao longo dos anos, aparecendo-nos hoje com toda a sua superfície à vista mostrando francamente o material que resultou do modo de colocação e do negativo deixado pelos moldes.

Foi depois da Segunda Guerra Mundial que se verificou o verdadeiro incremento do betão armado, com a evolução tecnológica a colocar à disposição meios para o fabrico do betão com uma composição suficientemente regular e uniforme, de modo que a sua superfície fosse a expressão visível da sua textura homogénea. A utilização do betão aparente exige um conhecimento aprofundado da sua composição e um domínio perfeito das técnicas de fabricação e emprego.

Actualmente define-se betão aparente, como todo aquele cujas superfícies vistas não sejam recobertas por qualquer material aplicado após a descofragem, com exclusão de tintas e vernizes.

O betão aparente divide-se em:

- betão aparente não tratado - é o betão exposto por descofragem em que os paramentos não têm qualquer tratamento posterior;

- betão aparente tratado - betão exposto por descofragem e submetido posteriormente a tratamento tal como pintura, etc.

O incremento do betão à vista deve-se a factores de ordem económica, prazos de execução e natureza estética.



Fig. 1.1- Piscina de Leça da Palmeira- executada em 1960-67

em betão aparente - Arq. Augusto Ricca

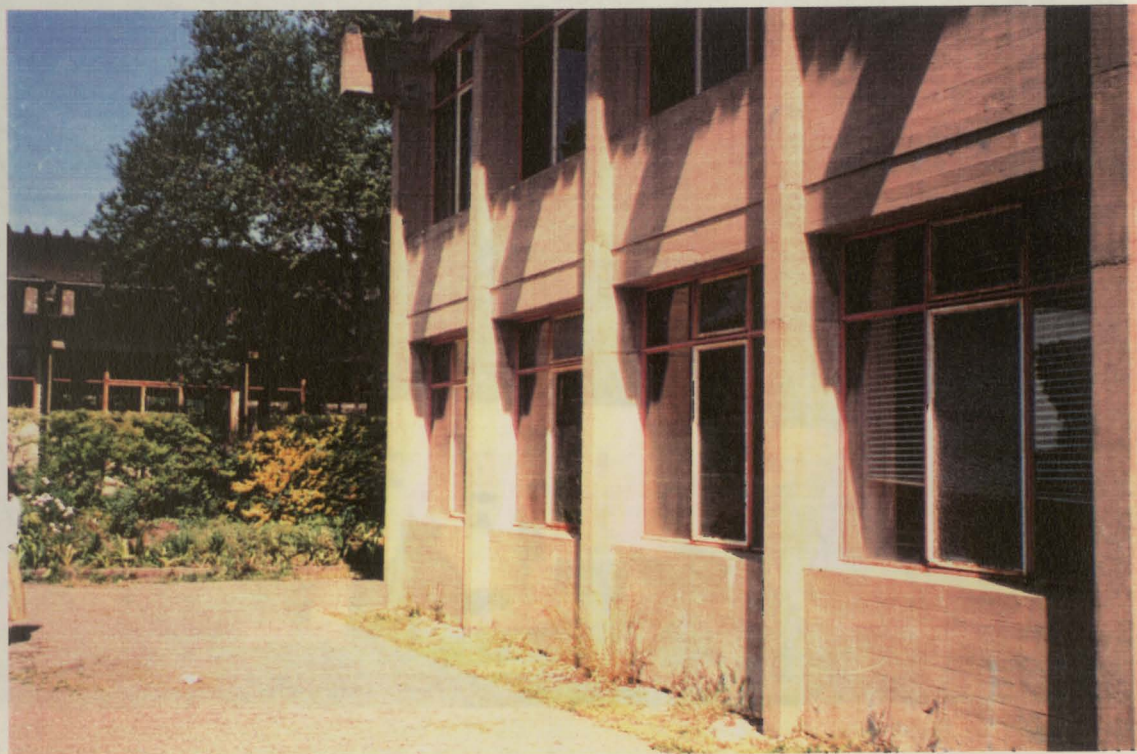


Fig. 1.2- Liceu Garcia da Horta construído em 1966-69



Fig. 1.3- Igreja da N.ª Senhora da Boavista construída integralmente em betão aparente - Arq. Augusto Ricca



Fig. 1.4- Interior da mesma Igreja em que o betão é o material dominante



Fig. 1.5- Bloco habitacional-Foz do Douro- executado em 1980



Fig. 1.6- Torre da Capela de Francelos executada em 1988. A própria cruz que encima a torre é em betão aparente

2 - O MATERIAL BETÃO

2.1- INTRODUÇÃO

O betão é uma pedra artificial, constituída por pedras naturais com dimensões variáveis que vão das areias às britas, cimento e água, que misturados dão origem a um material que se pretende o mais homogéneo e plástico possível.

2.2- MATÉRIAS PRIMAS

O betão é composto por:

- inertes;
- ligantes hidráulicos;
- água;
- aditivos ou adjuvantes.

2.2.1- INERTES

Os inertes são a estrutura base do betão. As suas dimensões e granulometria variam em função do fim a que se destina, que pode ir desde o "micro-grão" para os pequenos elementos prefabricados, com dimensão máxima 6 a 10 mm até grãos de 20 a 30 cm.

A percentagem de vazios no betão pode tornar-se importante e é necessário ajustar as dimensões dos inertes entre si no sentido de se obter uma boa compacidade. Por exemplo, uma argamassa que utilize como única componente areia de uma

duna, que é muito fina e uniforme, não resiste à prova do tempo devido à fraca compacidade obtida.

Consoante a sua finalidade o betão pode apresentar desde um máximo de vazios (tipo painel de abelha) até uma compacidade máxima.

Existem vários métodos para o estudo da composição granulométrica do inerte tendo Arredondo em "Dosificación de Hormigones" citado vinte processos, mas haverá muitos mais.

A forma dos inertes influi na maior ou menor trabalhabilidade do betão e facilidade de colocação em obra, sendo necessários cuidados especiais se o betão se destina a ser bombado.

É ainda necessário assegurar uma certa estabilidade química, devendo-se evitar a mistura de inertes de diferente natureza, ainda que pertencentes à mesma classe granulométrica.

É nas superfícies de betão com inertes à vista que a sua cor intervém directamente.

A areia é outro dos componentes do betão que pode provocar alterações de cor deste, nomeadamente as areias naturais, por conterem uma certa percentagem de matéria orgânica.

Um cuidado especial a ter nas areias é o de evitar a sua uniformidade, pois quanto mais uniforme ela for menor é a quantidade de elementos finos. Isto pode levar à falta de estabilidade da pasta de cimento e como consequência à segregação do betão e à fuga de leitada. Para evitar este problema deve-se juntar ao betão um aditivo.

2.2.2- LIGANTES HIDRÁULICOS

Os ligantes hidráulicos utilizam-se para unir a mencionada estrutura base.

"Os ligantes a utilizar devem satisfazer as características estabelecidas na legislação em vigor e devem ser escolhidos em função do tipo e classe do betão a fabricar, de acordo com o prescrito no quadro V do anexo III". - Artigo 8º do Regulamento de betões e ligantes hidráulicos.

Quadro 2.1- Quadro V do anexo III do R.B.L.H.

Ligantes a utilizar				
Ligantes	Tipos de betões			
	Tipo B	Tipo RD		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Cimento <i>portland</i> normal	x	(a) x	x	x
Cimento <i>portland</i> de ferro	x		x	x
Cimento <i>portland</i> composto	x		x	x
Cimento de alto-forno 60/80 ...	x	x	x	x
Cimento pozolânico	x	x	x	x
Cimento <i>portland</i> normal e pozolana	x	(b) x	x	x
Cimento natural		x	x	
Cal aérea e pozolana		x	x	

(a) Somente se a agressividade das águas resultar predominantemente da presença de sulfatos, e desde que o teor de cimento em aluminato tricálcico (C₃A) seja inferior ou igual a 5%, e ainda se for demonstrado, por ensaios de argamassa fabricada aplicando os inertes que vão ser usados na obra e em contacto com o meio agressivo, que não conduz a expansão superior a $0,5 \times 10^{-3}$ ao fim de seis meses. Estes ensaios devem ser realizados de acordo com técnica semelhante à descrita na especificação LNEC E 231, capítulo n.

(b) Somente se a dosagem de pozolana for suficiente para assegurar à mistura pozolana-cimento *portland* normal resultado positivo no ensaio de pozolanidade exigido para o cimento pozolânico.

O cimento intervém directamente na cor da superfície do betão.

Tem de haver uma preocupação constante por parte do construtor, de que os fabricantes de cimentos mantenham uma constância na cor dos seus produtos, procurando sempre que possível que estes tenham a mesma proveniência, devendo esta ser comprovada por certificado de origem. Uma diferente origem pode ter como consequência ligantes com diferentes alcalinidades, correndo-se o risco de corrosão electroquímica das armaduras.

A não se verificar esta uniformidade um paramento realizado com betonagens diferenciadas no tempo pode apresentar tonalidades de cor diferentes.

Deverá existir também um certo número de cuidados a ter com o armazenamento do cimento em obra, quer seja feito em silos que deverão ser completamente fechados de modo a evitar humidade no interior, quer em sacos que se deverão empilhar sobre estrados sem se encostarem às paredes.

A utilização em obra do cimento deverá ser feita por ordem cronológica da chegada deste ao estaleiro.

2.2.3- AGUA

A água tem como função reagir quimicamente com o ligante, hidratando-o de modo a este ganhar presa e endurecer, aglomerar os inertes e assegurar a trabalhabilidade do betão, isto é, providenciar que a mistura seja amassada facilmente e colocada em obra sem eminência de segregação.

A água de amassadura pode actuar como agente agressivo sobre certos cimentos ou sobre as armaduras se contiver sais perigosos que os ataquem.

Há necessidade de uma grande ponderação quanto à razão água/cimento. Por um lado a redução da água de amassadura exige uma colocação em obra mais enérgica (as bolhas de ar têm maior dificuldade em subir). Por outro lado o excesso de água de amassadura provoca grandes segregações e agrupamentos de areias grossas em zonas que ficam praticamente lavadas, dando origem quando colocado em obra aos "vazios".

Por principio para a amassadura do betão pode utilizar-se toda a água desde que potável.

2.2.4- ADITIVOS OU ADJUVANTES

Os aditivos são produtos que se utilizam em muito pequena quantidade tendo em vista modificar ou conferir ao betão um comportamento específico, nomeadamente, a diminuição ou aumento do tempo de presa, a sua trabalhabilidade, etc.

A utilização de aditivos deve ser extremamente cuidadosa e com inteiro conhecimento do mesmo. Daí estas substâncias serem caracterizadas pela sua função e não pela sua marca. Deve-se recorrer à ajuda do fabricante sempre que surjam dúvidas na sua utilização bem como na homogeneidade das misturas.

Deve-se assegurar que todo o adjuvante esteja uniformemente distribuído pela massa do betão para que não se produzam zonas sobredoseadas e outras sem aditivos, dando lugar a acidentes como corrosões aceleradas das armaduras ou retardamentos no endurecimento.

Quando o aditivo é um plastificante deve-se sempre reduzir a quantidade da água de amassadura.

Quando se utilizam aditivos, conforme o seu tipo e forma de apresentação estes tanto podem ser previamente diluídos em água, devendo esta mistura ser introduzida na cuba ao mesmo tempo que a restante água de amassadura, como podem ser adicionados ao cimento e entrarem na composição em conjunto com este. O tempo de mistura deve ser duplo relativamente ao do betão que não tenha qualquer aditivo.

Para determinados tipos de betões pode ser incorporada uma determinada quantidade de ar em função da máxima dimensão do inerte a utilizar, tendo como efeito manter a mesma trabalhabilidade diminuindo a quantidade de água.

2.3- MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO BETÃO

Os métodos empregados para a determinação granulométrica do betão podem ser agrupados em três fundamentais:

a) Misturas realizadas experimentalmente com cimento, areia e outros inertes de modo a obter-se a composição mais económica.

É o exemplo do método de Grun, método de Leclere du Sablon e do método de Vallette.

b) Utilização de curvas de referência que podem ter em conta a trabalhabilidade, os efeitos locais a que o betão está sujeito nos moldes, etc.

As curvas mais conhecidas e importantes são as de Fuller, Bolomey, Faury e Joisel.

c) Emprego de traços fixos, ou composições pré-estabelecidas com inertes normalizados. Organizando tabelas ou

ábacos, obtêm-se as quantidades dos constituintes dos betões em cada caso, com vista a garantir uma determinada resistência.

No nosso país não existe regulamentação sobre tipos de inertes, por isso tem de se calcular a composição granulométrica sempre que se depara com um novo tipo de inertes, devendo ser estudada ainda a forma e natureza do material bem como a sua durabilidade.

2.4- FABRICO

No fabrico do betão um dos aspectos mais delicados é o doseamento da quantidade de água.

Por exemplo, uma brita escurrida poderá conter 3 a 4% em peso de água e uma areia 12%, o que num betão corrente com uma dosagem de 350 Kg de cimento por m^3 , pode originar uma variação da relação água/cimento de 0.5 (inertes secos) a 0.9 (inertes molhados).

Daqui se conclui a importância de controlar constantemente o conteúdo de água nos inertes e actuar sobre a que se introduz. Há certas fábricas e centrais de betão que fazem este controlo automaticamente, nomeadamente através de doseadores que se baseiam no consumo de energia da amassadura.

Num estaleiro deverá haver um cuidado muito especial no armazenamento dos inertes principalmente da areia, de forma a ser facilitada a drenagem da água neles contida, e de permitir um período de espera necessário para limitar suficientemente as variações do seu teor de humidade antes de darem entrada na instalação de fabrico do betão.

A mistura dos seus diversos componentes é feita em betoneiras. São dadas como óptimas as betoneiras verticais e horizontais. As betoneiras de eixo inclinado são mais delicadas.

Os diversos componentes devem ser introduzidos na betoneira, preferencialmente pela seguinte ordem:

- inertes grossos e uma parte de água;
- cimento, restante água e areia;
- o resto dos inertes;
- finalmente junta-se água necessária para obter a trabalhabilidade pretendida.

Em seguida procede-se à sua amassadura.

O tempo para tal deve ser o mínimo, de forma a que a mistura resulte perfeitamente homogénea, não devendo prolongar-se em demasia pois conduz a desastrosas consequências, nomeadamente aquecimento do betão e rompimento dos inertes, obtendo-se assim um betão mais fino, sobretudo se os inertes forem friáveis.

As betoneiras não se devem encher demasiado pois a amassadura resultará incompleta qualquer que seja a sua duração.

Todo o sistema de controle do fabrico do betão depende da categoria da obra, e se para umas o exame visual é suficiente para outras é indispensável um controle de qualidade apurado, recorrendo-se a vários tipos de ensaios, nomeadamente:

- controle das remessas de cimento a utilizar na obra;
- qualidade, estado e selecção granulométrica dos inertes;
- precisão de balanças e de outros dispositivos de medida dos componentes do betão;

- granulometrias dos inertes e dosagens de ligante efectivamente praticadas;
- volume real das amassaduras em obra;
- volumes reais da relação água/cimento e consistência do betão;
- resistências mecânicas dos betões fabricados;
- eficiência dos meios de transporte, colocação e cura em obra.

2.5- COLOCAÇÃO EM OBRA

O modo de colocação em obra do betão tem importância devido à sua influência nos resultados finais que este irá apresentar.

Deve-se evitar a segregação e a desagregação. Verter bruscamente o betão não tem o mesmo efeito que a colocação deste através duma tremonha, ou ainda a betonagem feita com uma tela transportadora. Outros resultados ainda se obtêm se a colocação for feita através de um plano inclinado.

Se no decurso de uma betonagem se verificar o início de presa do betão já colocado, antes de ser recoberto com nova camada, ou de lhe ser justaposto (na mesma camada) novo betão, a betonagem deverá ser suspensa e executada junta de trabalho.

Sendo dependente da temperatura, o intervalo de tempo entre amassaduras sucessivas nunca deverá exceder uma hora e meia, devendo ser reduzido com o aumento daquela.

Na colocação do betão dever-se-á tomar medidas adequadas ao controlo da sua temperatura no momento da colocação e, após esta, deverá ser devidamente protegido.

2.6- COMPACTAÇÃO DO BETÃO

A compactação origina a saída do ar aprisionado no interior do betão, facilitando o arranjo interno das partículas do inerte, obtendo-se assim misturas extremamente estáveis.

O aspecto final do betão depende quer da sua homogeneidade quer da compactação. Tanto a vibração como a fase de repouso que se lhe segue (uma vez passada a influência do vibrador) devem ser observadas com o máximo de cuidado, pois o betão pode sofrer uma certa desagregação.

Actualmente os dois métodos mais divulgados para a vibração do betão são:

- as agulhas vibratórias cuja acção se efectua pontualmente e dentro da massa do betão;
- os vibradores de cofragem que se fixam a esta actuando em vários pontos simultaneamente ou sucessivamente.

2.6.1- VIBRADORES OU AGULHAS VIBRATÓRIAS

É o método mais simples e vulgar de compactar o betão e consiste no uso de um tubo que vibra a altas frequências, geralmente 200 Hz. As vibrações do tubo eliminam a fricção interna das partículas do betão fresco, permitindo que a mistura sob a acção da gravidade assente e adquira uma estrutura mais densa. Durante a vibração a fluidez da mistura deve permitir encher completamente todo o molde.

A zona de acção destes vibradores é muito pequena dependendo o resultado final do betão fundamentalmente do operador, o qual não deve limitar-se a submergi-lo num ponto e depois

retirá-lo. Quando existem armaduras há que ter o cuidado de que estas podem entrar em vibração, provocando uma classificação dos componentes do betão de acordo com o seu tamanho retirando-lhe homogeneidade.

2.6.2- VIBRADORES DE COFRAGEM

São aparelhos que se colocam em diversos pontos das cofragens emitindo vibrações que são transmitidas ao betão. Para isso é necessário que a cofragem seja bastante maciça e robusta em relação à massa do betão a compactar.

Este tipo de vibradores usa-se muito em prefabricação. Geralmente os moldes são de aço o que facilita a colocação destes aparelhos. Existe ainda a situação extrema do vibrador ser toda a estrutura da cofragem.

Em obra, dadas as limitações deste tipo de vibração combina-se muitas vezes este método com a vibração por agulha, aplicando a vibração à cofragem só no fundo do molde.

O tempo de vibração deve ser estudado para cada obra em particular. Deve ser tal, que permita às peças ficarem suficientemente vibradas e não deve exceder um tempo que vá provocar o rompimento da estabilidade da argamassa ou aumento das bolhas de ar.

Um dos parâmetros a ter em consideração na compactação do betão é o intervalo que medeia entre o fabrico do betão e o fim da sua vibração, que não deverá exceder meia hora no tempo quente e uma hora no tempo frio, devendo estes intervalos sempre que possíveis ser reduzidos.

3- COFRAGENS

3.1- INTRODUÇÃO

O papel da cofragem é o de sustentar o betão fresco, resistindo-lhe ao seu peso ou impulso, e o de lhe dar forma (e muito frequentemente o aspecto), daí a obrigatoriedade de ser o mais possível indeformável ao longo de toda a colocação do betão em obra.

No caso concreto do betão à vista a cofragem apresenta um papel preponderante no resultado final do aspecto visual do betão (Fig. 3.3).

Fundamentalmente o aspecto final de um paramento de betão depende do material utilizado na respectiva cofragem. Assim a rigidez, estanquidade, número de juntas e a natureza da superfície do molde, condicionam o aspecto da superfície betonada, assim como os trabalhos finais de acabamento do paramento, reflectindo-se directamente no custo final da obra (Fig. 3.4).

3.2- SOLICITAÇÕES SOBRE AS COFRAGENS

3.2.1- ACÇÕES PRINCIPAIS

O betão pode ser considerado como uma pasta relativamente densa, moldável, que se verte numa cofragem que lhe serve de molde, sendo compactado posteriormente.

Verifica-se através de ensaios que o betão fresco exerce uma série de solicitações sobre as cofragens, com tendência para as deformar. Quando se descursa este problema, numa situação limite pode acontecer a rotura das cofragens e o seu desmoronamento.

Inicialmente o fabrico do betão era manual, desconhecia-se a vibração, o ritmo de betonagem era lento e a cofragem era estruturada empiricamente para resistir ao seu peso próprio e à espessura de betão. Entretanto o fabrico e colocação do betão foi-se mecanizando e foi necessário ter em conta o impulso exercido por um corpo cujas características apresentavam um ângulo de atrito interno de cerca de 30° e uma coesão de 6 t/m.

A partir de 1920 quando da aplicação da vibração como método de compactação passou a considerar-se o betão como um fluido exercendo um impulso sobre as cofragens, dando assim origem ao cálculo destas.

De acordo com a evolução no tempo da argamassa que constitui o betão, é possível distinguir três fases que exercem solicitações distintas sobre a cofragem:

- betonagem;
- compactação;
- endurecimento.

a) **Betonagem**- nesta etapa do trabalho a colocação do betão produz um efeito de choque cuja força é absorvida em parte pelo betão já colocado e em parte pelas cofragens.

Esta fase não deve ser depreciada, já que quando não se tomam precauções, pode levar a deformações permanentes no molde. Para evitar tal situação o betão deve ser vertido para o molde com o máximo cuidado, evitando-se sempre que

possível que a sua queda seja directa e brusca, sendo normal na sua colocação interpor-se um elemento, nomeadamente uma tábua, para a suavizar e uniformizar.

b) Compactação- hoje em dia a compactação do betão é normalmente feita por vibração. Na zona de influência do vibrador (dependendo do aparelho em causa: de agulha, de superfície, incorporado na cofragem, etc.) o betão pode ser considerado como um líquido em equilíbrio hidrostático ($\psi = 0$ e $C = 0.07t/m$), havendo no entanto, a dificuldade de determinar os limites desta zona e os factores dos quais ela depende.

c) Endurecimento- apesar deste fenómeno não se iniciar bruscamente, admite-se que se manifesta desde que a porção de betão considerada saia da zona de influência da acção dos vibradores. A partir daí o betão torna-se rígido pouco a pouco diminuindo a sua influência sobre a cofragem.

Ao fim de um determinado tempo, que podem ser horas variando com o tipo de betão aplicado, a temperatura ambiente, a responsabilidade e dimensões da peça, etc., o betão toma o seu aspecto definitivo e a cofragem torna-se inútil podendo ser retirada.

3.2.2- VALORES DA PRESSÃO EXERCIDA SOBRE A COFRAGEM

O dimensionamento das cofragens deve ser considerado e incluído nos cálculos de um projecto de um elemento de betão, para garantir que resistam com deformações admissíveis aos esforços a que estão submetidas por parte do betão.

Até uma determinada altura admitiu-se que o impulso exercido pelo betão sobre as cofragens era igual à pressão hi-

hidrostática de um material fluido de densidade igual à do betão, que se tomava em geral igual a 2.5 t/m³.

Mais tarde através de medições directas efectuadas nas paredes das cofragens, verificou-se que os resultados a que conduzia esta hipótese eram em geral excessivos e que a pressão a ter em conta dependia de outros parâmetros tais como:

- tipo de ligante, sua dosagem e rapidez de endurecimento;
- tipo de inerte (natural ou britado) e sua granulometria;
- tipo de cofragem, sua altura, secção, rigidez, estado da superfície, faculdade de absorção de água, calefação, etc;
- secção, densidade e disposição das armaduras;
- tempo decorrido entre a fabricação e colocação em obra;
- velocidade de enchimento (altura de betão colocado em m/hora);
- altura da queda do betão fresco na sua colocação;
- tipo de compactação e altura vibrada;
- humidade ambiente;
- temperatura ambiente e do betão.

Como resultado destas observações chegou-se às seguintes conclusões:

a) A pressão é intermédia entre a pressão hidrostática pura para um líquido com a mesma densidade que o betão e a pressão que resultaria da armazenagem em silos de materiais secos da mesma granulometria e misturados de forma semelhante.

b) A pressão cresce rapidamente e alcança para uma mesma velocidade de enchimento, nas mesmas condições de temperatura e vibração, um máximo para uma certa altura de betonagem, acima da qual todo o aumento da massa do betão não incrementa a pressão sobre a cofragem.

Este máximo alcança-se no instante de tempo inferior ao do início de endurecimento e a pressão decresce quando este se inicia.

A figura 3.1 representa um gráfico de pressões sobre a cofragem em função da velocidade de enchimento, para um betão vibrado de 300 Kg de cimento, indicando a altura que corresponde à pressão máxima, apresentado por P. Galabru em "Obras de fabrico y metalicas".

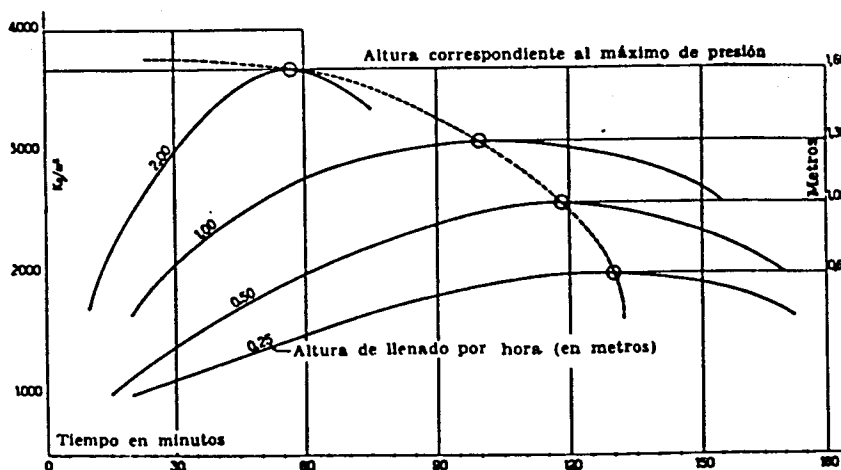


Fig. 3.1 - Pressão sobre a cofragem em função da velocidade de enchimento. Betão de 300 Kg, vibrado

Observa-se a influência considerável que a velocidade de enchimento exerce no valor da pressão.

c) Na figura 3.2, retirada da mesma obra, apresenta-se a variação da pressão sobre a cofragem em função da dosagem de cimento para um enchimento constante à razão de 1 m³/h e à temperatura de 15°C.

O valor máximo aproxima-se tanto mais da pressão hidrostática quanto mais rica em cimento é a mistura.

Pelo gráfico verifica-se que a pressão máxima é inferior em 25 a 30% à pressão hidrostática teórica para um corpo com a mesma densidade.

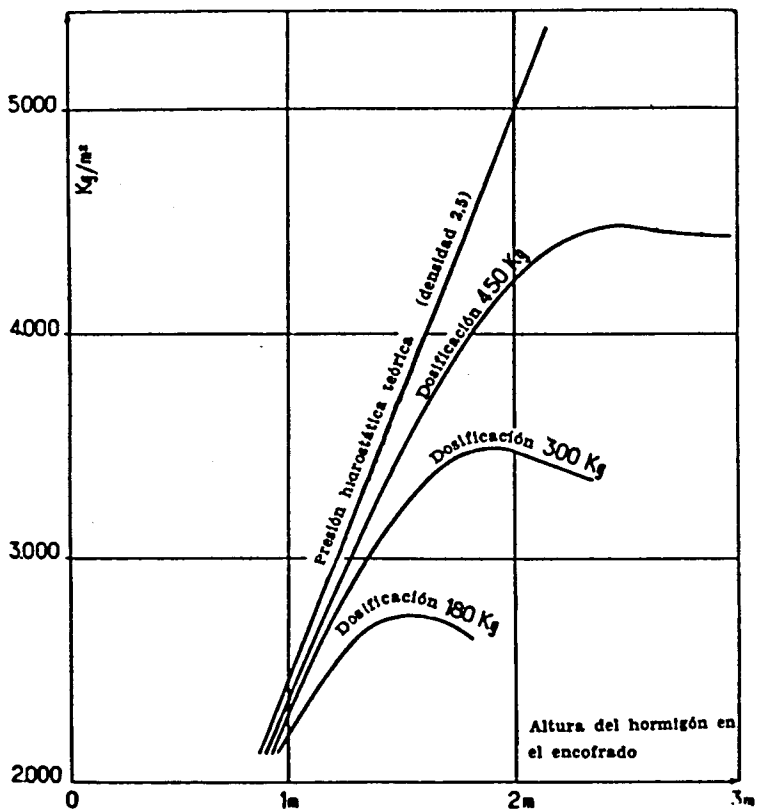


Fig. 3.2 - Pressão sobre a cofragem em função da dosagem
Enchimento à razão de 1 metro por hora.
Temperatura: 15° C

d) Para cimentos normais a pressão máxima alcançada diminui com o aumento de temperatura, sendo a variação mínima de 1% por grau centígrado acima dos 15° C. A 38° C a pressão máxima alcançada é 75% da pressão máxima atingida a 15° C

O gráfico da figura 2 é para uma temperatura de 15° C. Uma descida de temperatura abaixo de 15°C aumenta a pressão aproximadamente em 2% por grau centígrado a menos.

O Quadro 3.1 referido pelo mesmo autor foi obtido de um estudo americano, e apresenta as pressões em função das velocidades de enchimento e as alturas alcançadas. Nele destacam-se as pressões máximas que são efectivamente as mais importantes.

<i>Altura del hormigón en el encofrado (en m)</i>	<i>Presión en kg/m² Velocidad de llenado (en m/hora)</i>				
	<i>3 m</i>	<i>180 m</i>	<i>1,20 m</i>	<i>0,60 m</i>	<i>0,30 m</i>
0,30	750	750	750	750	750
0,60	1500	1500	1500	1500	1500
0,90	2000	2000	2000	2000	2000
1,50	3100	3100	3100	2800	
1,80	3500	3400	3300	2600	
2,10	3700	3600	3200		
2,40	3800	3400	2800		
2,70	3700				
3,00	3500				
3,30	3300				

Quadro 3.1- Pressões em função das velocidades de enchimento e alturas do betão na cofragem

e) A plasticidade do betão, função da razão A/C e do tipo e granulometria dos inertes tem também importância no valor da pressão. No quadro 3.2, com a mesma proveniência do anterior, observa-se a influencia do tipo de betão sobre o valor das pressões nas cofragens.

<i>Presiones ejercidas por el hormigón sobre el encofrado (kg/m²)</i>										
<i>Tipo de hormigón</i>	<i>Altura de hormigón fresco, h, en metros^{1, 2}</i>									
	0,10 m	0,25 m	0,50 m	1 m	1,50 m	2 m	2,50 m	3 m	3,50 m	4 m
Hormigón plástico apisonado.	80	210	415	830	1245	1660	2075	2490	2905	3320
Hormigón seco vibrado	250	675	1250	2600	2775	2950	3125	3300	3475	3650
Hormigón fluido colado.	180	450	900	1800	2700	3600	4500	5400	6300	7200

Quadro 3.2- Pressões exercidas sobre a cofragem conforme o tipo de betão

f) Verifica-se também que a pressão cresce quando se evolui da compactação através de apiloamento à vibração das cofragens passando pela vibração com agulha.

Durante a execução de uma obra há que ter em atenção a altura da queda do betão na sua colocação. O esforço dinâmico do betão devido a uma altura de queda excessiva pode transmitir à cofragem impulsos instantâneos muito superiores aos impulsos estáticos estudados, antecipando a deformação do molde.

Assim, uma vez fixado o valor pressão de dimensionamento, pode-se calcular as secções das diferentes partes da cofragem sem dificuldade, tendo ainda em consideração o valor da flecha para que este seja tolerável tanto do ponto de vista arquitectónico como do ponto de vista estrutural.

3.3- MATERIAIS DE COFRAGEM

A escolha dos materiais a utilizar num molde está relacionada com:

- tipos de acabamentos das superfícies;
- dimensões da peça;
- número de utilizações previstas do molde;
- existências de fixações embebidas no betão.

As cofragens podem ser executadas nos seguintes matérias:

- Madeira;
- Metal;
- Betão;
- Outros materiais.

3.3.1- MADEIRA

É um material com o qual o projectista e o arquitecto podem obter os melhores resultados, sendo de salientar que o aspecto da superfície ou paramento do betão resultante, depende essencialmente da forma como se olha e do enquadramento em que seja visto. A própria estrutura da madeira tem grande importância no resultado final da superfície do betão (Fig. 3.5, 3.6 e 3.7).

Assim não estando totalmente isolada do betão, por exemplo com um revestimento de verniz ou plástico, a madeira exerce uma acção directa sobre o betão fresco.

Um exemplo típico são as zonas junto aos nós em que as fibras da madeira estão menos inclinadas sobre o betão que

noutra parte. Se a madeira estiver muito seca há uma chamada significativa da água do betão à zona dos nós, resultando manchas nesta. Se pelo contrário a madeira é verde ou contém água, a operação será inversa e essa zona aparece escura.

Da mesma forma a colocação de uma tábuas de material diferente da restante cofragem poderá resultar numa coloração diferente do betão, independente da sua deformação se poder efectuar de maneira diferente do restante material, resultando um empenamento da superfície.

A escolha do tipo de madeira para um determinado molde depende essencialmente do tipo de superfície de betão que se pretende. Conforme se destina a uma superfície tratada ou não tratada, a superfície do molde poderá ter melhor ou pior acabamento.

A forma geométrica e dimensões das peças que se pretendem também influenciam o tipo de madeira a empregar. Exceptuam-se os acabamentos não lisos que normalmente não são tratados visto serem superfícies irregulares em que não há preocupação de manter uma uniformidade de acabamento. É o caso por exemplo, de se pretender imprimir um canelado numa superfície, o que se consegue forrando a estrutura da cofragem com pequenos troncos de árvores cortados longitudinalmente ao meio, sendo ainda outro exemplo o caso em que as tábuas de forro são danificadas propositadamente para dar um aspecto tosco à superfície.

Quando se pretende uma uniformidade bastante apurada de acabamento é usual utilizar-se além da tábuas normal devidamente aparelhada, painéis de contraplacado ou de aglomerado de partículas de madeira.

Como particularidade deve apontar-se o facto de que as cofragens de madeira, contraplacados e painéis de fibras ou

partículas de madeira, sob o efeito da humidade terem tendência a deformar-se cada vez mais à medida que se vão reutilizando, verificando-se que os módulos de elasticidade calculados para a primeira utilização, passam a ser excessivos nas reutilizações seguintes.

a) Contraplacado- Este material apresenta determinadas vantagens tais como, facilidade de montagem, número reduzido de juntas e pequena deformabilidade perante condições alternadas de humidade que poderão surgir no decurso das várias fases de construção (Fig. 3.8 e 3.9).

Trata-se de um material constituído por diversas camadas de madeira coladas entre si, de modo a que a orientação das fibras de duas camadas sucessivas seja perpendicular. Estas camadas são na maioria dos casos em número ímpar e apresentam espessuras entre 1 a 3 mm. Os paramentos são formados por um revestimento protector constituído por um papel impregnado de resinas especiais, aplicado a quente por prensagem.

Em síntese um contraplacado é essencialmente caracterizado pela qualidade da sua colagem, pela sua composição e pelo tipo de revestimento.

Embora alguns autores refiram ser possíveis 50 a 100 reutilizações de cofragens realizadas com este material, este número é difícil de fixar, pois que além de depender da qualidade do contraplacado ele é grandemente influenciado pelos cuidados de utilização. Uma danificação do filme protector implica a deterioração rápida da placa devido aos efeitos da humidade e origina o desprendimento das camadas exteriores da mesma.

Como já se referiu deve-se ter em linha de conta o abaixamento do módulo de elasticidade devido a efeitos da humidade

após sucessivas aplicações, que no caso concreto do contraplacado pode ir de 1,5 a 3 vezes.

b) **Aglomerado de partículas de madeira**-São fibras ou partículas de madeira, normalmente de pinho, aglutinadas com colas resistentes à acção da humidade, podendo também apresentar a superfície impermeabilizada com filme aplicado a quente.

As espessuras correntes vão dos 4 aos 40 mm, sendo no entanto as tensões de dimensionamento mais baixas que no contraplacado.

Este material tem praticamente as mesmas vantagens e problemas levantados na análise do contraplacado, tendo no entanto a vantagem de poder ser aplicado em moldagem de superfícies curvas.

3.3.2- METAL

Dado o grande número de utilizações que a cofragem com este material permite é a mais usada em unidades industriais de prefabricação e em obras que garantam um número de reutilizações compensador, isto pelo facto de tratar-se de cofragens à partida bastante caras.

Embora o número de utilizações de um painel com cofragem metálica seja condicionado pela rigidez da estrutura de suporte e pelos cuidados havidos na utilização, é vulgar apontarem-se números da ordem das 800 a 1000 aplicações destes painéis, ultrapassando em larga escala o número de reutilizações dos materiais seus concorrentes.

O metal conduz a superfícies de betão bastante lisas e paramentos muito perfeitos (Fig. 3.10). Por este facto e apesar de ser fácil garantir uma ligação eficaz entre painéis metálicos sucessivos, as juntas são de difícil camuflagem tornando-se bastante visíveis. Saliente-se no entanto que este material permite reduzir de modo significativo o seu número.

3.3.3- BETÃO

Este material dá origem a cofragens muito pesadas e de difícil manipulação. É muito utilizado para fundo de moldes na prefabricação e em peças de grandes dimensões com grandes superfícies.

Com o betão como elemento de cofragem podem-se obter um elevado número de paramentos diferentes consoante o tipo de molde, assim como superfícies extremamente lisas.

A utilização de moldes com este material tem como grande vantagem o facto de não sofrerem alterações nas suas dimensões. Como inconveniente tem o de não permitir modificações, além de uma manutenção cara devido ao constante polimento a que tem de se submeter o betão para permitir uma descofragem fácil.

3.3.4- OUTROS MATERIAIS

Para elementos de obra cujo paramento não seja plano e cujo número de moldagens o justifique pode-se recorrer a moldes rígidos de PVC ou de fibra de vidro. É um exemplo o fabrico de painéis de fachadas prefabricadas.

Estes moldes estão em grande desenvolvimento (Fig. 3.11). A sua recente evolução permitiu obter uma diversidade total do tipo de fachada que se pretende, conseguindo-se obter superfícies de betão absolutamente lisas com um aspecto vidrado (Fig. 3.12).

Outro exemplo é o recurso a mantas de espuma de material plástico que se fixam à superfície de um molde revestindo-o obtendo-se assim paramentos com efeitos arquitectónicos.

3.4- TIPOS DE COFRAGEM

Numa tentativa de sistematização dos tipos de cofragem existentes e dentro de uma análise perfeitamente empírica poder-se-á considerar dois grupos principais de cofragens:

- cofragens perdidas;
- cofragens recuperáveis.

3.4.1- COFRAGENS PERDIDAS

Estas cofragens como o próprio nome indica são moldes que ficam integrados na construção após a betonagem, assumindo assim as características de material de construção.

Como exemplo deste tipo de cofragens existem as pré-lajes e os pavimentos aligeirados.

As primeiras são cofragens em betão armado ou pré-esforçado com espessuras de 4 a 5 cm, com comprimentos e larguras variáveis de modo a vencer uma determinada área.

As pré-lajes como se verifica, têm além da função de cofragem a de serem um elemento estrutural e servirem de tecto acabado.

Os pavimentos aligeirados são constituídos por vigotas de betão armado ou pré-esforçado entre as quais se apoiam elementos cerâmicos ou de argamassa. Todo este conjunto depois de montado, serve de cofragem a uma camada superior de betão.

3.4.2- COFRAGENS RECUPERÁVEIS

São cofragens que após a moldagem e presa do betão são retiradas, podendo ser reutilizadas.

Segundo vários autores este tipo de cofragens pode ser dividido em três grupos:

- cofragens tradicionais;
- cofragens semi-racionalizadas;
- cofragens racionalizadas.

a) Cofragens tradicionais- São cofragens em madeira executadas na obra sob medida, sendo as peças ligadas entre si com pregos. Admitem um número muito restrito de reaplicações, num máximo de cinco. Quando retiradas são praticamente todas desmontadas peça a peça, reparadas e limpas.

Os elementos de suporte e reforço são também em madeira.

No fim da sua utilização não tem qualquer outro uso a não ser como lenha.

As peças não são dimensionadas por cálculo, tendo-se como segurança a prática do construtor.

b) Cofragens semi-racionalizadas- Pode-se considerar que são a evolução natural das cofragens tradicionais, melhoradas através do dimensionamento dos seus elementos resistentes, atendendo às solicitações do betão e tendo como finalidade a economia de madeira.

Neste tipo de cofragem já aparecem painéis de contraplacado ou aglomerado de madeira, ligados entre si por pregos, parafusos ou esticadores de aço.

Como elementos de suporte além da madeira, já com secções normalizadas, aparecem elementos metálicos.

c) Cofragens racionalizadas- São cofragens constituídas por elementos normalizados em materiais que admitem um elevado número de reutilizações, que estão ligados entre si de modo a permitirem uma fácil montagem e desmontagem.

São calculadas e projectadas com o objectivo de optimizarem a aplicação dos materiais que as constituem e a mão de obra necessária à sua utilização.

São exemplo deste tipo de moldes as cofragens deslizantes, neste momento com grande utilização em estruturas de betão aparente de certo vulto, devido ao facto de se conseguirem grandes superfícies com grande uniformidade e sem juntas.

Existem dois tipos de cofragens deslizantes:

- cofragens deslizantes verticais;
- cofragens deslizantes horizontais.

I) Cofragens deslizantes verticais- normalmente são constituídas por moldes mistos de metal e madeira constituindo uma estrutura rígida com uma plataforma de trabalho ao nível da parte superior, da qual suspendem andaimes que permitem o acabamento da superfície do betão à saída do molde.

Esta cofragem cuja altura varia geralmente entre 1m e 1,8m, desloca-se continuamente através de macacos de elevação que se apoiam em guias de ferro embebidas no betão endurecido. Este deslocamento atinge valores médios de 3,5 m/dia sendo normalmente suficiente macacos com capacidades da ordem das 3 t.

Este processo construtivo cuja aplicação não se considera rentável para alturas inferiores a 12 m, foi desenvolvido fundamentalmente para a construção de chaminés, silos, pilares de pontes elevados, etc. No entanto vem sendo também aplicado em edifícios, particularmente na construção de núcleos de rigidez.

II) Cofragens deslizantes horizontais- neste sistema os moldes deslizam na horizontal apoiando-se em bermas com formas apropriadas ou em carris.

O processo de colocação de betão é idêntico ao das cofragens deslizantes verticais.

Por vezes também existem plataformas de trabalho ao nível da parte superior, onde se podem suspender andaimes para pequenos acabamentos do betão.

Por este processo podem-se construir edifícios de grande porte, limitados apenas pela altura máxima das gruas que alimentam de betão os moldes.

Um sistema intermédio entre este método de deslizamento contínuo e os métodos convencionais é o sistema túnel.

Neste sistema as cofragens são inteiramente metálicas para laje e parede formando um conjunto monolítico apoiado sobre rodas, constituindo túneis completos ou meios túneis. Este processo permite a betonagem em simultâneo de paredes e lajes, formando uma estrutura laminar em alvéolos. A sua descofragem processa-se por meio de uma ligeira variação geométrica do molde, seguida de movimentação horizontal.

A vantagem dos métodos racionalizados reside na economia de tempo, mão de obra, materiais e elimina na quase totalidade os andaimes.

Para a utilização deste tipo de cofragens é imperiosa uma boa organização e planificação do estaleiro de obra.

No caso de cofragens deslizantes o seu deslocamento não deve parar nem desviar-se sob nenhum pretexto. Todos os trabalhos de posicionamento da armadura, colocação de betão, vibração, etc. devem ser intensivamente planeados e programados.

Inclusivamente deve-se ter em linha de conta o horário do momento da descofragem, pois o aspecto do betão é influenciado pelas condições atmosféricas, que variam entre o dia e a noite.

Deve-se assegurar não só a colocação contínua do betão, mas também um controlo efectivo quer das qualidades quer da resistência do mesmo à saída do molde.

No caso concreto das cofragens deslizantes verticais há ainda que referir que estas não se devem encher até ao topo, de modo a evitar a rotura dos bordos superiores com o movimento de subida da cofragem.

Neste caso a determinação da velocidade de subida da cofragem é factor essencial quer para a organização do estaleiro quer para a eficácia do sistema.

A velocidade de deslocação mínima é determinada pela condição do betão não se colar ao molde, o que se consegue assegurar com dois movimentos por hora quando a temperatura for inferior a 15° C e com três deslocações para temperaturas superiores.

A velocidade máxima é determinada pela presa do betão que deverá manter a sua forma sem o auxilio do molde.

O controlo da resistência do betão à saída do molde apresenta um papel importante, não só para garantir a segurança da estrutura mas também para impedir a encurvadura das barras de apoio do molde no caso das cofragens com deslizamento vertical.

3.5- CARACTERÍSTICAS A EXIGIR, PORMENORES DE EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS COFRAGENS

A cofragem deve ser concebida com a finalidade de limitar a sua deformação devendo os painéis ter uma rigidez suficiente e uniforme de modo a evitar que tenham fortes amplitudes durante a vibração.

A cofragem não deve influir na presa e endurecimento do betão e deve permitir uma betonagem fácil, bem como um conveniente posicionamento das armaduras ou de qualquer outro equipamento.

Esta funcionalidade das cofragens foi condicionante na sua evolução que partindo de um aperfeiçoamento dos moldes

tradicionais de madeira, chegou até ao aparecimento dos moldes metálicos.

Quando da execução dos moldes, deve procurar-se que estes fiquem com um determinado número de características, tais como:

- dimensões que devem manter-se invariáveis ao longo do seu período de vida;
- o maior número possível de utilizações com a menor conservação possível;
- pouca aderência da superfície cofrante ao betão e facilidade de limpeza da mesma;
- possuírem rigidez suficiente que garanta a sua movimentação e que permita uma vibração sem problemas;
- serem constituídos pelo menor número de peças possível;
- permitirem uma fácil betonagem.

Como se verifica, não deverá ser fácil reunir todas estas características numa mesma cofragem, aliado ao facto de se pretender um molde com o menor custo inicial possível.

Quanto à utilização e manutenção de uma cofragem podemos referir os seguintes cuidados:

- Numa cofragem de madeira esta deve estar devidamente seca, de modo a não provocar empenos. Quando não se achar ou não se conseguir uma madeira bem seca, deve-se fazer uma série de golpes no seu extradorso com uma serra, com pouca profundidade e situados de tal forma que vão contrariar as tensões que se venham a instalar devido à absorção de água.
- Dever-se-á sempre que possível na descofragem, retirar a peça do molde e não o molde da peça. Isto é o que se passa por exemplo em elementos prefabricados. Criam-se tensões de aderência na superfície de contacto da peça com o molde que

não devem ser subestimadas, estas tensões podem atingir os 400 Kg/m² e dificultam o "arranque" da peça do molde. Estes cuidados ainda devem ser maiores se as peças forem recortadas.

- A fim de facilitar a descofragem e baixar o número de danos nos moldes, deve-se evitar que os planos de cofragens formem ângulos rectos. Em certas betonagens o molde deverá ter peças móveis que permitam a sua retirada em primeiro lugar facilitando a desmontagem das restantes.

- Deve-se evitar num molde a existência de superfícies horizontais voltadas para baixo, principalmente se essa zona da peça é para ficar à vista. Nesse local há grande possibilidade de acumulação de goma do betão, de óleos descofrantes e como não há saída para o exterior do ar, formam-se bolhas.

- Deve haver cuidados especiais a ter na cofragem conforme a escolha do tipo de vibração. Os vibradores de placa e de agulha exigem protecções especiais nas cofragens. Quanto ao primeiro, os pontos mais afectados são as ligações, as juntas e a estrutura do molde que em certos casos chegam a queimar-se como resultado do calor desenvolvido pelo atrito em uniões deficientes. Nos vibradores de agulha, é a superfície cofrante, que está sujeita a danificações ficando a estrutura do molde a salvo.

- Um dos pontos mais sensíveis dos moldes é a junta, principalmente quando os moldes vão estar sujeitos a fortes vibrações. Podem-se então colocar nas arestas materiais compressíveis que evitem o contacto destas, absorvendo as deformações instantâneas. Para isso têm sido propostos diversos materiais e sistemas, no entanto parece obter-se bons resultados recorrendo-se a bandas de tela coladas na junta

ou ao preenchimento desta com tiras de poliuretano ou de mastique.

- A conservação dum molde deve ser dada uma especial atenção, pois quanto melhor ela for maior é o número de aplicações da cofragem e menor o número de defeitos que poderão aparecer nas betonagens, reflectindo-se na qualidade das peças betonadas.

- Obtêm-se melhores resultados com uma superfície cofrante envernizada, ou usando contraplacado já protegido.

- É recomendável a utilização de um descofrante de boa qualidade. O seu custo inicial mais elevado é compensado pela facilidade da operação de descofragem, reflectindo-se também numa melhor conservação do molde.

- Logo que se procede à descofragem o molde deve ser convenientemente limpo. Para isso escova-se a superfície cofrante com uma escova de aço muito macia ou com panos humedecidos, devendo-se evitar no caso de moldes de madeira a utilização de peças de metal para a raspagem.

A conservação de um molde será uma das operações que quanto mais cuidados tiver, melhores serão os resultados finais das peças de betão, maior será o número de reutilizações desses mesmos moldes e menores serão os custos da parcela respeitante às "cofragens" no custo total da obra.

3.6- CUSTO DAS COFRAGENS

O custo dos moldes mais respectivos suportes, cujo conjunto é habitualmente designado de cofragem, constitui à volta de 30 a 40% do custo de uma estrutura de betão armado. Assim há

necessidade de um estudo cuidado destes elementos de forma a reduzir o mais possível tal encargo.

Deve pois, seguir-se uma série de princípios e que se resumem no seguinte:

- Calcular criteriosamente as solicitações originadas pelo betão fresco, procurando dimensionar a cofragem e os elementos que a suportam, sem excessos.

- Programar e modular as construções de forma a que uma mesma cofragem possa ter o maior número possível de utilizações.

- Evitar a todo o custo o fabrico improvisado das cofragens no local da obra.

- Projectar e executar cuidadosamente as cofragens de modo a permitir com facilidade a sua montagem e desmontagem sem causar danos, permitindo assim o maior número possível de reutilizações.

- Empregar elementos prefabricados, quer em fábricas quer no estaleiro. O custo inicial da cofragem torna-se superior, mas à medida que a sua utilização vai aumentando, o seu custo vai-se reduzindo.

- Utilizar moldes metálicos que permitem com facilidade a adaptação a peças com diferentes dimensões.

- Recorrer a firmas especializadas no cálculo, projecto e execução de cofragens, pois devido à sua experiência pode-se conseguir reduzir o seu custo.



Fig. 3.3- Fachada do Liceu Garcia da Horta. Superfície de betão à vista obtida com cofragem de madeira, constituída por tábuas aparelhadas

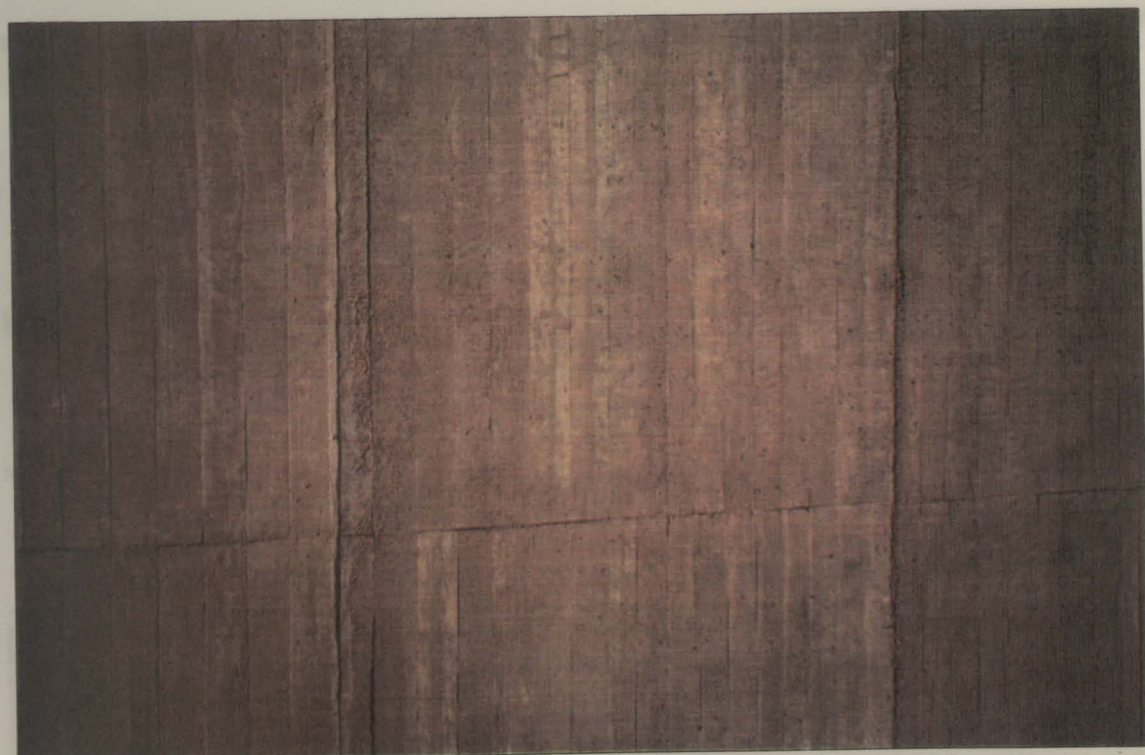


Fig. 3.4- Parede executada com cofragem de madeira onde a molde apresenta um papel preponderante no resultado final do aspecto do betão



Fig. 3.5- Aspecto visual de um paramento de betão dado pelo jogo de uma cofragem de madeira



Fig. 3.6-Interior da Igreja da N.ª Senhora da Boavista. Exploração de formas arquitectónicas conseguidas com cofragem de madeira



Fig. 3.7- Pormenor de uma superfície de betão cofrado com madeira em que se verifica as consequências da fuga de calda de cimento pelas juntas das tábuas

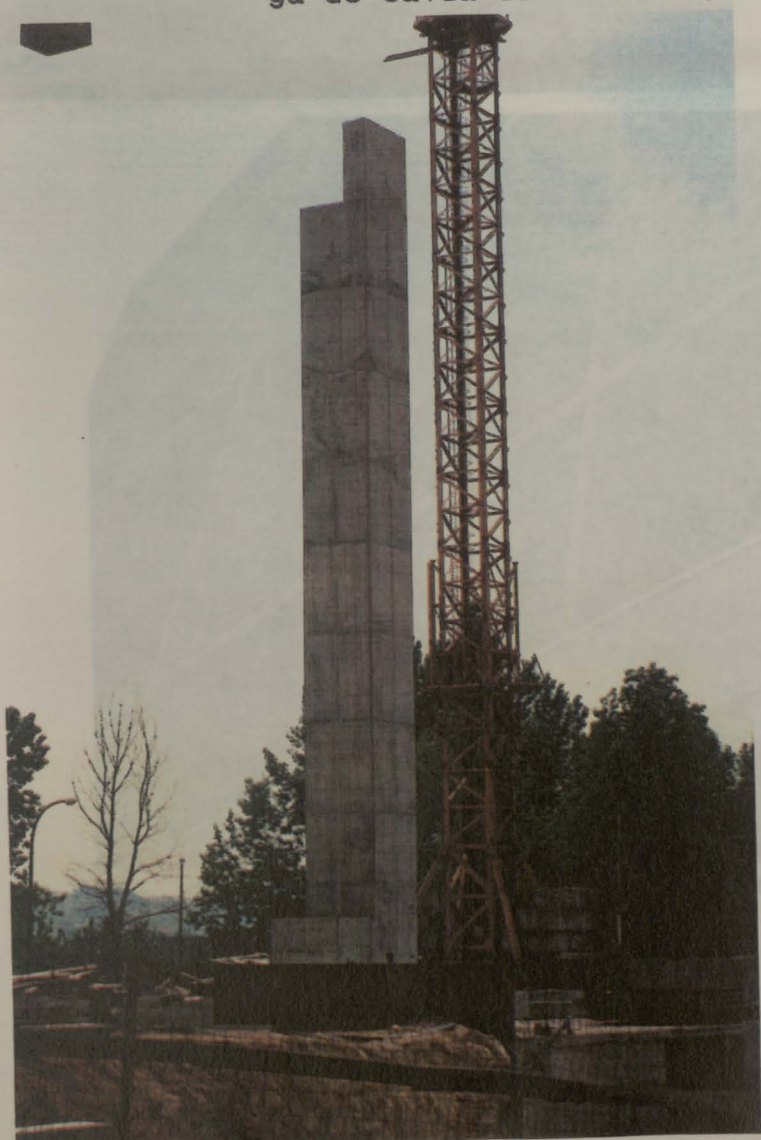


Fig. 3.8-Estrutura em betão armado à vista executada com cofragem de contraplacado



Fig. 3.9-A mesma estrutura da fig. anterior vista com maior pormenor, nomeadamente o reticulado das juntas, sendo visível os apoios da cofragem durante a execução



Fig. 3.10- Estruturas prefabricadas executadas em moldes metálicos



Fig. 3.11- Laje de um parque de estacionamento com estrutura fungiforme em betão à vista executada com moldes plásticos



Fig. 3.12- Pormenor de um alvéolo da estrutura da figura anterior em que se verifica a qualidade do acabamento que esta cofragem permite

4- DEFEITOS DAS SUPERFÍCIES DO BETÃO APARENTE E SUAS CAUSAS

4.1- INTRODUÇÃO

Depois de dominado o cálculo estrutural do betão as maiores preocupações incidiram no estudo do aspecto dos seus paramentos, explorando assim todas as possibilidades do betão como elemento decorativo.

O conceito de defeito é controverso variando de técnico para técnico. Há os que idealizam e têm com finalidade no betão aparente uma superfície lisa, homogénea, absolutamente uniforme, a outros porém o que os atrai no betão à vista é precisamente as características de um material bruto com todas as suas imperfeições tidas como perfeitamente naturais, que contrastam com outros elementos de obra perfeitamente acabados, como a carpintaria.

Um arquitecto por exemplo, pode pretender tirar partido de uma cofragem de tábuas colocadas de modo desnivelado entre si de forma a originar um jogo de sombras.

Um exemplo sobre a subjectividade da aparência do betão é o caso de um paramento em que o aparecimento de demasiadas bolhas de ar pode considerar-se um defeito, mas a existência de poucas bolhas dar origem a uma superfície demasiado morta e sem carácter (Fig. 4.3).

A importância de um defeito é também subjectiva. O mesmo defeito que em uma fachada de vivenda é grave porque se vê a 3 ou 4 m, em um edifício torna-se imperceptível pois vê-se a 10 ou 15 m.

Assim há autores que defendem que não deve ser feita a eliminação sistemática dos defeitos mas sim o seu controlo, de modo a dar uma margem de criatividade aos projectistas.

Na caracterização e definição dos defeitos e suas causas engloba-se todo o tipo de irregularidades desde variações de cor, tonalidades, bolhas de ar, orifícios, protuberâncias, etc. que podem aparecer nas superfícies de betão.

4.2- BOLHAS DE AR

É um dos defeitos mais vulgares nos paramentos de betão. Consiste no aparecimento mais ou menos aleatório de pequenos buracos geralmente circulares, com um diâmetro que poderá atingir os 5mm e uma profundidade para o interior do betão até 2cm nos casos mais graves (Fig. 4.4 e 4.5).

O ar constitui a nossa atmosfera encontrando-se em toda a parte, nomeadamente nos componentes do betão, nos elementos de transporte destes para a betoneira, nas betoneiras, nas cofragens, etc.

Genericamente as bolhas de ar encontradas no betão podem ter origem na mistura da amassadura, no ar que fica preso contra a cofragem na altura da colocação do betão e na água da composição.

Existem casos em que a introdução de ar no betão é premeditada. Para alguns betões é estudado, consoante a dimensão máxima do inerte, a introdução de uma pequena percentagem de ar com o fim de lhe conferir uma maior trabalhabilidade, ou de lhe manter esta característica diminuindo a quantidade de água. De realçar que esta operação pressupõe uma boa instalação de betonagem e controlo apurado da colocação do betão,

o que à partida confere uma garantia de que apesar de se estar a introduzir ar no betão não tem como consequência o aumento de bolhas de ar visíveis nos paramentos.

São várias as causas apontadas para o aparecimento de bolhas de ar num paramento:

- As betoneiras de eixo horizontal são uma delas. Na execução da mistura do betão esta é revolvida sobre si mesma originando betões ricos em bolhas de ar.

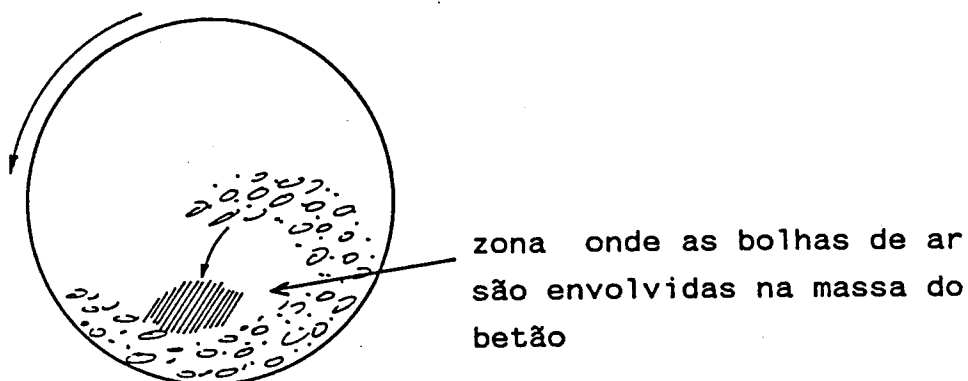


Fig. 4.1- Esquema de formação de bolhas de ar no interior de uma betoneira

- Outra das razões é a quantidade de água adicionada para a execução da mistura, dando-se o caso que quer a sua falta quer a sua utilização em excesso dão origem a uma maior formação de bolhas de ar.

- Outra causa é os inertes não serem totalmente envolvidos pelo ligante por razões que vão desde fenómenos capilares (areias muito finas), a uma certa neutralidade química ou até à existência de água em excesso.

- Factor importante é o modo e tempo de transporte da massa de betão que dá origem a um aumento ou diminuição da proporção das bolhas de ar.

- Importância tem também a colocação do betão dentro da cofragem, operação que se não for realizada com muito cuidado dá origem ao aumento da quantidade de bolhas de ar, pois a massa de betão sendo vertida bruscamente sobre um molde aprisiona um certo volume de ar. Isto acontece tanto mais facilmente quanto menos molhadas estiverem as paredes das cofragens.

As bolhas de ar com esta origem repercutem-se mais directamente nos paramentos do betão do que as que se encontram na sua massa.

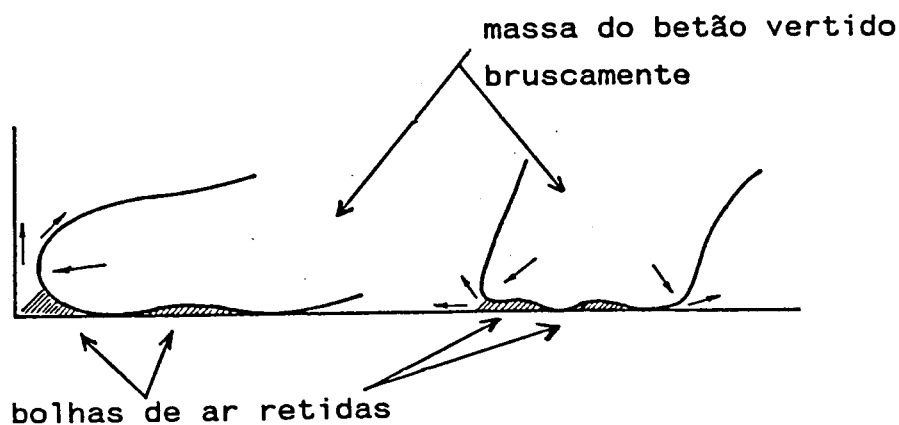


Fig. 4.2- Esquema do como é feito o aprisionamento das bolhas de ar durante a colocação do betão

Verifica-se que as bolhas de ar que se encontram na massa do betão fresco estão submetidas ao princípio de Arquimedes pelo que têm tendência a subir. A este impulso opõe-se a viscosidade do betão, daí que quando se diminui esta, por exemplo com auxílio de vibração, verifica-se a subida das bolhas de ar à superfície e a sua eliminação.

Entretanto ensaios realizados em Inglaterra demonstraram que durante a vibração isto não era inteiramente linear. Vibrando um betão num molde transparente verificaram que as bolhas de ar se deslocavam em todas as direcções, inclusive na vertical de cima para baixo. No entanto a tendência maior é para a subida das bolhas no sentido vertical assim como a sua deslocação para a fonte vibradora.

Uma das preocupações na execução de uma superfície de betão para ficar à vista é a libertação das bolhas de ar que ficaram retidas contra a cofragem, devendo-se com a vibração tentar desprende-las. Aqui intervém directamente a estrutura da cofragem, a sua rigidez, o estado da sua superfície e a sua posição (se é fundo de molde, se parede inclinada ou vertical). Depois de se desprenderem das paredes do molde as bolhas de ar sobem e não voltam a tomar contacto com a cofragem.

O factor que maior influência tem na maneira como é feito o deslocamento das bolhas de ar é o tipo de vibração aplicado.

- Apiloamento- quando se coloca a vara no betão há um afastamento dos seus constituintes deixando livre o volume ocupado pela vara. Quando esta é retirada, o betão volta a ocupar esse lugar vazio reajustando os seus constituintes, sendo os elementos de maior mobilidade (elementos mais finos) os que ocupam em primeiro lugar esse vazio. Com este movimento há uma chamada de bolhas de ar para a zona do apiloamento.

- Vibrador de agulha- o processo é semelhante ao anterior mas a movimentação do ar para a fonte vibradora e consequentemente para o exterior é feito muito mais rapidamente. O betão sofre um impulso seguido de um repouso sendo neste período que os elementos de maior mobilidade se deslocam. O

impulso transmitido ao betão pelo vibrador é levado até à cofragem que por sua vez também atrai as bolhas de ar.

- Vibrador de cofragem- neste caso é a cofragem ao vibrar que atrai os elementos finos e o ar, sendo esta deslocação na direcção do molde mais efectiva que no caso anterior.

Verifica-se que normalmente encontra-se menos bolhas de ar na base de pilares ou paredes do que a sua parte superior, isto é, as bolhas de ar tornam-se mais evidentes nas camadas mais altas das betonagens, sendo este facto explicado por:

- Devido ao principio de Arquimedes o impulso é mais forte na parte mais baixa do betão, aí este é mais compacto e portanto mais denso, provocando a subida do ar para as camadas superiores.

- A pressão do betão sobre a cofragem também é maior na parte inferior desta, ficando o ar que está preso nesta zona sujeito a pressões muito elevadas provocando a diminuição do diâmetro das bolhas e mesmo a sua fragmentação em bolhas menores, que assim podem escapar para a superfície ou ainda forçar a passagem pelos poros do molde, se este for poroso.

- Ao se vibrar o betão simultaneamente com a sua colocação, faz-se com que as camadas mais profundas sejam vibradas mais tempo o que favorece o arrasto das bolhas de ar para o interior da massa do betão, pois ao retirar-se o vibrador este arrasta consigo todo o ar concentrado no interior inferior motivando um maior aparecimento de ar na parte superior.

Por norma também se constata que as camadas superiores são menos vibradas que o resto da obra.

As bolhas de ar são um dos defeitos mais difíceis, se não impossíveis de eliminar. As superfícies de betão à vista

tornam-se inestéticas se o seu número for excessivo, dependendo ainda o aspecto de um paramento da forma como elas distribuem na sua superfície.

Verifica-se que as bolhas de ar permanecem tal e qual se formaram uma vez endurecido o betão (Fig. 4.6).

É certo que este defeito pode-se tornar quase imperceptível quando visto de distancias relativamente grandes. Mas mesmo aqui as bolhas de ar devem ser controladas, pois existindo por exemplo em silos, podem abrigar e favorecer a criação de organismos prejudiciais para o produto que está ensilado.

Em superfícies que vão ser revestidas com tintas impermeáveis, as bolhas de ar vão favorecer o aparecimento de manchas negras de humidade, manchas essas que ficam visíveis durante muito tempo após dias húmidos, pois existindo aí água concentrada, esta leva muito tempo a desaparecer.

Podemos concluir que uma conveniente escolha da cofragem, a forma de colocação do betão e sua compactação são os factores mais importantes para a diminuição das bolhas de ar nas superfícies de betão à vista

4.3- VAZIOS-“CHOCHOS”

É um defeito idêntico ao das bolhas de ar mas que geralmente aparece com dimensões maiores. São orifícios nem sempre esféricos, com dimensões na ordem dos 2cm, atingindo profundidades variáveis para o interior do betão, deixando quase sempre inertes à vista (Fig. 4.7, 4.8 e 4.9).

As causas dos "chochos" são na sua maioria análogas às das bolhas de ar salientando-se, no entanto que estas podem ter origem em factores como:

- composição de betões com falta de elementos finos, que dá origem a que os inertes graúdos não sejam totalmente envolvidos pelos mais miúdos formando os denominados "ninhos de brita", ou ainda que estes sejam ocupados por uma leitada de ligante formando uma película que facilmente se desintegra ou rompe;

- escolha de um betão com trabalhabilidade insuficiente ou com uma argamassa pouco estável;

- armaduras com malhas apertadas que associadas a uma má escolha do diâmetro máximo do inerte, dão origem a que estes fiquem presos na armadura criando falta de homogeneidade ao betão com o agravamento de que devido à existência da malha de aço a vibração naquele local não é bem executada;

Uma situação mais pontual é a dos ocos terem origem em uma fuga da calda de cimento através de uma junta da cofragem formando um vazio com inertes à vista.

4.4- TEXTURA ARENOSA

Este defeito consiste no aparecimento dos constituintes arenosos do betão na sua superfície, criando zonas com textura arenosa.

Um dos factores com influência neste tipo de defeito é a quantidade de cimento da composição, quanto menor for mais pobre é a mistura e provável o aparecimento deste problema.

Contribui também para este tipo de textura uma cofragem insuficientemente estanque, permitindo de tal modo a passagem de água que esta arrasta os elementos mais finos, ficando-se a notar nos paramentos os componentes arenosos, ou em certos casos limites a própria brita (Fig. 4.10).

Este defeito torna-se frequente em zonas que correspondam a juntas de cofragens, ou ainda a cantos ou ligações de novas peças com painéis já antigos.

Como resultado final, a superfície do betão aparece com um aspecto rendilhado, tornando-se um paramento facilmente deteorável.

4.5- CROSTAS

Este defeito consta na existência de películas de argamassa aderentes ao paramento de betão já endurecido, normalmente com uma coloração diferente (Fig. 4.7).

Resulta de uma junta de betonagem que não foi bem executada, ou de uma ligação de um painel a um betão já endurecido que não foi suficientemente rígida para suportar os impulsos do betão sobre o molde deformando-o, criando assim um espaço que mesmo muito pequeno é suficiente para a passagem da água e dos elementos mais finos.

Esta passagem de água como já foi visto, pode ainda criar vazios e uma textura arenosa, sendo certo que vai manchar o betão já endurecido criando uma crosta que apesar de pouco espessa é de fácil visualização no paramento.

4.6- EMPENAMENTOS

É um defeito bastante frequente que consiste na falta de alinhamento de um paramento.

Quando esta deficiência está dentro das tolerâncias regulamentares ou quando o betão se destina a receber um revestimento, não existe qualquer problema.

No betão aparente tais riscos não se podem correr. Se o empenamento é significativo, é um problema de difícil resolução, sendo esta muitas vezes a destruição pura e simples da peça betonada, ou então obrigar a uma solução de compromisso, tal como um revestimento.

Na quase totalidade dos casos este defeito é originado por um deficiente dimensionamento da cofragem e dos seus elementos de suporte, que não aguentam os esforços que o betão lhes transmite. Pode no entanto também ser causado por deficiente colocação do betão, nomeadamente uma altura de queda demasiado elevada, ou então por alguma pancada que a cofragem sofresse durante a betonagem, dada por exemplo por um balde de betão ao ser transportado por uma grua, ou a uma deficiente vibração.

4.7- DESCASQUE

Este problema consiste no arranque durante a desmoldagem de películas de argamassa da superfície do paramento. Ocorre em virtude da força de ligação da argamassa superficial à cofragem ser maior do que a força daquela ao betão.

Este problema pode ocorrer só em determinadas zonas ou em toda a superfície do molde, chegando por vezes a deixar a brita à vista (Fig. 4.11).

A causa principal deste defeito é a não utilização de um óleo descofrante adequado. A cofragem também tem grande influência, nomeadamente o seu material constituinte:

- moldes de aço- nestas cofragens a perda de calor através do metal favorece o aparecimento do descasque, pois o abaixamento da temperatura do paramento reduz a resistência da argamassa e na altura da descofragem esta adere ao aço do molde.

- moldes de madeira- o relevo da sua superfície, assim como a troca de humidade entre o betão e a madeira favorece a aderência da argamassa à cofragem aparecendo como consequência o descasque.

- moldes de plástico- como geralmente com este tipo de molde não se utiliza óleo descofrante, há um aumento da aderência da argamassa à cofragem o que potencia o risco de descasque.

Este defeito também depende da composição do betão sendo um betão mais pobre mais propenso a este fenómeno.

Verifica-se também que este problema varia na razão inversa da temperatura e na razão directa da porosidade do molde.

Pode também ter como origem uma desmoldagem precoce.

4.8- INCRUSTAÇÕES

Este defeito consiste no aparecimento de pedaços do material utilizado no molde incrustados na superfície do betão. Geralmente acontece quando se usam cofragens de madeira ou derivados (Fig. 4.12).

Sob certos aspectos pode-se considerar o fenómeno inverso ao descasque em que neste caso é o molde que cede ficando colado ao betão.

Pode ter origem em estragos causados na cofragem durante a colocação do betão ou na sua compactação, resultando de uma vibração mal executada em que a agulha toca frequentemente nas paredes do molde.

Um material que normalmente aparece incrustado no betão são as bandas adesivas ou plásticos que se utilizam para colmatar e disfarçar as juntas dos moldes, que muitas vezes durante a betonagem são despegadas ficando embebidas no betão.

Este problema também pode ser sinónimo de descofragem demasiado tardia, ou a indicação de um número exagerado de reutilizações da mesma cofragem, principalmente se esta for de madeira.

É tanto mais provável o aparecimento de incrustações, quanto mais frágil for o material da cofragem e mais rico for o betão pois a aderência ao painel é maior.

4.9- FISSURAÇÃO

Consiste no aparecimento de fendas ou fissuras na superfície do betão (Fig. 4.13 e 4.14). Estas fissuras podem aparecer com vários aspectos podendo ser horizontais, inclinadas, ou então de uma forma perfeitamente aleatória fazendo o paramento lembrar um mapa.

Este defeito resulta de solicitações a que o betão é sujeito e que podem ser internas ou externas.

Uma das causas da fissuração é a retracção do betão estando esta solicitação em razão directa com a quantidade de água e cimento utilizada e em razão inversa com a quantidade de finos na composição do betão.

A eliminação da água e um ponto fraco na superfície do betão são suficientes para criar uma concentração de tensões dando origem ao início das fissuras. Se a superfície de betão é à vista, sem qualquer revestimento, mais sujeita está à fissuração, dando-se esta mais rapidamente.

Um tipo de retracção muito actuante é a retracção térmica provocada por gradientes térmicos, principalmente no Inverno devido às variações diárias de temperatura e humidade, que são maiores.

Para atenuar o problema da retracção criam-se juntas onde os elementos em contacto são diferentes e estão submetidos a condições de contorno igualmente diferentes.

Verifica-se que é em grandes superfícies que a fissuração provocada por retracção é maior.

A fissuração também pode ter como origem as solicitações estruturais a que o elemento de obra está sujeito. No entanto esta situação é perfeitamente controlável com o cálculo estrutural, só tornando-se problemática no caso de uma utilização diferenciada do fim para que o elemento de obra foi calculado. Estas solicitações podem ser de vária ordem, resultantes por exemplo, de esforços de flexão, transversos, mistos, etc.

Um fenómeno que pode causar este defeito é a carbonatação, devido a reacções químicas entre o anidrido carbónico atmosférico, particularmente quando dissolvido na água das chuvas, e os constituintes básicos do betão.

O problema da fissuração coloca-se com pertinência em painéis compostos por vários materiais, pois apresentam estados de humidade e temperatura diferentes uns dos outros.

Causa frequente de fissuração são os assentamentos diferenciais de uma estrutura que acontecem por exemplo, em obras assentes sobre fundações distintas.

A fissuração sendo inevitável deve ser conservada tão pequena quanto possível.

4.10- RISCOS

Este defeito depende quase exclusivamente da cofragem. Pode aparecer devido a uma junta entre painéis mal conseguida, a uma junta de trabalho ou a algum objecto preso ao molde que quer na betonagem quer na retirada daquele deixe ficar a sua marca.

4.11- MANCHAS

Quase tudo o que se referiu até ao momento tem repercussão directa no aparecimento de manchas no betão aparente. Conforme o seu aspecto e origem estas podem-se subdividir em (Fig. 4.15 e 4.16):

- variações de tons;
- manchas de ferrugem;
- variações pontuais de cor;
- eflorescências.

4.11.1- VARIAÇÕES DE TONS

Este defeito consiste em variações de tonalidade nas superfícies dos paramentos de betão à vista. Onde aparece com maior frequência é em zonas correspondentes a uniões tábua-tábua ou painel-painel.

A tonalidade destas manchas varia podendo atingir a cor negra nos casos mais graves.

Como causas principais deste problema podem-se referir:

- utilização de inertes e cimentos heterogéneos quer em qualidade quer em proveniência;
- utilização em betonagens diferentes da mesma peça betões distintos;
- uma amassadura insuficiente;
- uma má colocação do betão em obra originando a segregação do mesmo;
- uma vibração pouco uniforme ou excessiva;

- o poder absorvente da cofragem principalmente se esta for de madeira;
- produtos descofrantes;
- hidratação mais ou menos perfeita do cimento superficial no momento da descofragem;
- em aditivos ou adjuvantes que contenham nomeadamente cloretos;
- em cofragens sujas que não foram devidamente limpas antes da betonagem;
- em utilização simultânea de cofragens diferentes.

Como se vê as causas das variações de tonalidade podem ter a mais variada origem sendo o seu controlo bastante difícil.

4.11.2- MANCHAS DE FERRUGEM

Estas manchas aparecem por falta de cuidado, ao colocar em contacto com a superfície do betão peças oxidáveis (Fig. 4.17). Podem ainda ter como origem um insuficiente recobrimento das armaduras ou a existência de certas impurezas nos inertes (Fig. 4.18).

4.11.3- VARIAÇÕES PONTUAIS DE COR

São variações pontuais de tonalidades que podem ter como origem alguns inertes, tendo como consequência manchas escuras ao longo de uma superfície com forma e tamanho semelhantes. Podem no entanto não retratar a forma dos inertes em geometria e tamanho.

Um enegrecimento pontual pode também ter origem em um nó de uma cofragem de madeira, originado por diferente absorção de água dessa zona em relação à madeira circundante.

4.11.4- EFLORESCÊNCIAS

Este defeito consiste no aparecimento de manchas brancas, formadas pela reacção do anidrido carbónico atmosférico, especialmente quando dissolvido na água das chuvas, com o betão.

Estas eflorescências podem aparecer em qualquer superfície de betão (Fig. 4.19 e 4.20). No entanto utilizando cofragens absorventes a concentração de partículas de cimento à superfície é maior formando-se uma película mais densa e pouco permeável, impedindo a reacção do anidrido carbónico com as britas, reduzindo a possibilidade do aparecimento das eflorescências.

A utilização de moldes de plástico em principio, dá origem a superfícies livres deste problema, pois dando-se a carbonatação de modo uniforme o aparecimento de manchas não se coloca, melhorando assim o aspecto geral das superfícies (Fig. 4.21).

4.12- CORROSÃO

O agente destruidor mais eficaz das obras de betão armado é o "Tempo". Encontramos obras mais ou menos duradouras, dependendo fundamentalmente de factores tais como: importância das secções, recobrimento das armaduras, a qualidade do betão (composição e colocação em obra), clima circundante e solicitações particulares.

De um ponto de vista de corrosão, o betão pode ser considerado bastante inerte quando empregue em ambientes de agressividade normal. Quando está em contacto com meios ambientes quimicamente agressivos deve ser rapidamente protegido para evitar a sua destruição.

De um modo geral, o betão precisa de ser protegido contra:

- erosão causada pelo vento e pela água;
- acção de microrganismos tais como algas e fungos (Fig. 4.22);
- fissuração causada pela congelação da água nos poros do betão;
- alteração das suas características básicas de isolamento térmico e acústico. Com efeito, a penetração de água pode resultar não só no aparecimento de humidade no interior das construções, como também em perdas significativas das propriedades de isolamento do som e do calor das paredes;
- destruição causada por alguns produtos químicos. Os mais terríveis, não só pela sua agressividade como também pelo facto de serem contaminantes atmosféricos, são os ácidos inorgânicos, nomeadamente os ácidos clorídrico e nítrico que reagem com a cal e destroem rapidamente o betão, mesmo quando se apresentam sob a forma de soluções diluídas, o ácido sulfúrico que age como os ácidos anteriores mas é ainda mais perigoso porque forma sulfatos insolúveis que produzem fenómenos de dilatação com o consequente desagregar do material e o ácido carbónico que além de originar as eflorescências danifica o betão quando está presente em grande quantidade e em solução aquosa, transformando a cal em carbonato de cálcio, o que provoca, muito lentamente, a sua destruição.

Nas causas de corrosão do betão atrás enunciadas, a água é o factor chave:

- dissolve sais e gases que atacam a superfície do betão;
- provoca erosão;
- congela nos poros superficiais e provoca fissuração;
- reduz as propriedades de isolamento das paredes;
- penetra através das paredes causando o aparecimento de humidade no interior dos edifícios.

Outra forma de degradação do betão é a corrosão das armaduras. Daí a importância de recobrimento destes varões de aço (Fig. 4.23 e 4.24).

Geralmente, os inertes extraídos do mar contêm sais em que predominam os cloretos e os sulfatos. Os cloretos alteram o tempo de presa do cimento e a velocidade de endurecimento, mas não são perigosos para o betão, pois não formam compostos indesejáveis com os componentes do cimento, mesmo em doses muito elevadas. Mas se há armaduras de aço, já é importante a presença do ião cloro que promove a sua oxidação sob a forma de ferrugem, provocando não só a diminuição da sua secção, mas também a expansão, dada a formação de ferrugem fazer-se com aumento de volume, que acaba por romper o revestimento de betão, o que acelera mais ainda o processo de corrosão.

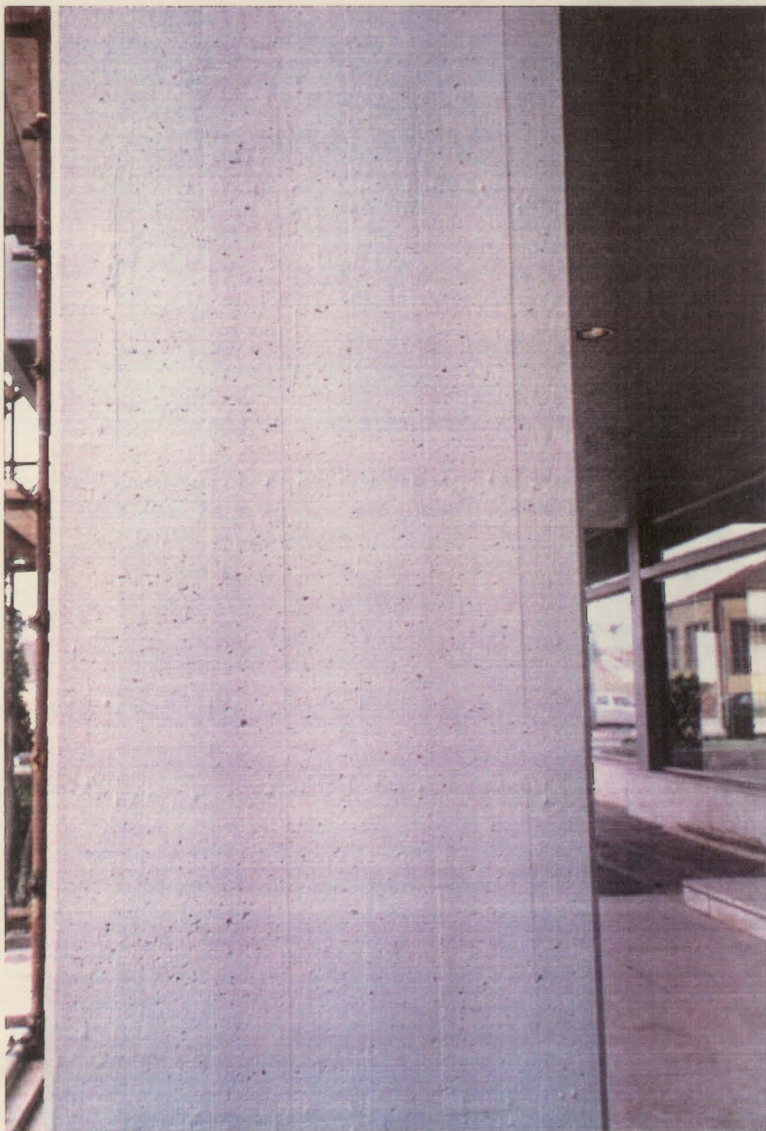


Fig. 4.3- Superfície de betão pintada em que as bolhas de ar interferem directamente na uniformidade do acabamento



Fig. 4.4- Superfície de betão dominada pelas bolhas de ar

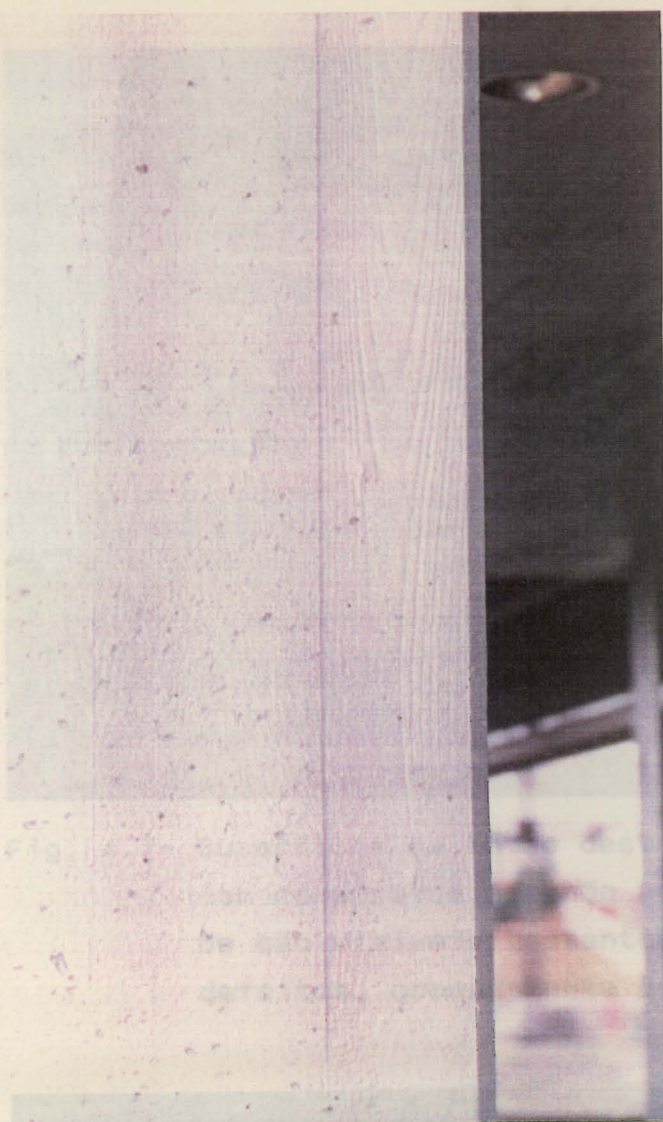


Fig. 4.5-Pilar de um edifício em betão aparente pintado em que são perfeitamente visíveis bolhas de ar. De realçar neste pilar a textura do betão totalmente influenciada pela cofragem de madeira

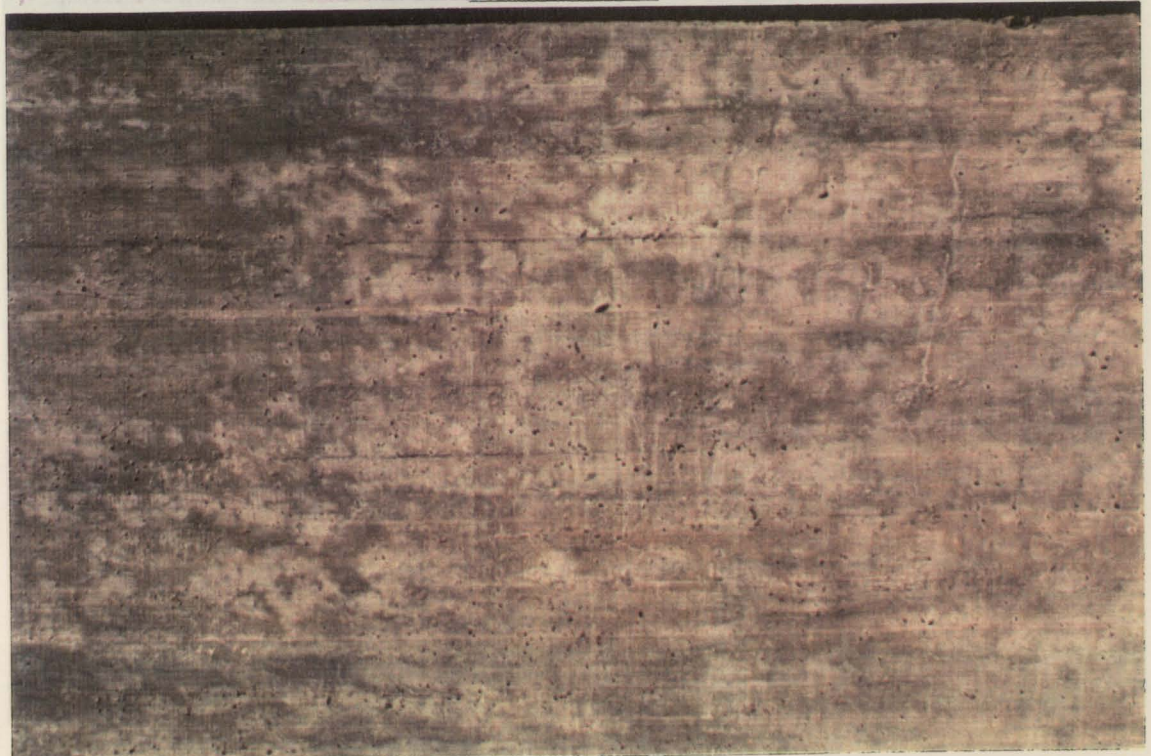


Fig. 4.6- Pormenor de uma superfície de betão com abundância de bolhas de ar



Fig. 4.7- Superfície de betão destinada a ficar à vista, recém construída e ainda sem qualquer acabamento onde são visíveis bastantes vazios, além de outros defeitos, nomeadamente crostas

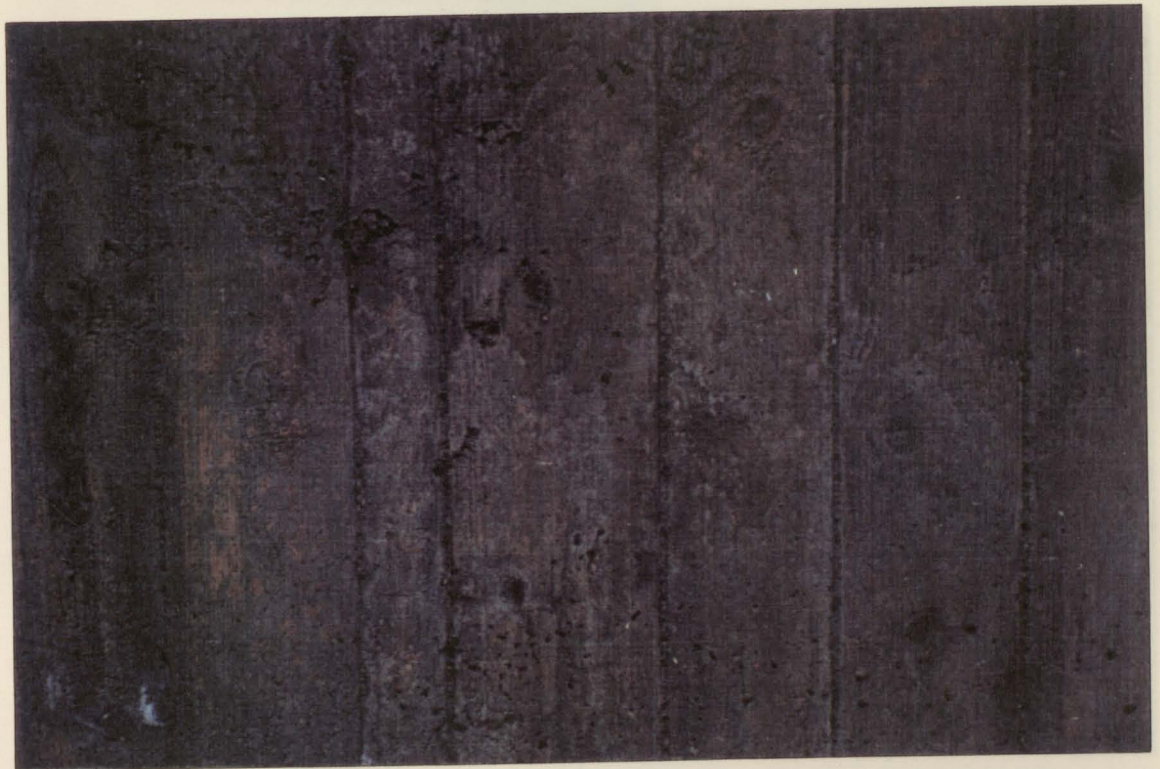


Fig. 4.8- Pormenor de parede de betão cofrada com madeira em que os vazios são perfeitamente visíveis



Fig. 4.9- Pormenor de um vazio

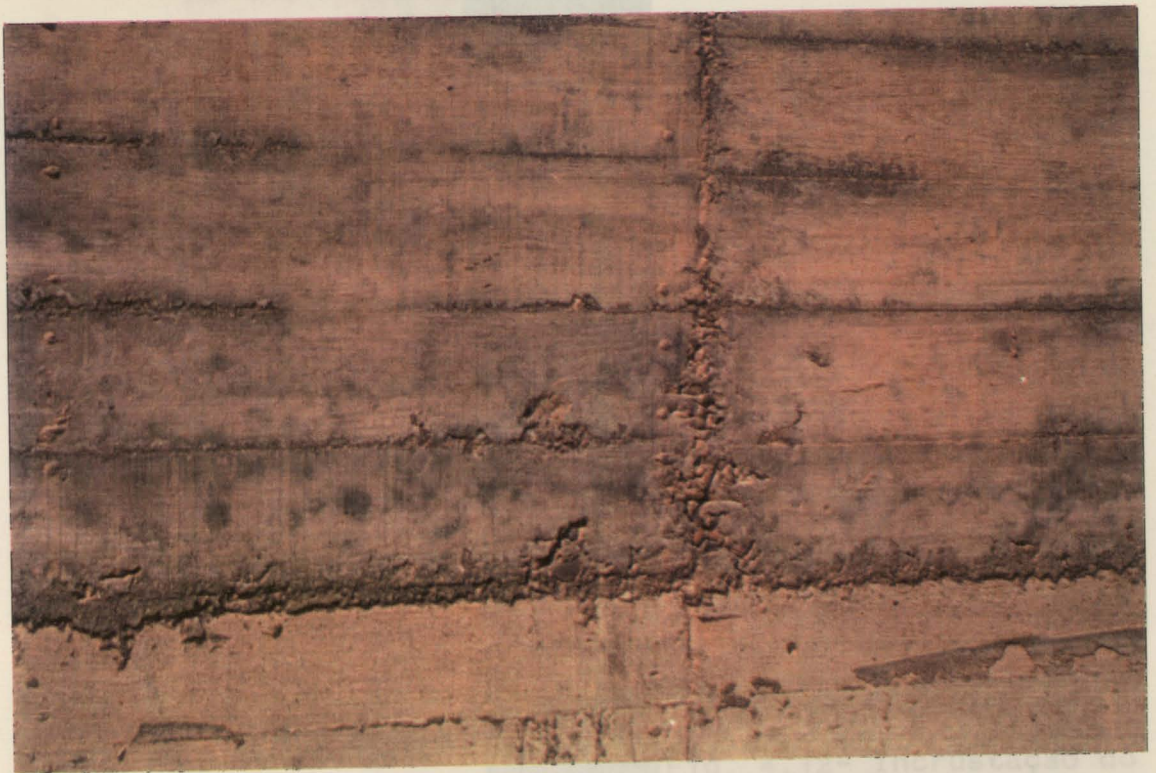


Fig. 4.10- Junta de cofragem que permitiu uma fuga de calda de cimento onde se evidência uma textura arenosa

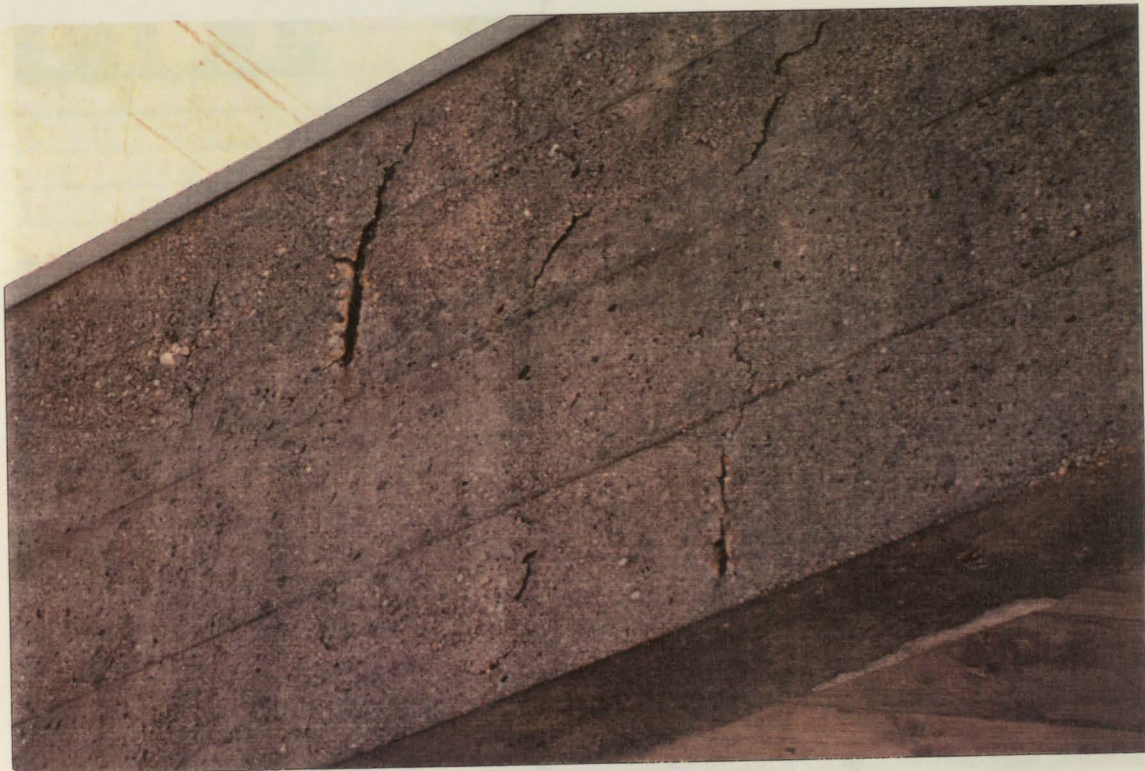


Fig. 4.11- Platibanda de um edifício com indícios evidentes de descasque



Fig. 4.12- Incrustação do material de cofragem no betão de um pilar



Fig. 4.13- Fachada de um edifício com uma fissura de origem estrutural



Fig. 4.14- Superfície de betão bastante fissurada



Fig. 4.15- Superfície muito manchada, principalmente devido a uma junta de obra executada com aglomerado de cortiça e a uma reparação de superfície mal conseguida

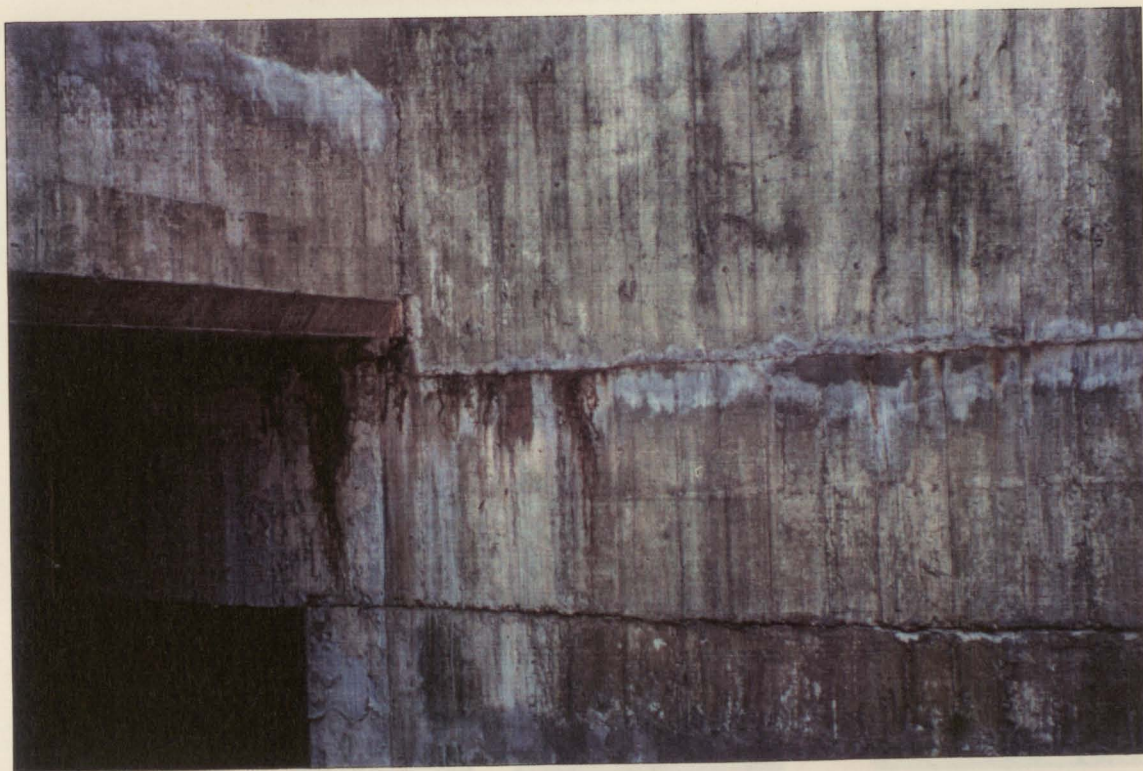


Fig. 4.16- Mesma situação da fig. anterior vista de outro ângulo

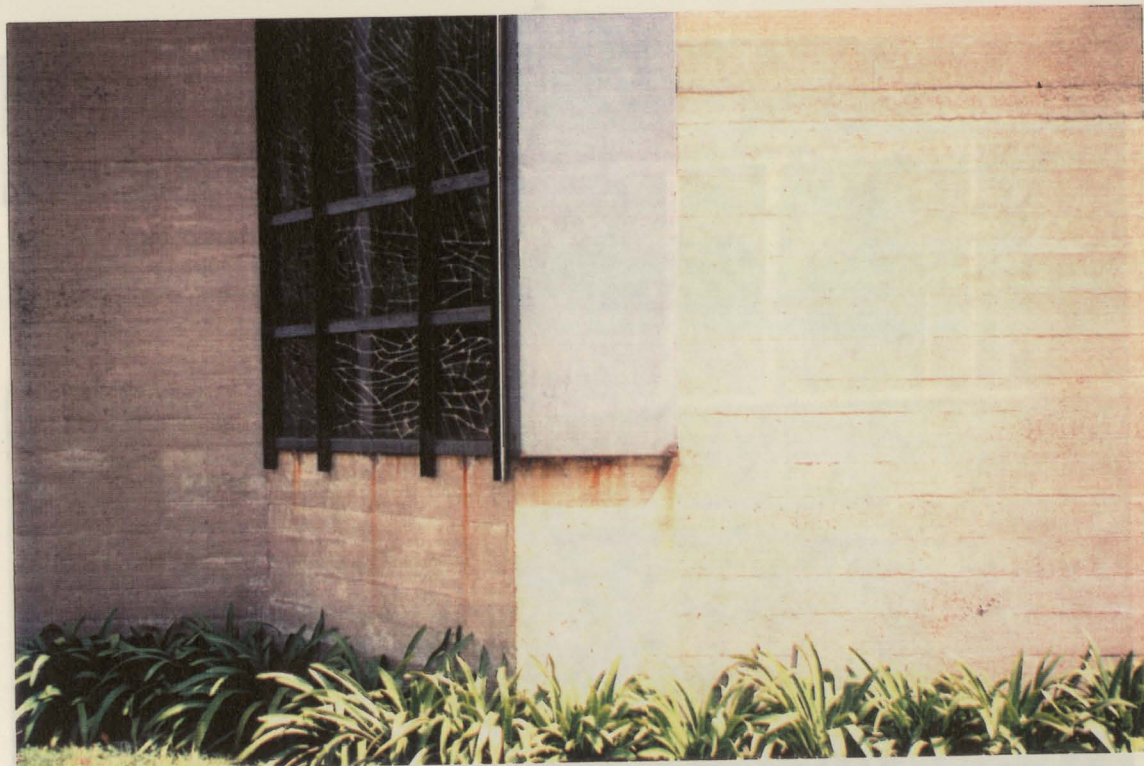


Fig. 4.17- Aparecimento de manchas de ferrugem pelo contacto
do betão com peças oxidáveis

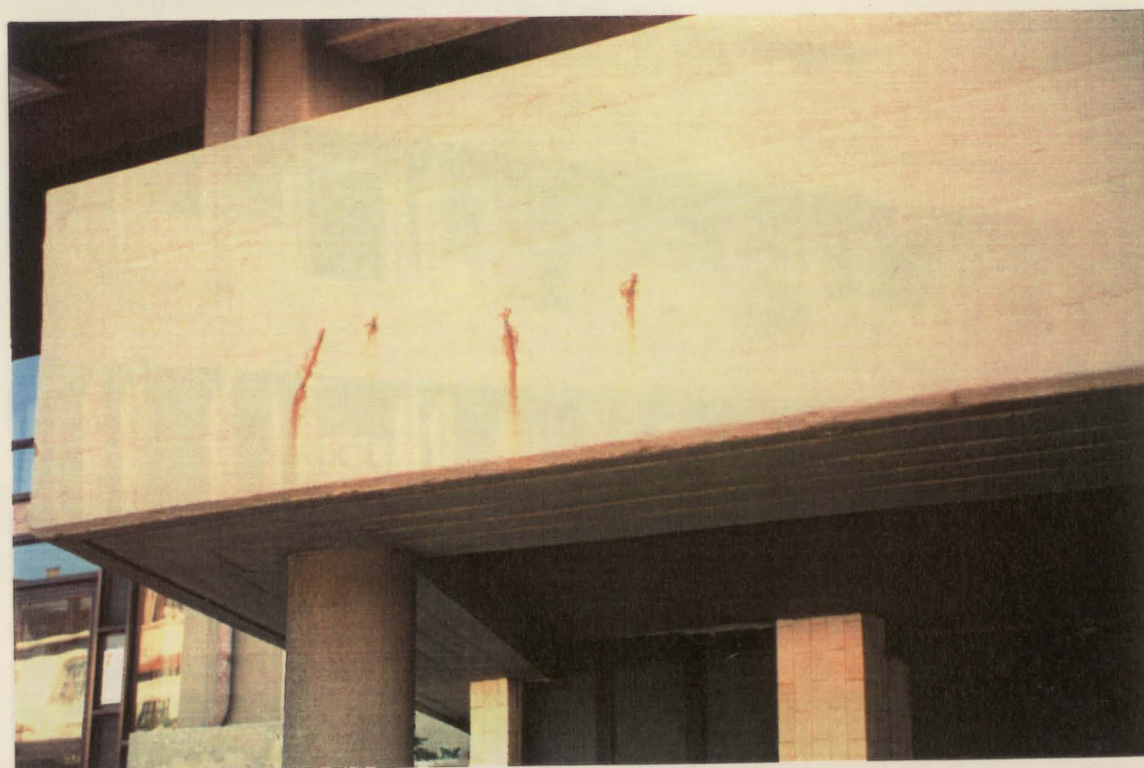


Fig. 4.18- Manchas de ferrugem provocadas pela oxidação da
armadura

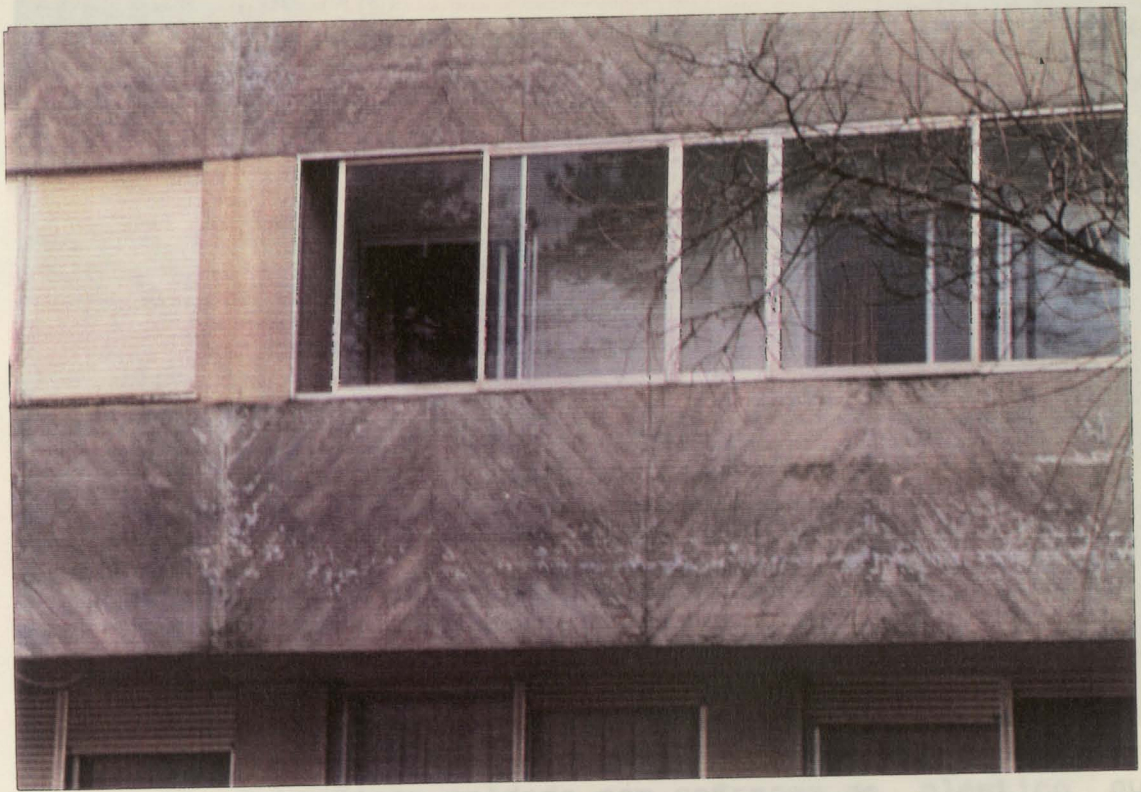


Fig. 4.19- Superfície com eflorescências



Fig. 4.20- Superfície em que além de outras manchas é dominada por eflorescências



Fig. 4.21- Superfície moldada com cofragem de plástico que deu origem a uma superfície com cor uniforme



Fig. 4.22- Paramento de betão atacado por fungos que se alojaram em uma junta

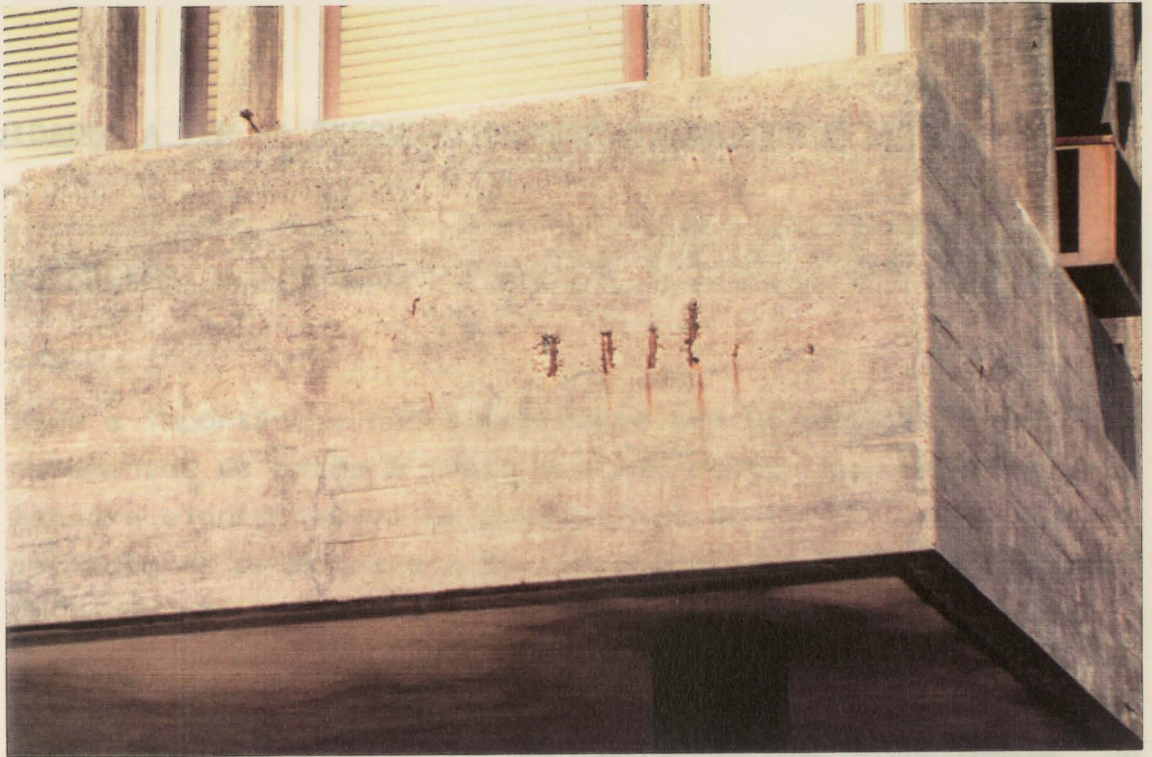


Fig. 4.23- Platibanda de betão com a armadura à vista



Fig. 4.24- Fachada de um edifício com armadura à vista em estado de corrosão

5- CUIDADOS A TER NA EXECUÇÃO DE SUPERFÍCIES DE BETÃO APARENTE

5.1- COFRAGENS

Dada a importância que a cofragem tem no aspecto final dos paramentos de betão à vista e o seu custo, que interfere de maneira significativa no preço final da obra, convém resumir os factores principais a ter em atenção na concepção de uma cofragem para este fim (Fig. 5.3 e 5.4):

- a cofragem e os seus elementos de suporte devem estar dimensionados para absorver as solicitações provenientes do betão fresco, nomeadamente o efeito de choque da sua colocação e a posterior compactação;

- a concepção da cofragem deve estar estudada de modo a limitar a sua deformação, mantendo as suas dimensões invariáveis ao longo da sua vida, e evitar um dos defeitos já mencionados que é o empenamento;

- devem ser suficientemente estanques devendo existir um cuidado extremo com as suas juntas;

- devem ser executadas com o menor número de peças possível e concebidas de modo a facilitar a montagem da armadura, a betonagem e a compactação, devendo para isso se for necessário, disporem de aberturas que facilitem a execução destes trabalhos. Deve ser tido também em conta a sua desmontagem, que deve ser fácil não deteriorando os paramentos betonados.

- devem exercer pouca aderência sobre o betão e permitir fácil limpeza. O ideal é obter-se o maior número possível de utilizações com o menor custo de conservação.

A escolha do material para a execução do molde deve atender principalmente a:

- tipo de acabamento pretendido;
- dimensões da peça e sua forma geométrica;
- número de utilizações pretendido.

Nas cofragens de madeira deve-se ter em atenção que se esta não estiver isolada do betão irá exercer uma acção directa sobre o paramento. Outro factor a ter em conta na utilização de madeira é a diminuição do seu módulo de elasticidade com a reutilização daquela, podendo atingir como já anteriormente se referiu valores inferiores a metade do valor inicial.

Quando da execução destes moldes a madeira deverá estar suficientemente seca de forma a evitar empenos.

Uma das particularidades das cofragens de madeira é a de que os seus anéis de crescimento têm capacidades da absorção da água diferentes, dando origem a variações de tonalidade proporcionais a esta absorção. Nas zonas em que a água é mais absorvida há maior concentração de cimento aparecendo posteriormente esse local mais escuro.

O teor de humidade da madeira ou uma rega desta feita descuidadamente podem fazer variar a capacidade de absorção desta dando origem a manchas que á partida não se podem prever.

A cofragem de metal conduz a superfícies lisas e paramentos bastante perfeitos, mas as juntas são de difícil camuflagem.

Os moldes de matérias plásticas dão também superfícies muito bem acabadas mas têm como factor negativo o seu custo que obriga a um número de utilizações bastante elevado que só se

consegue em sistemas modulares e principalmente na prefabricação de determinadas peças.

O molde não deve influir na presa e endurecimento do betão.

Constata-se que quanto mais absorvente é o material de cofragem, menor é o risco do aparecimento de bolhas de ar, havendo no entanto o inconveniente de que quanto mais poroso for o material menor é o número de reutilizações das cofragens. A impermeabilidade do material de cofragem está em razão directa com o aumento das bolhas de ar dos paramentos.

Paralelamente devem-se utilizar cofragens que apresentem uma granulometria fina o que impede que as bolhas de ar adiram à cofragem.

É preferível utilizar-se uma cofragem robusta e com um certo peso em vez de um molde com 3 ou 5mm de espessura. Durante a compactação este vibra juntamente com o betão e as bolhas de ar não se desprendem com a mesma facilidade que nas estruturas mais rígidas.

Um dos problemas das cofragens são as suas juntas. Estas devem assegurar o máximo de estanquidade tendo-se já anteriormente assinalado que as fugas de calda de cimento em conjunto com elementos finos através das juntas dão origem a uma série de problemas como chochos, texturas arenosas, crostas, etc.

Pode-se tentar assegurar esta estanquidade colocando películas de plástico estendidas sobre as juntas, no entanto deve-se ter em conta que a colocação em obra das armaduras e do betão são operações bruscas, produzindo muitas vezes a separação da película da cofragem e a sua imersão no betão dando origem a uma incrustação impossível de arrancar.

Outro método é colocar bandas adesivas que se fixam nas juntas, mas que na realidade são de difícil aderência a não ser em condições muito especiais, devido à existência na maior parte das vezes de óleos descofrantes e humidades da cofragem.

Como conclusão, poder-se-á dizer que a cofragem deve ser executada com o máximo cuidado de modo a que se consiga uma permeabilidade suficientemente pequena para que a água e a calda de cimento que se venha a perder não influencie as características pretendidas.

Existe ainda um sem número de pequenas regras a ter em atenção na utilização das cofragens:

- de modo a evitar a aderência do betão deve-se humedecer a cofragem antes da betonagem ou utilizar óleos descofrantes;
- para este tipo de paramento compensa utilizar um bom óleo descofrante ainda que seja mais caro, pois se este não for de qualidade pode manchar os paramentos. Um óleo descofrante não se comporta da mesma maneira se se tratar de um molde horizontal ou vertical. As tensões superficiais são diferentes dependendo também da natureza da cofragem;
- a impermeabilidade da madeira aumenta à medida que vai sendo reempregada e como tal a superfície do betão resulta mais clara;
- a madeira de Primavera e Verão absorve mais água originando como consequência um paramento mais escuro;
- evitar as saliências horizontais principalmente se são para ficar à vista pois são locais aonde se bloqueiam as bolhas de ar assim como leitada de cimento e óleos;

- a cofragem absolutamente vertical não facilita o avanço das bolhas de ar;
- o paramento interior das cofragens deve estar isento de qualquer elemento estranho, como parafusos ou pregos que originam defeitos;
- quando se pretende reutilizar um molde, este deve ser convenientemente limpo, tendo o cuidado de não o ferir. Quanto maior o cuidado na sua conservação maior será a sua vida e melhores resultados se obtêm;
- a utilização de moldes com madeiras velhas é propício a danificações e como consequência a formarem-se incrustações;
- a utilização de moldes diferentes no mesmo painel com valores de absorção e humidades diferentes dá origem a tonalidades diferentes;
- nos moldes de plástico como geralmente não é necessária a utilização de descofrantes a sua aderência ao betão é maior podendo causar descasques;
- nos moldes de aço o abaixamento da temperatura superficial reduz a resistência do betão junto aos paramentos podendo originar também o descasque;
- no caso de se utilizarem óleos de descofragem, imediatamente antes da betonagem deve-se voltar a olear as partes superiores do molde precavendo-se qualquer escorrimento do produto que entretanto tenha acontecido.

5.2- COMPOSIÇÃO E FABRICO DO BETÃO

Como material constituinte dos elementos em estudo o betão é o principal responsável pelo resultado final de um paramento à vista. Existe assim a necessidade de rodear a sua composição e o seu fabrico de certos cuidados.

Neste capítulo não se pretende abordar a metodologia da composição do betão, mas sim enunciar um certo número de cuidados a ter, de modo a se conseguir obter o aspecto final pretendido para um determinado paramento de betão.

Em betões aparentes e principalmente se são para ficar com inertes à vista há que ter em atenção além da resistência e diâmetro dos inertes outras características como a sua forma e natureza da superfície.

Os materiais rolados devido à sua forma provocam menor atrito entre os vários elementos constituintes do betão e têm menor superfície específica, de modo que exigem menor quantidade de água para assegurar a mesma trabalhabilidade.

As britas por seu lado devido à sua superfície obtêm uma maior aderência com o ligante o que garante uma maior solidez e menor segregação.

Convém que os inertes a empregar estejam limpos e não revestidos de pó ou argila, o que aliás é uma imposição regulamentar, pois nestes casos por um lado obriga a gastar uma maior quantidade de água e por outro impede a ligação da pasta de cimento ao inerte, com todos os inconvenientes e defeitos que provoca nas superfícies de betão.

De referir que no caso dos inertes provenientes do mar, há que contar com a existência de cloreto de sódio e sulfato de

magnésio que podem originar eflorescências, além de atrasar a velocidade de presa do cimento.

Os xistos, calcários margosos, sílex e minerais argilosos não devem ser utilizados na constituição do betão pois são materiais que podem sofrer grandes alterações de volume quando em contacto com a água, por sua vez os granitos com feldspato muito alterado são atacados pela água do mar.

Há que ter em atenção que alguns granitos reagem com os alcalinos do cimento e que os calcários e grés resistem mal a esforços provocados pelas variações térmicas.

No betão destinado a ficar à vista deve ser tido em consideração a utilização de inertes com compostos ferrosos, que apesar de perfeitamente estáveis na massa do betão e regulamentares, dão origem a oxidações das quais resulta paramentos manchados.

Relativamente à água, desde que esta seja potável, por principio pode utilizar-se, no entanto é de rejeitar as águas com PH ácido.

O cimento intervém directamente na cor da superfície do betão, há que ter o cuidado já referido de utilizar-se o mesmo tipo de cimento, com a mesma origem, durante toda a execução de uma obra.

Uma composição para um betão é normalmente de granulometria contínua, o que significa que contem todos os tamanhos de inertes abaixo de um máximo determinado, em quantidades que assegurem uma densidade óptima da mistura.

No caso concreto dos paramentos de betão aparente há situações em que se foge a esta regra, sendo exemplo as superfícies com acabamentos de inertes à vista.

Nestas situações há várias vezes necessidade de se diminuir ou retirarem certas classes intermédias de inertes da composição para que após o tratamento da superfície esta apareça com uma percentagem razoável de inertes de um mesmo tamanho, de forma a criar uma aparência uniforme.

Esta prática não deve ser levada a extremos pois pode provocar desagregação entre a pasta de cimento e os inertes.

No betão á vista convém assegurar que a composição tenha por um lado uma quantidade de finos, cimento e água tal, que confirmam uma boa trabalhabilidade, homogeneidade e compacidade ao betão, e por outro lado que esta seja mínima de maneira a que a retracção do betão permaneça dentro de valores aceitáveis de modo a que a fissuração superficial seja suficientemente baixa, para que o paramento resista satisfatoriamente ás condições atmosféricas ao longo do tempo.

No fabrico do betão deve ser tido em consideração a quantidade de água existente nos inertes, pois como já se referiu esta pode variar o teor de água da composição e quer o seu excesso quer a sua falta originam o aumento das bolhas de ar.

Para evitar este mesmo defeito deve-se procurar que os inertes sejam totalmente envolvidos pelo ligante, o que se for feito de maneira insuficiente origina também o aparecimento de chochos e uma textura arenosa.

Dever-se-á respeitar a sequência já indicada para entrada dos componentes do betão numa betoneira, pois esta diminui o aparecimento de bolhas de ar e melhora o envolvimento dos inertes pelo ligante.

Nos paramentos lisos a cor do cimento é preponderante mas esta situação pode inverter-se nos paramentos com inertes à vista ficando a sua cor dependente destes. Nestes casos quando se pretende uma determinada tonalidade à que ter em conta que:

- a forma mais simples e segura de a obter é através dos inertes grossos, os inertes finos são mais sujeitos a variações e necessitam de um controlo de dosagem mais apurado;
- os inertes recentemente britados são mais brilhantes e só com o tempo é que adquirem uma tonalidade mais baixa;
- a uniformidade de cor melhora muito utilizando-se areia britada da mesma origem dos inertes graúdos.

Finalmente convém referir o extremo cuidado na utilização de aditivos dado o facto de se utilizarem em percentagens muito pequenas o que obriga a uma amassadura muito bem feita de modo à mistura se tornar o mais homogénea possível.

Se tal não acontecer o efeito do aditivo pode ser altamente prejudicial quer em termos de resistência de betão quer na sua aparência.

Resumidamente pode-se indicar que:

- uma relação água/cimento elevada conduz a paramentos com escorrências provocando regueiras, segregação com aparecimento do material fino a descoberto e fissuração com fendas pouco profundas e em todos os sentidos;
- uma relação água/cimento demasiado pobre origina descasques;
- uma dosagem demasiado elevada do cimento facilita o aparecimento de fissuração;
- um betão com falta de finos origina chochos;

- uma composição que origina um betão com fraca compactidade facilita a corrosão originando uma superfície que com o tempo se vai desagregar;
- uma composição com uma argamassa instável origina variações de cor num paramento.

5.3- ARMADURAS

O cálculo do betão armado deve estar intimamente ligado à sua realização, isto é, o projecto de armaduras de um elemento de betão deve ser executado de modo a que da sua concretização não resulte uma má colocação do betão.

Há que conjugar o facto de que onde é necessário uma maior percentagem de armadura também é preciso um betão com qualidade superior. De nada serve estudar um betão com um determinada composição e fim se este não poder ser convenientemente colocado e compactado.

Exemplo é a ligação viga-pilar, que exige certos cuidados e é das zonas de mais difícil betonagem.

Existe um certo número de factores a ter em conta na colocação de armaduras em elementos de betão aparente:

- na sequência do que já foi dito, um agrupamento exagerado de armaduras impedem uma betonagem perfeita, provocando uma tendência para a corrosão;
- as armaduras devem ser colocadas às distancias exigidas dos paramentos, devendo ser dado um especial realce ao recobrimento das armaduras pelo betão não devendo por forma alguma aquela ficar colada á cofragem. Existem para o efeito

espaçadores executados em vários materiais que obrigam a armadura a ficar a uma distancia mínima do molde.

- deve ser respeitado o comprimento de amarração regulamentar, principalmente quando a armadura é ligeira, com poucos pontos de apoio e com recobrimentos pequenos. Uma encurvatura da armadura aproximando-a da cofragem pode originar bastantes defeitos sendo exemplo disto algumas varandas;

- como se acabou de referir o recobrimento das armaduras é importante tendo acção directa na vida de uma obra principalmente no caso do betão armado pré-esforçado (Fig. 5.5, 5.6 e 5.7). Neste caso as armaduras estão sujeitas a tensões muito elevadas, a sua energia interna é grande sendo a aptidão para reacções químicas particularmente elevada;

- a colocação das armaduras deve ser feita de uma maneira sólida de modo a que consigam suportar o impacto do betão e a sua vibração;

- as armaduras devem estar completamente limpas antes do seu envolvimento, nomeadamente de ferrugem que provoca oxidação no paramento e o seu descasque em virtude da variação de volume que este fenómeno acarreta;

- deverá existir uma cuidada atenção em vigas de bordadura e parapeitos sujeitos a escurrimentos de água pois são zonas facilmente deteoráveis. Nestes casos o recobrimento deverá ser majorado permitindo um aumento da vida da estrutura sem reparações.

Como foi referido para se assegurar o recobrimento previsto no projecto é usual utilizar-se separadores. Estes podem ser dos mais variados materiais e modelos:

- separadores de argamassa de cimento- são normalmente fabricados na própria obra tendo incorporado um arame para fixação das armaduras. Nestes separadores pode-se reduzir a sua superfície em contacto com a cofragem dando-lhe a forma semi-esférica ou tronco-cónica;

- separadores de plástico- normalmente do tipo circular que são bastante mais simples de colocar, tendo no entanto como desvantagem o facto de que cada separador só se adapta a um determinado diâmetro de varão, o que em um elemento de obra com armadura de vários diâmetros obriga a ter vários tipos de separadores em simultâneo;

- separadores de nylon, PVC ou poliestireno de alta densidade- são também práticos de utilizar, tendo no entanto como senão o problema de apresentarem um coeficiente de dilatação térmico 10 vezes superior ao do betão, perderem rigidez a partir dos 70 a 80°C e fundirem a cerca de 100 a 110°C, por isso são impróprios para se utilizarem em peças sujeitas a tratamentos térmicos, dando origem a manchas na superfície ou à formação de vazios após o arrefecimento, facilitando a corrosão das armaduras.

Resumindo, antes de uma betonagem de um elemento de betão armado deve ser feita uma inspecção geral, verificando se as armaduras estão devidamente colocadas, fixas e limpas.

5.4- TRANSPORTE DO BETÃO

De nada serve fazer um bom betão se o seu transporte para o local de betonagem não for executado com o máximo cuidado. Desde o ponto onde o betão é fabricado até ao local de colocação dever-se-á manter o mais intacto possível

Os sistemas de transporte de betão vão desde carros de mão, carros basculantes, camiões com ou sem agitação, baldes sobre veículos de carga, planos inclinados, tapetes rolantes, bombas de funcionamento contínuo ou pneumático, etc.

O sistema de transporte a utilizar depende principalmente do tipo de obra e da trabalhabilidade do betão.

Um betão seco, com um assentamento inferior a 5cm, pode ser transportado em caixas de camião, enquanto que um betão fluido exige um transporte em betoneira ou por bomba.

A questão fundamental a que o transporte de um betão tem de responder é a de não provocar a sua segregação nem permitir perda de argamassa.

Genericamente pode-se dizer que a segregação do betão dá-se pelo facto deste ser constituído por elementos de diferentes dimensões e massas, o que origina que logo após a sua saída da betoneira há tendência para os seus constituintes se separarem.

No transporte do betão deve-se atender a:

- o tempo de transporte não deve ultrapassar o tempo de início de presa do betão;
- deve-se evitar a separação da água de fabrico, assim como o betão ser empapado numa situação de chuva;
- as superfícies do equipamento de transporte não devem ser absorventes devendo estas ser humedecidas antes de entrar em contacto com o betão;
- a caixa do equipamento de transporte deve ter uma forma que não impeça o descarregamento harmonioso do betão assim como deve impedir a sua aderência.

O sistema de transporte ou alimentação de betão deve ser suficientemente rápido para que se consiga uma continuidade de trabalho evitando interrupções que conduzem sempre a planos de mais fraca resistência.

Qualquer que seja a forma de transporte o controlo do betão à sua chegada deve ser rigoroso devendo-se rejeitar todas as partes em más condições.

5.5- COLOCAÇÃO DO BETÃO

A colocação do betão em obra tem grande influência no seu comportamento e aspecto final das suas superfícies.

Na colocação do betão há que ter em atenção dois aspectos:

- a preparação da superfície que o vai receber;
- o seu lançamento do meio de transporte para o molde.

No caso do betão aparente e salvaguardando o aparecimento de anomalias deve-se ter em atenção:

- o humedecimento das superfícies de encontro às quais se vai betonar;
- a altura de colocação do betão que pode originar salpicos de argamassa;
- a segregação do betão na colocação;
- a velocidade de enchimento de um molde.

a) Humedecimento das superfícies- a superfície de encontro à qual se vai betonar deve estar suficientemente humedecida de modo a não absorver a água de fabrico do betão, devendo-se no entanto, se a superfície for horizontal, evitar a acumulação de água originando a formação de poças.

Este problema é uma das principais causas de manchas no betão à vista.

b) Salpicos de argamassa- se o betão for colocado de muito alto há lugar à formação de salpicos de argamassa que têm como consequência o aparecimento de manchas brancas no paramento do betão e ainda o arrastamento para baixo dos produtos descofrantes.

Normalmente se a betonagem for feita por bomba este tipo de problema não se coloca.

c) Segregação do betão- a segregação aparece particularmente em elementos altos e delgados. Por exemplo num pilar com uma altura considerável verifica-se que os inertes mais grossos se concentram na base junto às faces pois os elementos mais finos são retidos pelas armaduras não podendo encostar à cofragem. Este problema é agravado em elementos de difícil vibração.

A segregação aumenta havendo obstáculos nas cofragens, piorando francamente se a colocação se faz na vertical a estes obstáculos.

Pode-se verificar através do esquema , o que acontece no caso de uma colocação efectuada com um balde com uma comporta lateral.

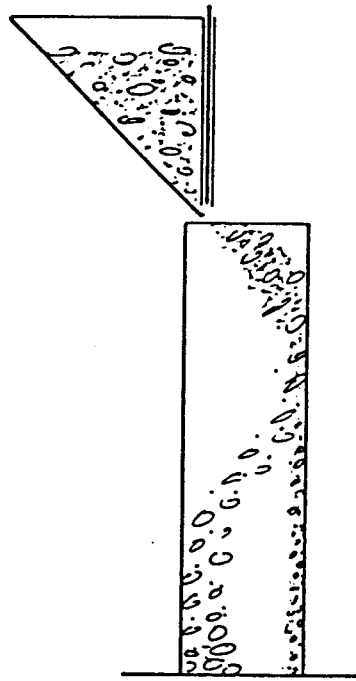


Fig. 5.1- Esquema onde se evidencia a segregação do betão devido à colocação

O betão não cai na vertical, é desviado para a parede oposta da cofragem. Há uma pasta de argamassa que desliza e adere a essa face, enquanto que o inerte grosso faz ricochete e vai para a outra face.

Pode-se concluir que qualquer que seja a forma escolhida para a colocação do betão, esta deve-se realizar na vertical e tão perto quanto possível do local definitivo.

Na colocação de betão em elementos horizontais, nomeadamente na prefabricação de painéis é usual utilizar-se como método expedito o esquema a seguir representado.

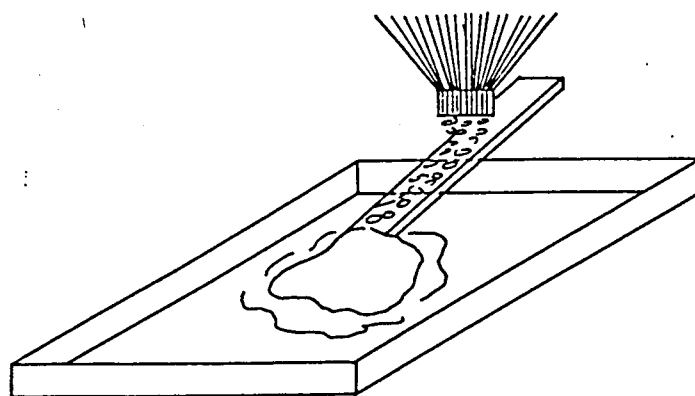


Fig. 5.2- Esquema de colocação do betão num molde horizontal

Na colocação o betão é vertido de encontro a uma tábua que o vai espalhar sobre o molde de uma forma mais suave e uniforme. Evita portanto, que a queda seja directa e brusca o que origina manchas na parte central dos painéis, através das quais se reconhecia facilmente onde se tinha iniciado a betonagem do molde.

d) Velocidade de enchimento- este valor depende do tipo e importância da obra. A velocidade de enchimento deve ser estabelecida para cada elemento de obra em particular, não se devendo impor valores pré- estabelecidos.

A velocidade de enchimento intervém de duas maneiras:

- as camadas sucessivas de betão fresco devem ser perfeitamente ligadas e portanto corresponder a intervalos de fabrico próximos. A vibração ajuda a esta união devendo penetrar na camada precedente cerca de metade da sua altura.

- a duração da betonagem, isto é o tempo que separa os instantes entre os quais foram betonados dois pontos extremos que se descofram em simultâneo, deve ser mínimo comparativamente à duração que precede a descofragem. Assim por exemplo, numa betonagem que durou 5 a 6 horas a sua descofragem após 48 horas pode ser prematura (a sua parte superior aparecerá mais clara), o mesmo tempo de descofragem já poderia ser praticado sem inconvenientes se a mesma betonagem tivesse demorado 1,5 a 2 horas.

Os ingleses explicam o facto de a parte superior de uma betonagem ser mais clara que a sua parte inferior devido a absorções diferenciadas da humidade por parte das cofragens, resultado de diferentes pressões do betão sobre a cofragem.

Esta explicação não é pacífica, pois como se referiu nas solicitações sobre as cofragens, a pressão sobre estas não é

de modo a que isto se verifique tão facilmente. É preferível pensar-se em uma possibilidade da carbonatação ser tanto maior quanto mais jovem for o betão descobrado.

No entanto os ingleses terão razão em pilares de altura razoável onde aí sim as pressões são elevadas.

Resumindo pode-se dizer que é aconselhável escolher um método para a colocação do betão que impeça segregações. O betão deve ser colocado por camadas de espessura uniforme, betonando-se sem interrupções desde o seu início até à cota final da betonagem que previamente deve ser estabelecida.

Num projecto de execução devem estar convenientemente indicadas a localização e pormenores das juntas de construção. Os planos de betonagem devem ser convenientemente estudados de modo a explorar o disfarce das juntas de trabalho.

Para minorar estas juntas muitas vezes é necessário e utilizar retardadores de presa, podendo-se assim prolongar a duração de uma betonagem.

Deve-se evitar encher um molde em pontos diferentes. As massas avançam de encontro umas contra as outras aprisionando ar. A massa de betão deve avançar de um ponto único fazendo a sua progressão por extensão devendo-se verter o betão sobre o já colocado.

Um problema importante a ter em consideração nas betonagens são as suas interrupções.

5.6- INTERRUPÇÕES DE BETONAGEM

Recomeçar uma betonagem sobre um betão total ou parcialmente endurecido provoca sempre uma certa descontinuidade que necessita de ser o mais harmoniosa possível.

Apesar da presença das armaduras que atravessam a zona da junção e que asseguram a união mecânica, o contacto entre betões de idades diferentes é sempre um problema delicado.

O betão que se situa na parte inferior de uma betonagem é um betão teoricamente mais pobre em argamassa, enquanto que o betão do coroamento é rico em bolhas de ar e em argamassa onde predominam os grãos de cimento menos densos, normalmente mais escuros. Ocasionalmente pode-se verificar a situação inversa devido por exemplo ao betão de uma camada apresentar uma percentagem de cimento diferente da que lhe precede.

Por ultimo, refira-se que a maior retracção do betão se realiza geralmente no decurso das primeiras horas, pelo que a camada que se lhe sobrepõe vai ter uma deformação diferenciada da camada anterior, produzindo microfissuração interna no betão novo.

Para atenuar todos estes efeitos, é costume na zona de ligação das duas betonagens e principalmente quando esta é de difícil acesso, empregar betão mais rico em cimento, obtendo-se melhor estanquidade e evitando-se vazios. Pelo contrário, não é aconselhável usar amassaduras finas, com menos quantidade de água, com a ideia de que esta vai absorver a leitada que sobrenada a camada inferior.

No que diz respeito ás cofragens há três pontos importantes a considerar no recomeço de uma betonagem:

- a cofragem pode separar-se localmente do betão endurecido sendo necessário tapar a fenda criada para impedir a introdução aí de calda de cimento ou argamassa originando crostas;
- a cofragem como permanece exposta ás intempéries, pode vir a modificar a sua superfície sendo necessária uma revisão de forma a retomar o seu aspecto inicial;
- a cofragem da segunda prumada pode não encaixar com a anterior devendo ter-se o cuidado de assegurar a estanquidade da junta.

Se se vai interromper uma betonagem por vários dias é imperioso proteger a armadura de espera ou com uma calda de cimento ou com protectores plásticos, evitando-se assim o aparecimento de oxidação.

Por vezes é necessário deixar os inertes a descoberto o que se consegue tratando a superfície de betão com um retardador no final da betonagem.

Antes de se recommençar uma betonagem deve-se fazer sempre uma lavagem e uma limpeza com água ou ar comprimido.

5.7- COMPACTAÇÃO DO BETÃO

No caso de superfícies de betão aparente a vibração deve ser particularmente cuidada, principalmente nas proximidades da cofragem, não devendo ser muito prolongada mas executada de uma forma regular.

A vibração deve ser realizada durante todo o tempo de colocação do betão e não só na parte final desta operação limitando-se a compactar unicamente de forma eficaz a parte superior da camada.

Como já se referiu deve existir um cuidado especial na vibração junto à cofragem devendo no caso dos vibradores de agulha estes serem aplicados a uma distancia tal do molde que se evite junto a este a existência de quantidades excessivos de calda de cimento mas que por outro lado liberte de maneira eficaz as bolhas de ar da superfície da cofragem.

Em estruturas muito esbeltas o problema da vibração do betão coloca-se com muita acuidade sendo neste caso necessário recorrer a métodos de compactação mais sofisticados como a vibração aplicada directamente à cofragem.

O vibrador de agulha não deve colocar-se muito enterrado no betão, num máximo de 0.30m, para que a libertação das bolhas de ar da massa do betão se faça de uma forma efectiva obrigando as bolhas a realizar pequenos percursos.

As técnicas de compactação são um elemento importante na qualidade do betão. De uma forma tão homogénea quanto possível a compactação deve assegurar uma disposição o mais densa possível dos inertes entre si.

Uma vez terminada a vibração, o betão tende a decantar-se. Se a argamassa é estável a massa do betão permanece homogénea e o paramento obtido é satisfatório, se a argamassa não é estável produz-se a decantação na qual todo o cimento tende a decantar tal e qual uma areia, ficando bloqueado pelo efeito de filtro produzido pelo material mais grosso.

Na vibração interna com agulhas deve haver um grande cuidado para que esta não toque na armadura, pois se o fizer além de a poder deslocar pode-a colocar a vibrar resultando a não aderência do betão a esta, podendo originar problemas estruturais e uma aceleração da corrosão da armadura.

Concluindo pode-se afirmar que para o êxito de uma superfície de betão é necessário:

- a argamassa do betão ser estável, tendo origem em uma composição bem feita;
- a frequência e a duração da vibração ser devidamente estudada;
- a vibração ser homogénea, tanto no que se refere à vibração por agulha (dependendo muito do operador), como da vibração na cofragem (devendo existir uma continuidade da difusão de energia);
- a vibração não afectar nem a cofragem nem a armadura.

5.8- CURA E DESCOFRAGEM

A cura é uma das últimas acções importantes a realizar para se obter o betão com as características pretendidas.

Este trabalho consiste na protecção do betão contra a desidratação, isto é, a evaporação da água da amassadura, que tem importância fulcral na resistência, cor, impermeabilidade, resistência ao desgaste e aos ataques químicos.

Como métodos de cura utiliza-se:

- no caso de peças envolvidas por moldes, mantê-las aí o maior tempo possível para que estes impeçam a secagem do betão, molhando-os se necessário;
- em peças planas cobrindo as superfícies expostas com água ou outros materiais que evitem a evaporação;
- aplicar membranas de cura que formam películas impermeáveis ao vapor de água.



Em elementos estruturais a descofragem só pode ser realizada após o betão ter adquirido uma resistência suficiente não só para não colocar em risco a estabilidade da estrutura mas também para evitar deformações excessivas.

Os prazos para realizar a descofragem são variáveis, na prefabricação há situações em que se descofra ao fim de umas horas, em obras tradicionais descofra-se ao fim de uns dias.

A tempo mínimo necessário à retirada dos moldes varia muito com a temperatura ambiente, aumentando significativamente com o tempo frio. Outro factor a ter em atenção é também a humidade ambiente.

De acordo com o R.E.B.A.P. para a construção tradicional os prazos mínimos para a descofragem variam entre os 3 e os 28 dias, conforme as peças e as suas funções estruturais.

Uma maneira de se conseguir diminuir este prazo é através de tratamentos térmicos adequados que permitam obter uma resistência ao fim de algumas horas que em circunstâncias normais demoraria muito mais tempo.

Esta antecipação da desmontagem da descofragem deve ser antecedida de uma série de ensaios de rotura à compressão de provetes normalizados, submetidos às mesmas condições de cura da estrutura, de modo a se avaliar concretamente a resistência do betão na altura da desmoldagem.

De um modo geral uma peça não deve ser desmoldada sem que no mínimo tenha atingido 50% da sua tensão característica esperada aos 28 dias.

Outro processo mais expedito da avaliação da resistência do betão, que serve para indicar a altura de descofragem, é a

utilização de um esclerómetro, devidamente calibrado e se possível com uma análise comparativa em outros elementos de obra do mesmo estaleiro, já betonados e descofrados. No entanto este processo não deve ser utilizado só por si, sendo o ideal que sirva só de complemento aos ensaios nos provetes submetidos às condições de cura da estrutura.

O tempo de cura e descofragem é um factor muito explorado pelas fábricas de prefabricação que manipulando a temperatura e a humidade influem de uma maneira muito directa e simples no aspecto final do painel, nomeadamente a sua cor.

Quando os prefabricados são imediatamente armazenados após a descofragem verifica-se que em tempo seco e quente eles são mais claros do que em tempo de chuva e com mais frio.

Isto deve-se ao já referido fenómeno da carbonatação. Em tempo seco a água que flui para o exterior contém cal em solução, ao chegar à superfície aquela evapora-se deixando a cal que vai reagir com o gás carbónico formando carbonato de cálcio, branco e insolúvel, que clarifica o betão. Se por outro lado a superfície estiver molhada a água interior não tem motivos para sair, a hidratação do cimento mantém-se com a transformação da cal, ficando assim o betão mais escuro.

Mesmo depois de todos os cuidados seguidos se ainda surgirem defeitos num paramento é preciso fazer-se uma retocagem ao mesmo, sendo esta um trabalho delicado e de difícil realização, daí a necessidade de o evitar o mais possível, devendo-se realizar desde o início todas as operações intervenientes na execução e colocação de um betão de forma a que este responda, quer do ponto de vista estrutural quer visual, da maneira como se preconizou.

5.9- LIMPEZA

Por limpa que seja uma obra, existem sempre perigos de sujidades, sendo necessário proteger o betão descofrado até ao fim da obra. Qualquer objecto por mais pequeno que seja pode deixar as suas marcas (Fig. 5.8 e 5.9).

Um dos cuidados mais elementares é a protecção das arestas, sendo um dos processos correntes a sua protecção com madeira.

Paralelamente deve-se realizar a manutenção e limpeza das superfícies, evitando a sua contaminação principalmente com caldas de cimento, que vão deixar crostas esbranquiçadas.

As caldas de cimento são relativamente fáceis de retirar e limpar principalmente se já tiverem um certo tempo, tornando-se facilmente destacáveis da superfície. Provavelmente deve-se tal facto à carbonatação que lhes diminui a aderência ao painel.

No caso das manchas de ferrugem devem ser retiradas com hiposulfito de sódio moído, após o que se deve aplicar uma lavagem com uma solução em água de citrato de sódio, em 15%.

As manchas de óleo e gordura são mais difíceis de retirar podendo-se utilizar dissolventes orgânicos como o bencol, que deverá ser aplicado por meio de uma pasta com pó absorvente, pois se for aplicado directamente pode espalhar ainda mais as manchas.

Para manchas mais difíceis pode-se utilizar ainda uma solução muito diluída de ácido clorídrico (1 a 5%). Neste caso existe o inconveniente de que este método vai retirar a camada superficial do painel, mais clara devido à

carbonatação, aparecendo a zona imediatamente interior que é mais escura.

Nas limpezas nunca se devem utilizar escovas de aço, mas de cerda, para que não marquem definitivamente as superfícies de betão. Não se deve também proceder a qualquer limpeza antes da 4ª semana de idade do betão, pois pode-se dar o caso de entretanto uma mancha existente poder ainda desaparecer naturalmente.

5.10- ARMAZENAMENTO

Este problema só se coloca na prefabricação em que existe a necessidade de se ter de armazenar os painéis de betão antes da sua expedição para o local da obra (Fig. 5.10).

Estas peças devem ser objecto de uma exposição ao tempo homogénea e constante durante o armazenamento. A peça deve permanecer na posição horizontal para que se dê uma evaporação da água uniforme ao longo de toda a superfície. Nas superfícies que vão ficar à vista deve-se evitar pontos de apoio.

Durante o armazenamento deve-se também ter o cuidado de proteger as superfícies contra fungos, insectos, atmosferas industriais, poeiras, etc.

5.11- COMBINAÇÃO BETÃO PREFABRICADO - BETÃO MOLDADO "IN SITU"

Frequentemente utiliza-se o betão prefabricado em combinação com o betão fabricado e moldado no próprio local da obra. Neste caso deve-se planificar a harmonização dos acabamentos

que por sua vez pode condicionar as técnicas de cofragem do betão (Fig. 5.11 e 5.12).

Uma diferença de cura entre os dois tipos de betão, mesmo que tenham a mesma composição, pode produzir diferenças de cor. A resposta dos dois betões às condições atmosféricas pode ser diferente, devido à desigual densidade dos betões, mesmo que o seu aspecto após a sua execução seja análogo, levando a que com o decorrer do tempo a diferenciação entre eles se vai acentuar.

Nestes casos aconselha-se a que se utilize o mais possível os mesmos materiais para os dois betões, mesmas composições, e métodos de colocação e cura análogos.

Uma das precauções que também se deve tomar é a execução de maquetes com betão moldado "in situ" comparando-as posteriormente com os elementos prefabricados.

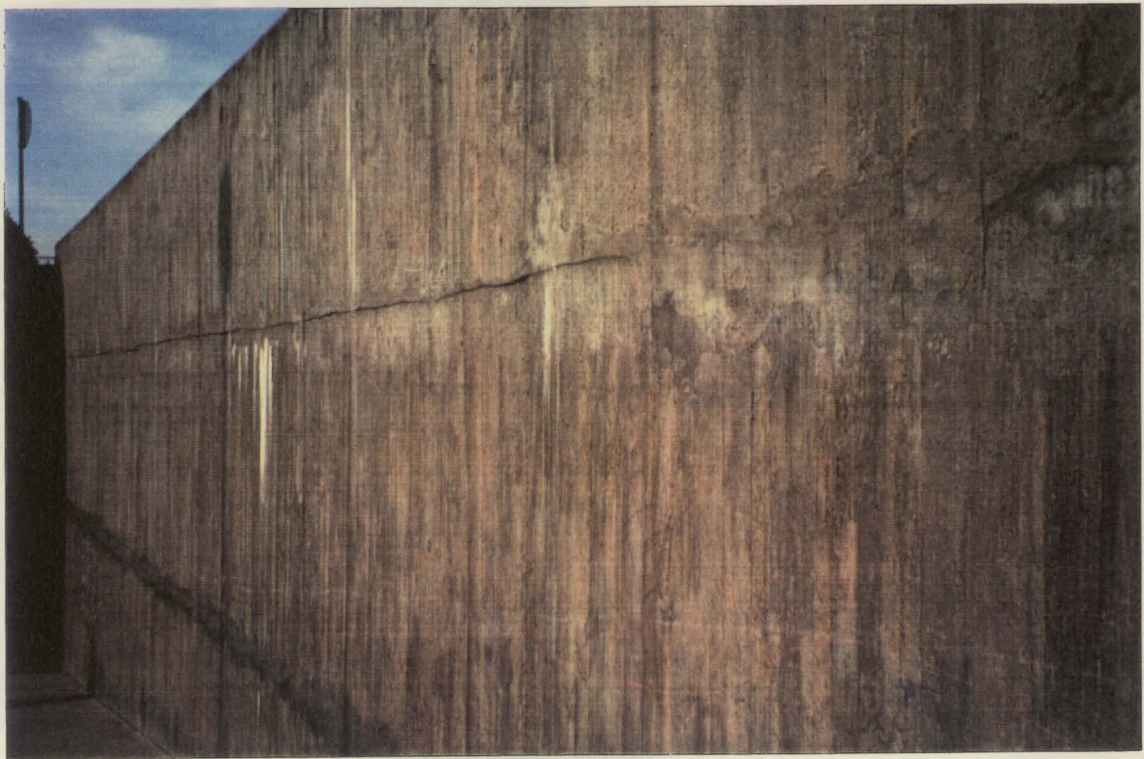


Fig. 5.3- Paramento de betão à vista em que o seu aspecto foi determinado pela cofragem de madeira utilizada

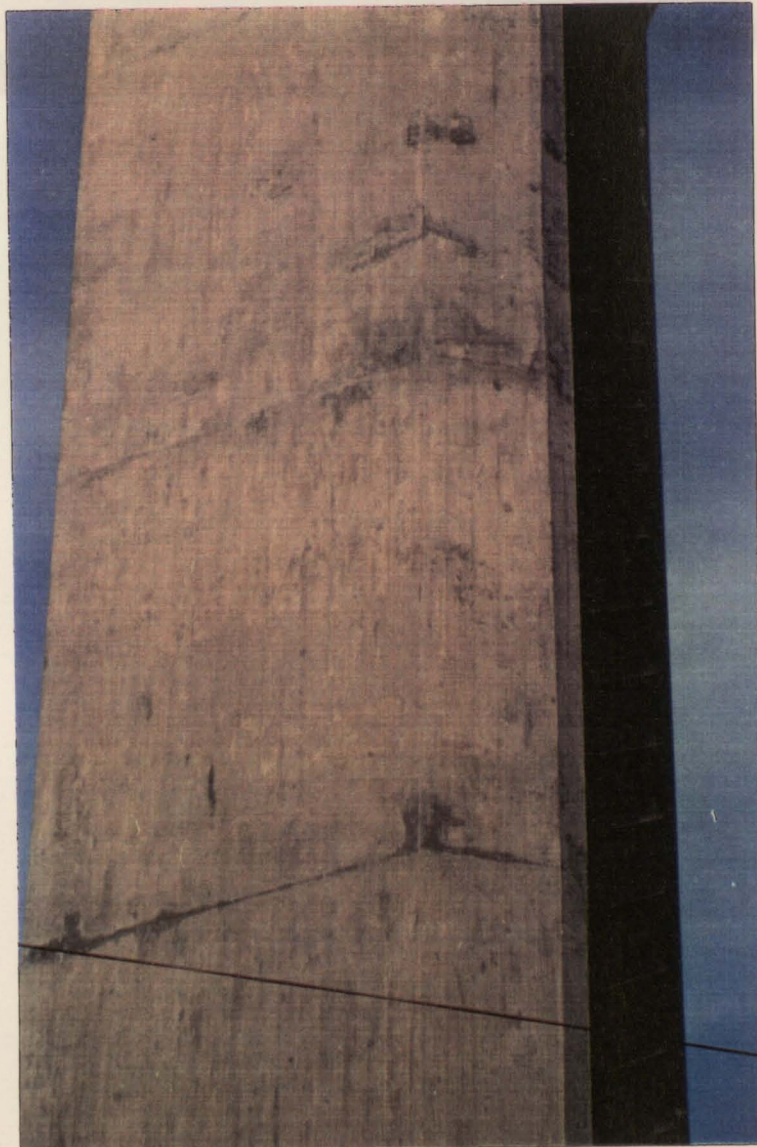


Fig. 5.4- Torre executada em betão com cofragem de madeira colocada na vertical condicionando a leitura deste elemento de obra



Fig. 5.5- Deteoração do betão colocando a armadura à vista



Fig. 5.6- Armadura à vista devido ao pequeno recobrimento de betão que existia



Fig. 5.7- Pormenor de um descasque que provocou o aparecimento da armadura ao ar e a sua corrosão



Fig. 5.8- Aspecto de um edifício em construção destinado a ficar em betão aparente



Fig. 5.9- Vista do mesmo edifício referido na fig. anterior onde se vê as sujidades provocadas pelo decurso dos trabalhos



Fig. 5.10- Armazenamento de placas prefabricadas de betão

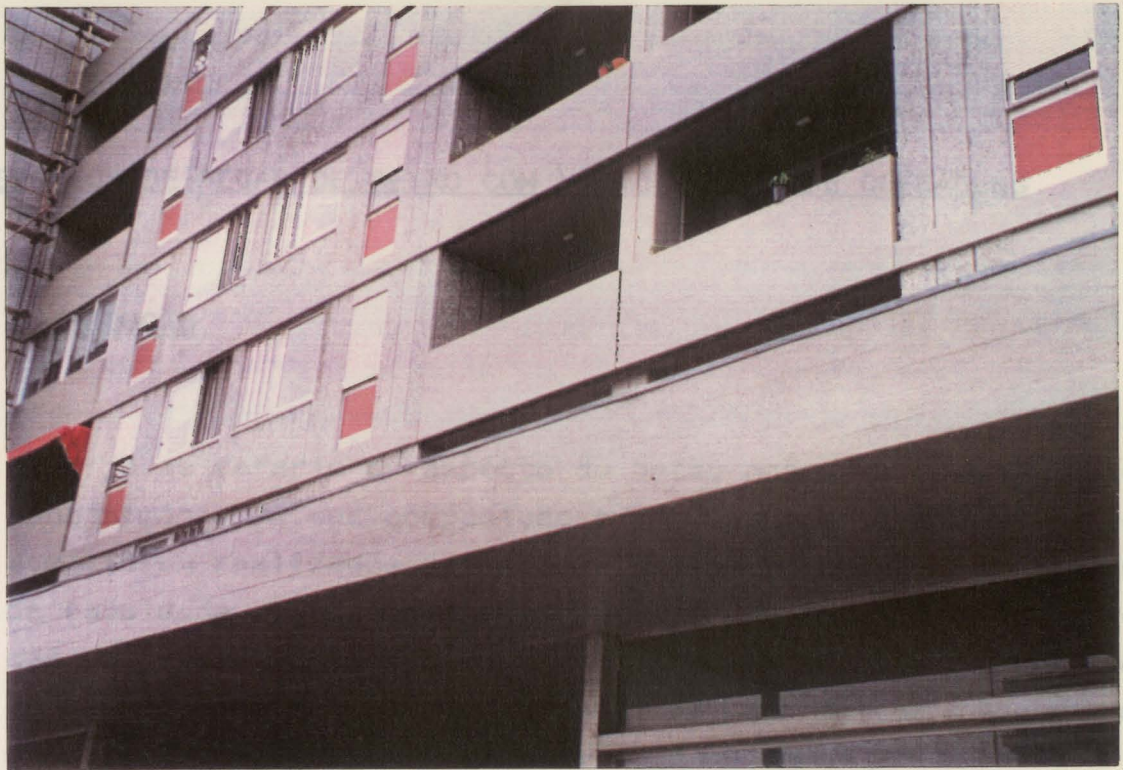


Fig. 5.11- Combinação entre betão colocado "in situ" e painéis prefabricados

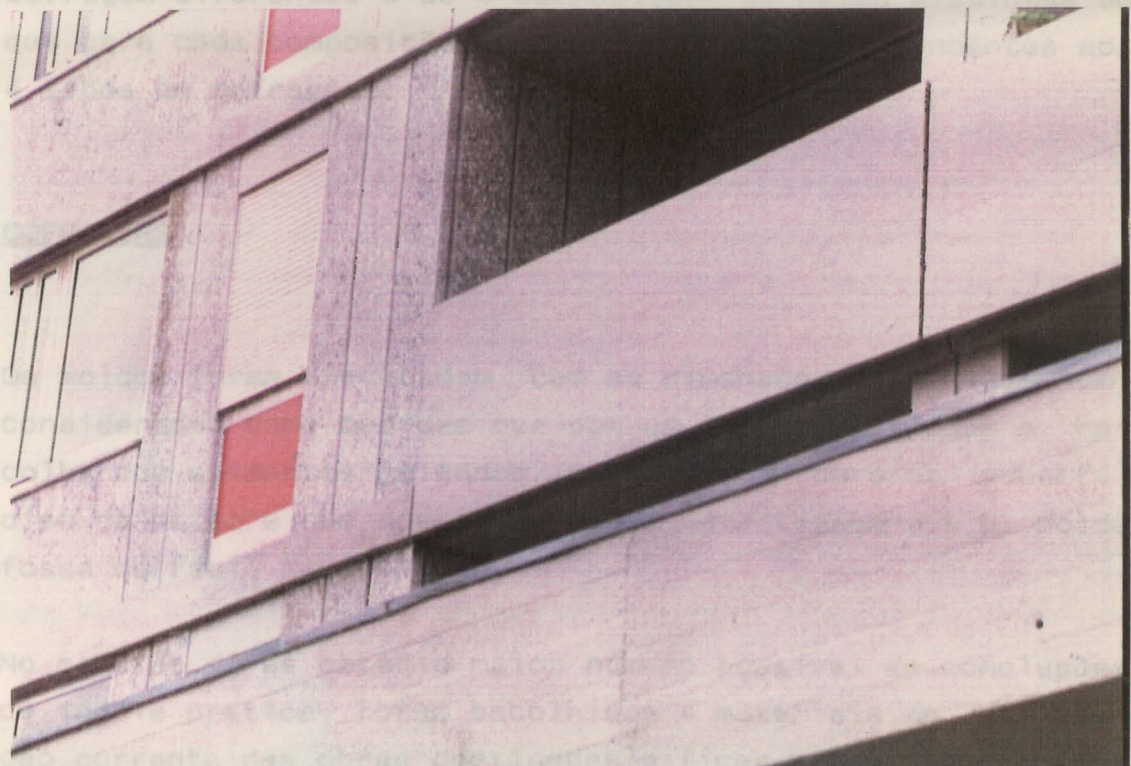


Fig. 5.12- Combinação entre elementos betonados em obra com painéis prefabricados com diversos tipo de acabamento

6- ENSAIOS DE PEÇAS DE BETÃO COM VÁRIOS TIPOS DE COFRAGENS

6.1- INTRODUÇÃO

Como já se referiu o aspecto do betão aparente depende essencialmente da sua composição e da cofragem utilizada. Assim, foram realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto 16 placas em betão fazendo-se variar a sua composição e o tipo de cofragem, mantendo-se como parâmetros constantes o modo de execução, colocação e compactação do betão.

Os 16 ensaios resultaram da utilização de 4 materiais de cofragem diferentes e de 4 composições de betão distintas em que para cada composição se fez 4 placas correspondentes aos 4 tipos de cofragens.

6.2- COFRAGENS

Os moldes foram executados com as dimensões 40cmx40cmx5cm, consideradas como medidas que por um lado permitissem a recolha dos elementos julgados necessários sobre as superfícies de betão e que por outro lado garantissem que o molde fosse de fácil manipulação.

No sentido de se obter o maior número possível de conclusões de índole prática, foram escolhidos 4 materiais de utilização corrente nas obras destinadas a ficar com betão aparente, que foram:

- platex;
- madeira aparelhada;

- contraplacado;
- metal.

a) Platex- foi um dos materiais escolhidos dada a facilidade que este material permite de adaptação a uma superfície e dado o seu baixo custo, o que o coloca como um material muito utilizado no revestimento de cofragens principalmente se estas tiverem superfícies curvas.

Cofragens que em madeira ou contraplacado são bastante morosas de construir, com o platex são de execução rápida e fácil. Com ele conseguem-se por norma obter bons acabamentos, bastante lisos e uniformes. Tem no entanto como senão o facto de não permitir um número elevado de reutilizações, factor dissuasor em muitas obras com projectos modulados que compensem uma cofragem mais forte, elaborada, morosa de executar e mais cara.

b) Madeira aparelhada- é o material ainda hoje escolhido por excelência para a execução do betão aparente moldado "in situ". Permite ser utilizado em quaisquer circunstâncias e com ele pode ser executado tudo o que a imaginação de um projectista criar.

No caso concreto foi executado um molde constituído por duas tábuas de madeira aparelhada, tendo uma um "nó" bastante pronunciado na sua textura, com o qual se tentou verificar a sua influência no betão, nomeadamente o facto de se criar uma zona com características absorventes diferentes do restante molde.

Ao utilizar-se duas tábuas permitiu a execução de uma junta a meio do molde no sentido de se verificar a sua interferência na uniformidade da superfície do betão e a eventual fuga de calda de cimento através dela.

c) **Contraplacado**- foi o terceiro material escolhido dado o seu grande desenvolvimento e utilização em superfícies de betão, nomeadamente em grandes panos de parede.

Dado o facto de ser um material fornecido em placas com dimensões apreciáveis, permite fazer-se cofragens com superfícies bastante grandes, relativamente leves e principalmente com um número de juntas reduzido que originam sempre zonas problemáticas. Além disso é um material que rodeado de certos cuidados permite um número de utilizações muito interessante.

d) **Metal**- este material foi escolhido pois sendo o material mais utilizado na prefabricação de elementos de betão à vista, ou em obras cuja envergadura o compense aplicar, servirá para análise comparativa com os outros materiais mais utilizados nas obras "comuns", permitindo retirar conclusões sobre a influência da prefabricação, com betões controlados, na qualidade das superfícies de betão aparente.

6.3- COMPOSIÇÃO DOS BETÕES

Como se referiu foram utilizadas 4 composições distintas, quer em termos das várias percentagens dos componentes, quer na origem dos inertes.

No sentido de se reproduzir o mais fielmente possível a realidade de uma obra foram utilizados três inertes britados, distintos, provenientes de firmas com obras em curso onde aqueles estão a ser utilizados.

Nos quadros 6.1, 6.2 e 6.3, estão representadas as proveniências e as análises granulométricas dos inertes, assim

como as suas massas volúmicas, absorções de água e módulos de finura.

O cimento teve todo a mesma proveniência tendo sido utilizado o cimento portland normal.

A água utilizada foi a da rede de distribuição pública da Cidade do Porto.

No estudo das composições do betão, tomou-se como vector principal o facto de aquelas visarem apenas o estudo de superfícies de betão aparente, destinadas a edifícios onde este é caracterizado apenas por determinada resistência mecânica e não pela durabilidade em meios ambientes agressivos.

São betões que têm as qualidades mínimas indicadas no quadro II do anexo III do R.B.L.H.

Nesse sentido não foram utilizados qualquer tipo de aditivos destinados a conferir ao betão determinadas propriedades específicas.

De referir que no estudo das composições foi utilizado o método de Faury.

Para as duas primeiras composições foi usado o mesmo inerte cuja composição granulométrica e características estão no quadro 6.1, actuando-se unicamente sobre as variáveis dosagem de cimento (C) e razão água/cimento (A/C). De referir que este inerte apresenta uma dimensão máxima de 22,30mm.

Assim para a primeira composição impôs-se uma dosagem de cimento de 350 kg/m³ e uma razão A/C de 0.60 determinando-se que para a segunda estes parâmetros fossem respectivamente de 400 kg/m³ e 0.50.

Convém ainda referir que enquanto no primeiro estudo se utilizou uma percentagem igual de brita e areia, para o segundo reduziu-se a quantidade de areia para 45%.

Para o terceiro estudo foram utilizados os inertes apresentados no quadro 6.2, com uma dimensão máxima calculada de 35,78mm, tendo-se fixado os parâmetros C e A/C iguais aos da 1ª composição utilizando-se no entanto uma percentagem de areia de 35%.

Para a 4ª composição usou-se o inerte com a análise granulométrica e características apresentadas no quadro 6.3, com uma dimensão máxima de 25,91mm tendo-se neste caso fixado o C em 250 kg/m³ e a A/C em 0.50, aumentando a percentagem de areia para 60%.

Nos figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4, apresentam-se as curvas obtidas pelo método de Faury, representando-se nos quadros 6.4, 6.5, 6.6 e 6.7, as quantidades de materiais utilizados em cada um dos ensaios.

6.4- EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

No sentido de não se introduzirem mais variáveis, todos os ensaios foram realizados pelo mesmo operador, diminuindo desta forma a hipótese de utilização de técnicas de execução diferentes.

Dada a pequena quantidade de material a utilizar em cada placa a sua amassadura foi feita manualmente.

Antes da colocação do betão nos moldes estes foram oleados com um óleo descofrante normal, no sentido de facilitar a sua descofragem para posterior reutilização dos mesmos com

outra composição. Na colocação do betão no molde houve os cuidados inerentes ao facto de se estar a fazer um estudo laboratorial.

A compactação foi executada por meio de mesa vibratória.

Apesar das quatro composições terem sido executadas em datas diferentes, houve a preocupação de que a temperatura e humidade na altura da realização dos modelos fossem o mais próximas possíveis umas das outras.

Para finalizar refira-se que as condições de cura foram mantidas iguais para qualquer dos ensaios realizados.

Após a conclusão das placas de betão estas foram numeradas de 1 a 16 com a seguinte sequência:

Composição I- placa 1 - platex
 placa 2 - madeira aparelhada
 placa 3 - contraplacado
 placa 4 - metal

Composição II- placa 5 - contraplacado
 placa 6 - madeira aparelhada
 placa 7 - platex
 placa 8 - metal

Composição III- placa 9 - contraplacado
 placa 10 - madeira aparelhada
 placa 11 - metal
 placa 12 - platex

Composição IV- placa 13 - contraplacado
 placa 14 - metal
 placa 15 - madeira aparelhada
 placa 16 - platex

QUADRO 6.1

Inerte 1

Proveniência: Ilídio Monteiro - Construções, SA

Análise granulométrica

Nº do peneiro (ASTM) e abertura da malha	R E T I D O S					
	Brita 15/25	Brita 5/15	Areia			
3" - 76,2 mm						
2" - 50,8 mm						
1 1/2" - 38,1 mm						
1" - 25,4 mm						
3/4" - 19,1 mm	32%					
1/2" - 12,7 mm	64%	13%				
3/8" - 9,52 mm	4%	32%				
4 - 4,76 mm		48%				
8 - 2,38 mm		5%	1%			
16 - 1,19 mm		2%	2%			
30 - 0,59 mm			30%			
50 - 0,297 mm			63%			
100 - 0,149 mm			4%			
200 - 0,074 mm						
Resto						
Massas volum. g/cm ³						
mat. impermeável	2,66	2,67	2,67			
partí. saturadas	2,64	2,69	2,63			
partículas secas	2,63	2,63	2,61			
Absorção de água	0,5	0,7	0,8			
Módulo de finura	7,34	5,36	2,33			

QUADRO 6.2

Inerte 2

Proveniência- Brita- Feifil-Feijão e Filhos,Lda

Areia- Fortunato Alves de Sousa

Análise granulométrica

Nº do peneiro (ASTM) e abertura da malha	R E T I D O S					
	Brita 23/38	Brita 12/23	Grav. 3.5/12	Meia areia	Areia fina	
3"- 76,2 mm						
2"- 50.8 mm						
1 1/2"- 38,1 mm						
1"- 25,4 mm	61%					
3/4"- 19,1 mm	37%	16%				
1/2"- 12,7 mm	2%	76%				
3/8"- 9,52 mm		7%	8%			
4 - 4,76 mm		1%	47%			
8 - 2,38 mm			42%	35%		
16 - 1,19 mm				33%		
30 - 0,59 mm				18%	17%	
50 - 0,297 mm				10%	44%	
100 - 0,149 mm				2%	29%	
200 - 0,074 mm				1%	8%	
Resto			3%	1%	2%	
Massas volum. g/cm3						
mat. impermeável	2,67	2,66	2,59	2,69	2,69	
partí. saturadas	2,65	2,64	2,55	2,66	2,65	
partículas secas	2,63	2,62	2,52	2,64	2,64	
Absorção de água	0,5	0,6	1,0	0,6	0,6	
Módulo de finura	7,98	7,15	5,60	3,83	1,68	

QUADRO 6.3

Inerte 3

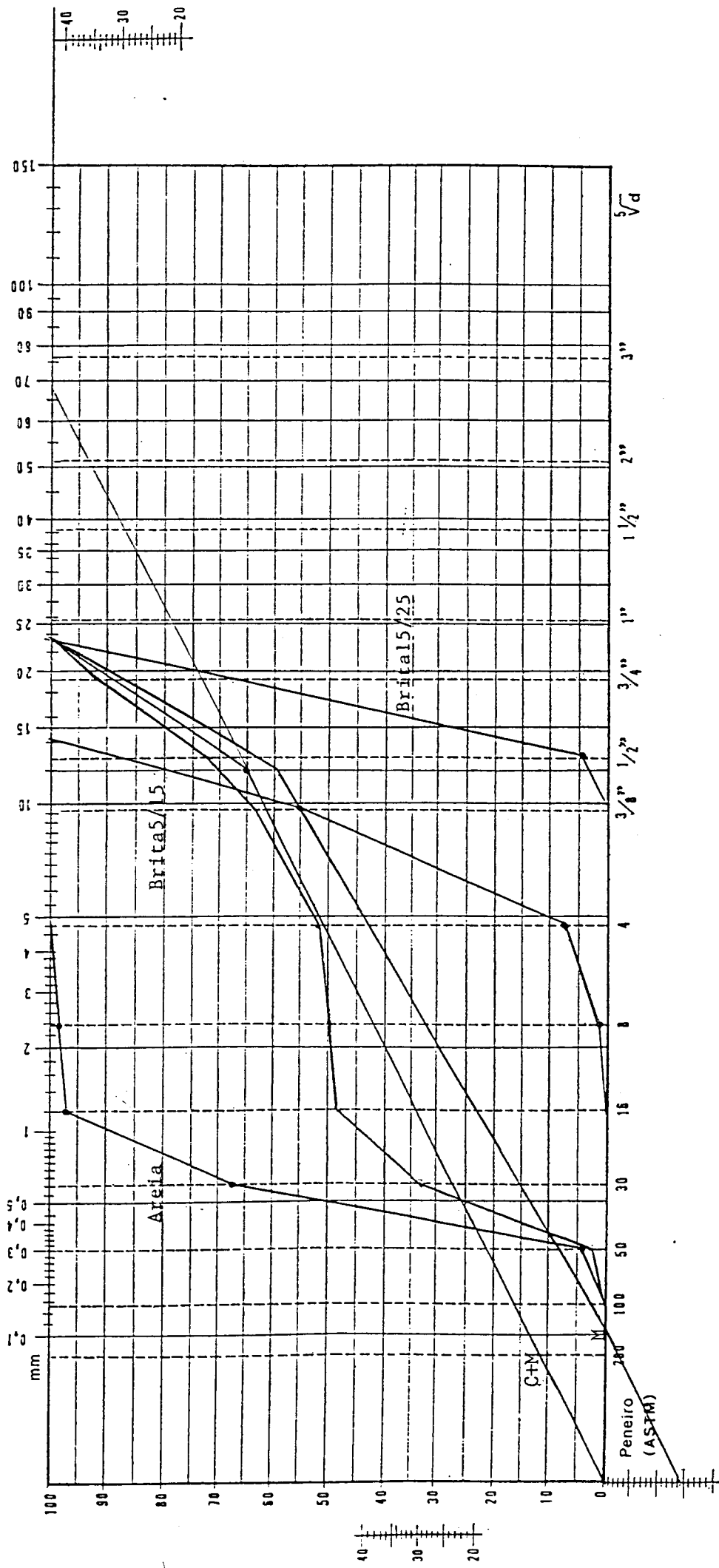
Proveniência- Brita- Consórcio Sopol - Tecnopul

Areia- Construção Moderna, SA

Análise granulométrica

Nº do peneiro (ASTM) e abertura da malha	R E T I D O S					
	Brita 15/25	Brita 5/15	Areia			
3"- 76,2 mm						
2"- 50,8 mm						
1 1/2"- 38,1 mm						
1"- 25,4 mm						
3/4"- 19,1 mm	50%					
1/2"- 12,7 mm	47%	9%				
3/8"- 9,52 mm	3%	40%				
4 - 4,76 mm		50%	1%			
8 - 2,38 mm		1%	26%			
16 - 1,19 mm			27%			
30 - 0,59 mm			19%			
50 - 0,297 mm			13%			
100 - 0,149 mm			8%			
200 - 0,074 mm			4%			
Resto			2%			
Massas volum. g/cm ³						
mat. impermeável	2,67	2,68	2,66			
partí. saturadas	2,64	2,64	2,58			
partículas secas	2,62	2,62	2,52			
Absorção de água	0,7	0,8	2,0			
Módulo de finura	7,50	6,48	3,33			

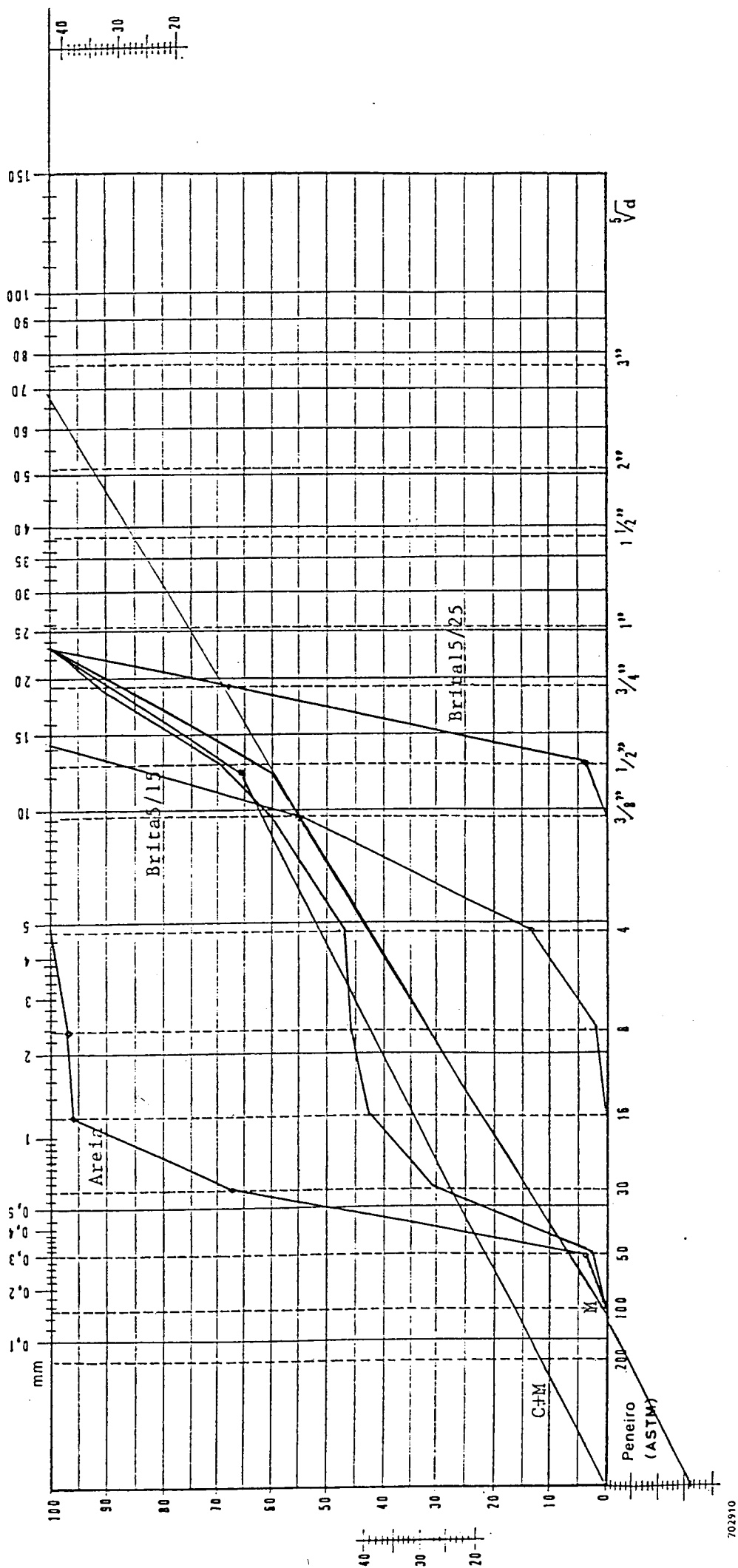
COMPOSIÇÃO DE BETÕES - MÉTODO DE FAURY



702910

Fig. 6.1 - COMPOSIÇÃO I

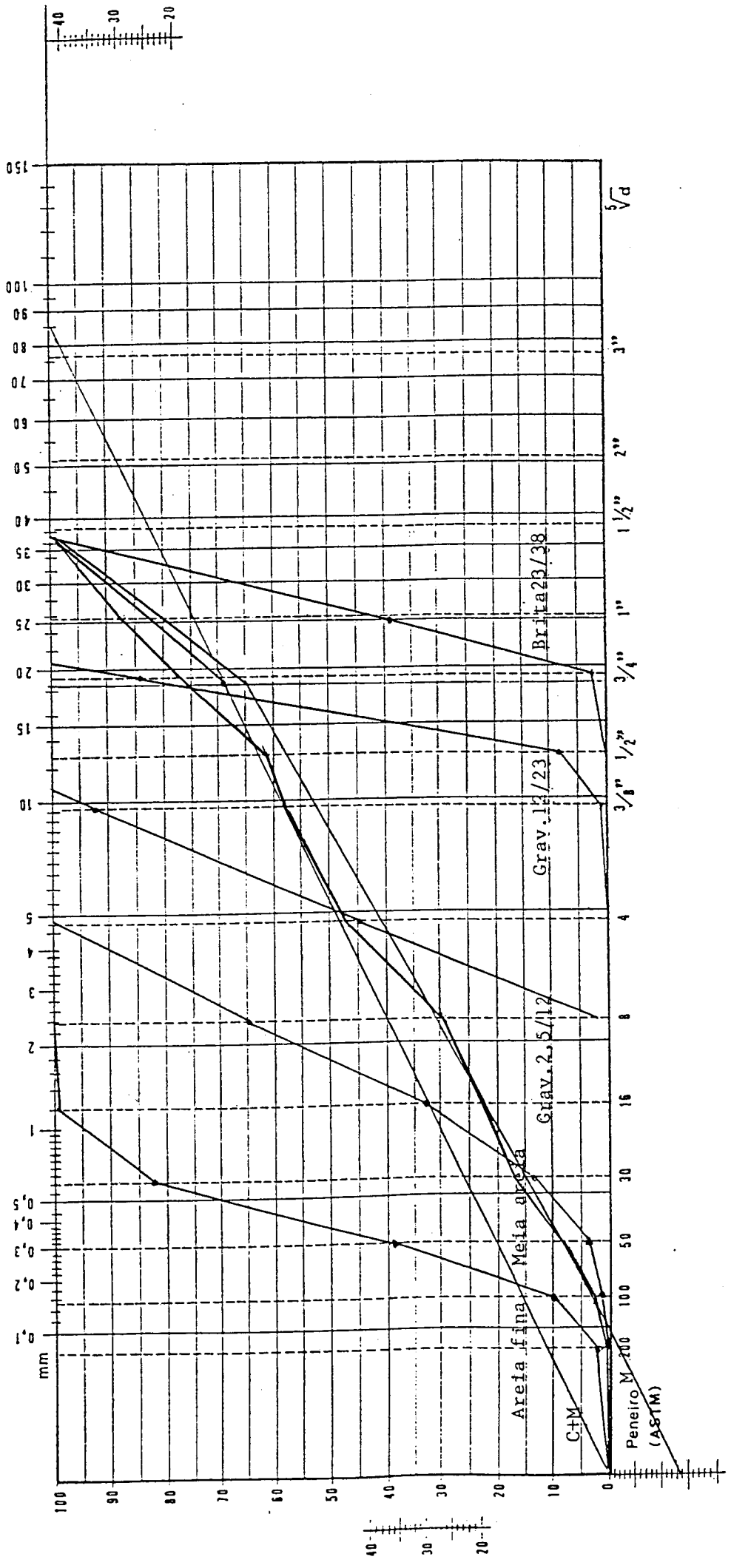
COMPOSIÇÃO DE BETÕES - MÉTODO DE FAURY



702910

Fig. 6.2 - COMPOSIÇÃO II

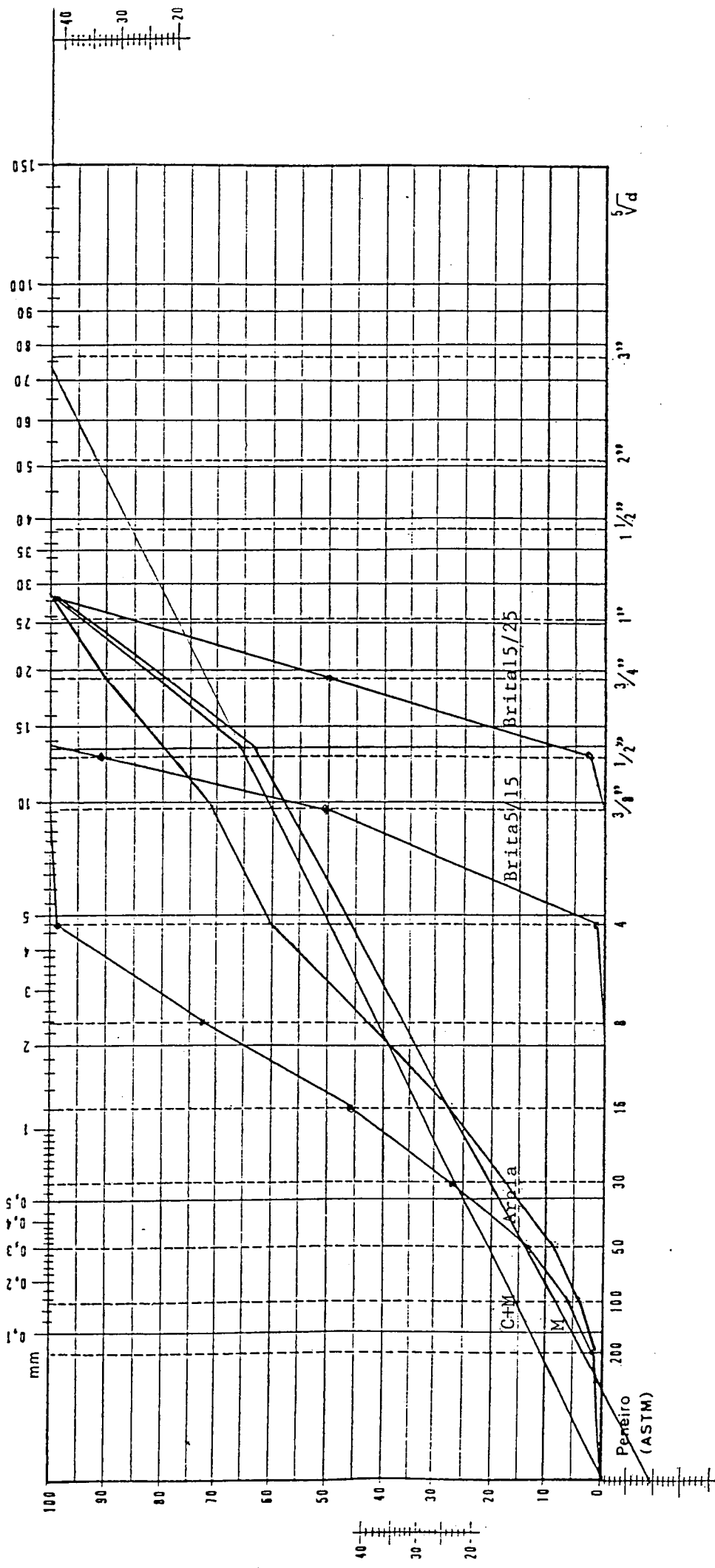
COMPOSIÇÃO DE BETÕES - MÉTODO DE FAURY



702310

Fig. 6.3 - COMPOSIÇÃO III

COMPOSIÇÃO DE BETÕES - MÉTODO DE FAURY



702910

Fig. 6.4 - COMPOSIÇÃO IV

QUADRO 6.4

1º Estudo

Composição do betão I

Inerte 1

Material	Quantidade	Dosagem
Brita	30,8 kg	50%
Areia	30,8 kg	50%
Cimento	12,25 kg	350kg/m ³
Água	7,35 lt	A/C=0,60

QUADRO 6.5

2º Estudo

Composição do betão II

Inerte 1

Material	Quantidade	Dosagem
Brita	32,72 kg	55%
Areia	26,78 kg	45%
Cimento	14,00 kg	400kg/m ³
Água	7,70 lt	A/C=0,50

QUADRO 6.6

3º Estudo

Composição do betão III

Inerte 2

Material	Quantidade	Dosagem
Brita	40,04 kg	65%
Areia	21,65 kg	35%
Cimento	12,25 kg	350kg/m ³
Água	6,125 lt	A/C=0,50

QUADRO 6.7

4º Estudo

Composição do betão IV

Inerte 3

Material	Quantidade	Dosagem
Brita	26,46 kg	40%
Areia	36,96 kg	60%
Cimento	8,75 kg	250kg/m ³
Água	4,37 lt	A/C=0,50

6.5- ANÁLISE COMPARATIVA DAS SUPERFÍCIES OBTIDAS

Nesta análise o principal objectivo é a comparação dos resultados obtidos em função da variação do material constituinte da superfície do molde e na modificação da composição do betão.

As figuras 6.5, a 6.20, representam individualmente cada uma das placas executadas estando estas numeradas respectivamente de 1 a 16 e nas figuras 6.21 a 6.24 estão representadas as placas agrupadas consoante o tipo de superfície do molde utilizado

6.5.1- COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CONFORME OS TIPOS DE SUPERFÍCIE DOS MOLDES

Dos quatro moldes utilizados numa primeira observação ressalta de imediato o bom resultado obtido com a cofragem de contraplacado que independentemente do tipo de composição se apresentou como a que originou as superfícies mais uniformes.

Relativamente ao molde forrado a platex, pode-se considerar os resultados como bons, sendo este material o que reproduziu melhor os resultados esperados, conforme as alterações introduzidas nas composições. No entanto comparativamente ao molde com contraplacado há um aumento do número de vazios e imperfeições.

De notar, o que atrás foi referido como uma desvantagem do platex, o facto deste material permitir um número limitado de reutilizações, constatando-se que na sua terceira

utilização deixou incrustações na superfície do betão, bastante visíveis na placa 12.

Com a utilização do molde de madeira, neste caso aparelhada, confirmou-se que é com este material que se obtêm as superfícies mais rústicas, demonstrando-se ser a madeira o material que mais influência tem sobre a superfície do betão.

Com estes pequenos moldes verifica-se a dificuldade que existe no disfarce das juntas das tábuas, que apesar de aparelhadas, bem justapostas e a não permitirem uma fuga visível de calda de cimento, só na composição mais rica em cimento ficou suficientemente dissimulada, placa nº 6.

Relativamente ao nó da madeira existente na tábua utilizada, verificou-se que só se conseguiu tirar real proveito da sua existência também na composição com 400 kg/m³ de cimento, resultando nas outras placas como um defeito que visto a uma certa distancia não identifica a sua origem.

Na cofragem com superfície metálica verifica-se ser esta a que origina paramentos mais sujeitos à visualização dos defeitos inerentes ao betão à vista, isto devido ás superfícies extremamente lisas que se obtêm onde qualquer vazio ou bolha de ar se torna imediatamente notado.

Como é a cofragem mais sensível a estes problemas foi nela que se verificou a maior influência da composição.

De realçar o facto de ser neste molde que se verificou os paramentos mais manchados, devendo-se tal situação ao caso de ser a cofragem com a superfície mais impermeável aliado à execução das placas em mesas e consequentemente na posição horizontal.

Através desta cofragem também se nota um problema importante que existe na prefabricação que são os cuidados necessários ao armazenamento destes materiais. A placa 11 ao ser colocada com a superfície moldada contra uma superfície agreste ficou imediatamente riscada, sendo este defeito de difícil disfarce e bastante visível.

6.5.2- COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CONFORME A VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO BETÃO

Como já foi referido utilizaram-se três tipos de inertes diferentes, tendo-se para as duas primeiras composições utilizado o mesmo.

As composições utilizadas foram:

	Composição I	Composição II	Composição III	Composição IV
B	50%	55%	65%	40%
a	50%	45%	35%	60%
C	350 kg/m ³	400 kg/m ³	350 kg/m ³	250 kg/m ³
A/C	0,60	0,50	0,50	0,50
inerte	1	1	2	3
Dmax	22,30	22,30	35,78	25,91

Com a primeira composição obtiveram-se superfícies com uma textura relativamente arenosa com bastantes vazios. No caso da placa nº 2 e nº 4 os resultados foram bastante maus, verificando-se que no molde com madeira a junta entre as tábuas ficou muito visível e com vazios e o nó existente não aparece com a nitidez desejada. Relativamente à junta entre tábuas também é natural que tenha pesado o facto de ter sido a primeira utilização da cofragem, em que apesar desta ser bem limpa no fim de cada utilização, há sempre parte da

leitada de cimento que vai colmatar a junta melhorando os resultados nos ensaios subsequentes.

Explicação análoga não existe no caso da placa 4 cuja textura da superfície denota falta de argamassa.

Nesta composição deve-se assinalar que a areia utilizada com um módulo de fissura de 2,33, bastante baixo, origina uma descontinuidade na composição dos inertes, praticamente não existindo areia com diâmetros compreendidos entre os 2 e 5mm, o que provoca um valor excessivo de finos tendo como consequência a necessidade do aumento da dosagem de cimento.

Este pressuposto verificou-se com a composição II, que utilizou o mesmo inerte, em que pela razão de se ter diminuído a percentagem de areia simultaneamente com o aumento da dosagem de cimento, os resultados foram muito melhores.

Com esta segunda composição conseguiu-se uma diminuição grande do número de vazios, facto ao qual também não está alheia a diminuição da razão A/C de 0,60 para 0,50, realçando-se que as placas 5 e 6 pelas suas texturas uniformes.

O modelo 8 com cofragem metálica ainda apresenta umas certas irregularidades na superfície.

Com a composição III as superfícies apresentam-se com uma "aparência" intermédia entre as duas primeiras composições, destacando-se o excelente resultado obtido com a cofragem metálica representada pela placa 11.

A este resultado não deve ser alheio o facto de se ter utilizado o inerte com o maior diâmetro e numa percentagem de 65%, que aliado ás dimensões do molde e a ter-se vibrado este na horizontal sobre mesa, originando que a dosagem de

cimento tenha sido mais efectiva e a sua calda preenchido melhor a superfície do molde.

com a composição IV na qual se utilizou a menor dosagem de cimento e a maior percentagem de areia esperava-se uns resultados piores dos que aconteceram, tendo as superfícies obtidas surpreendido pela positiva.

De notar que nesta composição no Faury executado a curva obtida aproxima-se muito da curva teórica indiciando de alguma maneira uma boa composição.

Numa análise comparativa entre a 1ª e 2ª composições, efectuadas com o mesmo inerte, ressalta a influência do aumento da dosagem de cimento no resultado final de uma superfície de betão, principalmente como já se referiu, neste caso em que existia uma composição com uma percentagem de finos bastante elevada.

Não sendo coincidência os piores resultados obtiveram-se com a composição que tinha uma relação água/cimento mais elevada, mesmo tendo sido na primeira utilização e com os moldes mais secos.

A composição III que também tinha uma curva de Faury bastante próxima da teórica, demonstrando uma continuidade bastante boa do material, indica a importância que tem este facto nos resultados pretendidos.

Na figura 6.25 tem-se a leitura de como ficam as superfícies opostas ao molde. Verifica-se que estas ficam com um aspecto completamente diferente do da superfície moldada. Nesta superfície predomina a calda de cimento sobrenadante do betão que quando ganha presa dá a esta face um aspecto mais rugoso e mais escuro.

Como conclusão, pode-se dizer que estes ensaios confirmaram em pleno tudo o que até agora se referiu sobre as causas que originam certos defeitos nos paramentos de betão à vista, referindo-se mais uma vez que não se utilizou qualquer aditivo, facto que iria alterar por completo esta análise, deixando-se esta temática para uma futura etapa, na qual com a introdução deste novo parâmetro o factor custo torna-se importante.

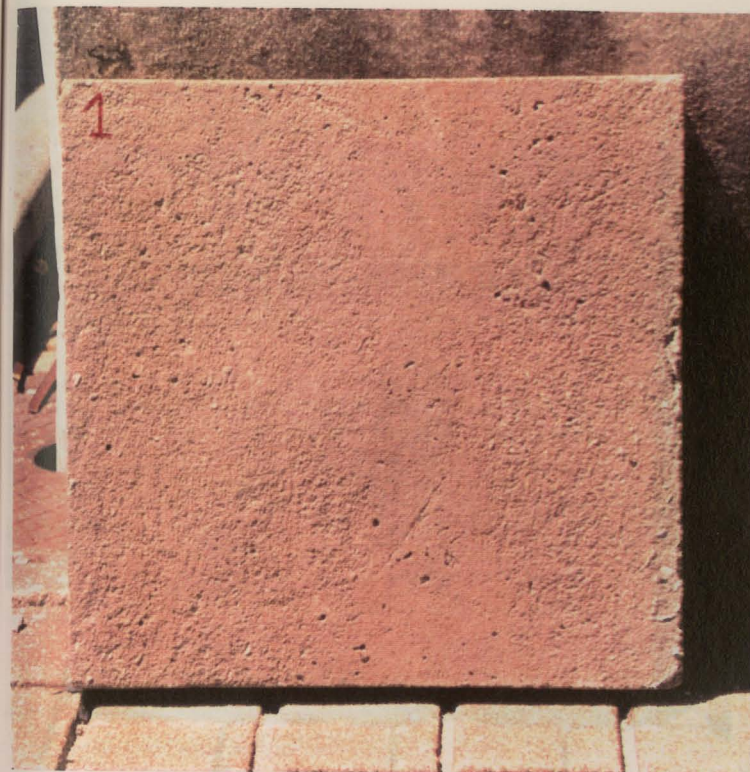


Fig. 6.5- Composição I
Cofragem- platex



Fig. 6.6- Composição I
Cofragem-madeira aparelhada

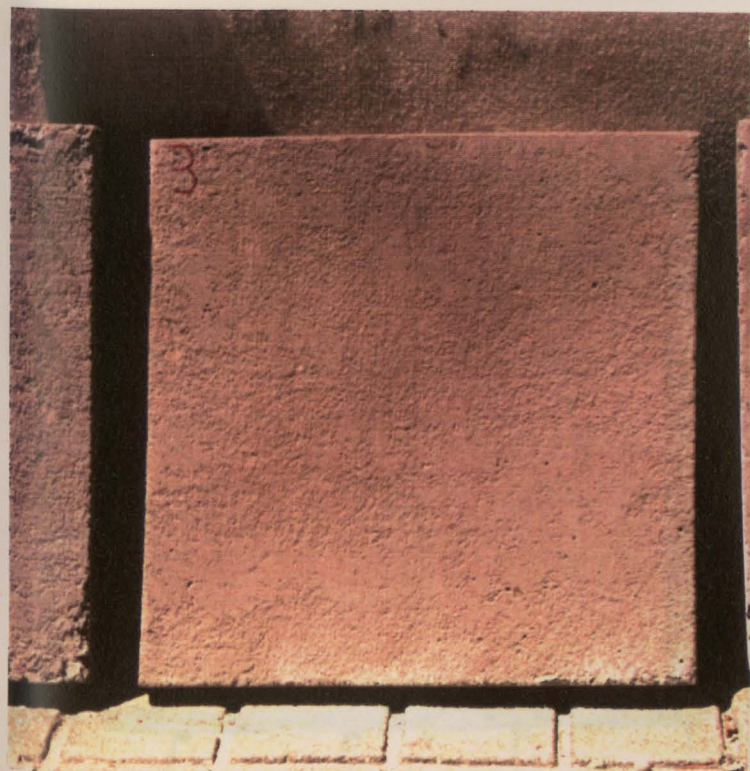


Fig. 6.7- Composição I
Cofragem- contraplacado



Fig. 6.8- Composição I
Cofragem-metal

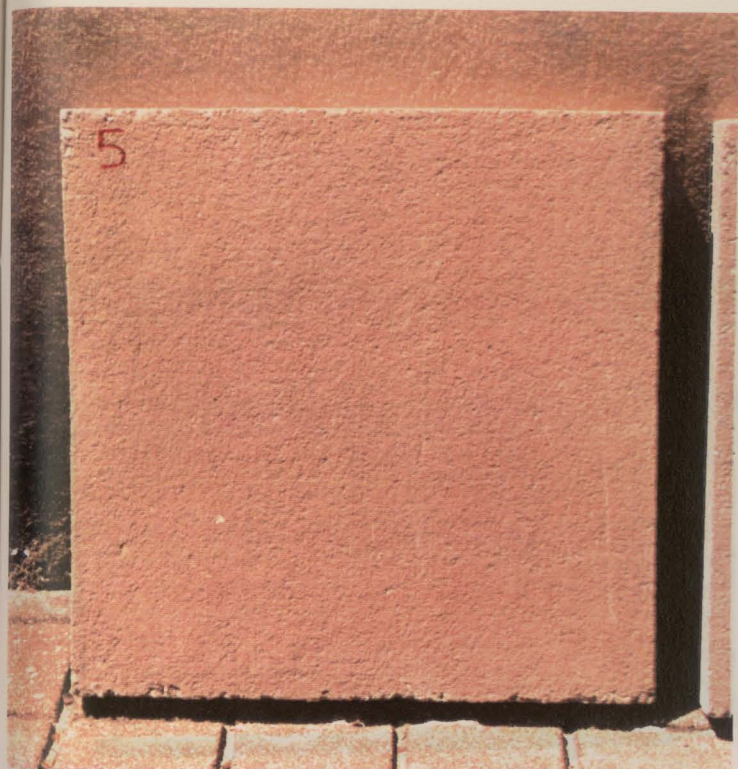


Fig. 6.9- Composição II
Cofragem- contraplacado

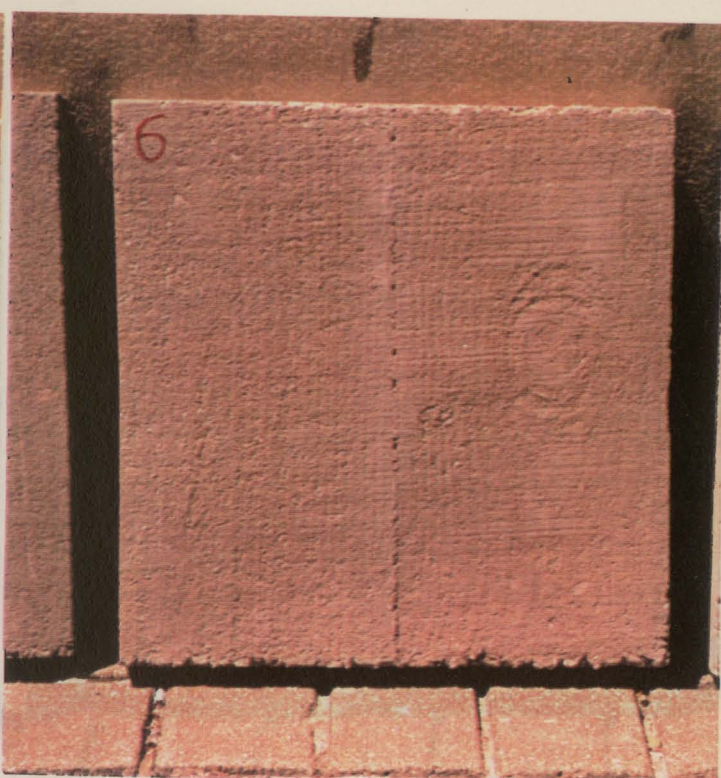


Fig. 6.10- Composição II
Cofragem-madeira aparelhada



Fig. 6.11- Composição II
Cofragem- platex

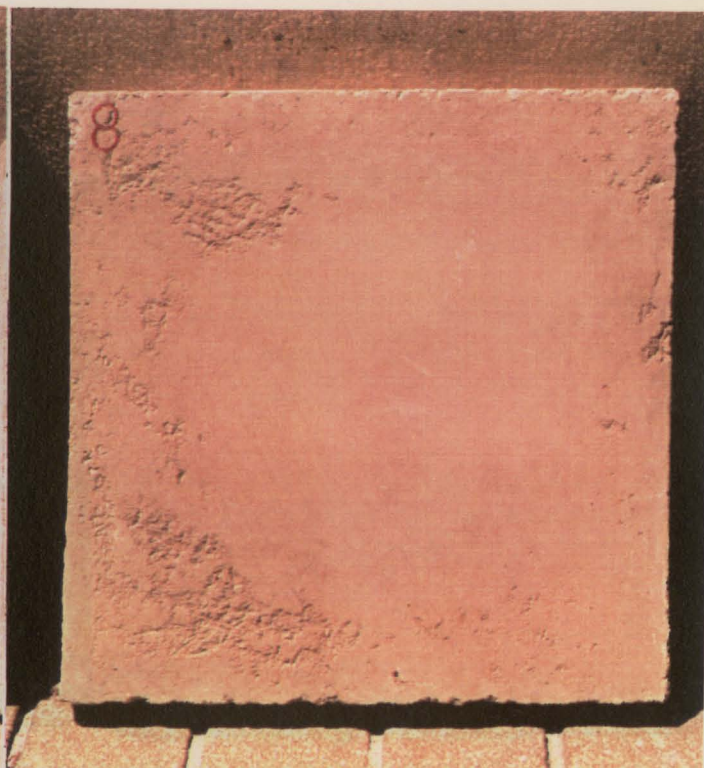


Fig. 6.12- Composição II
Cofragem-metal

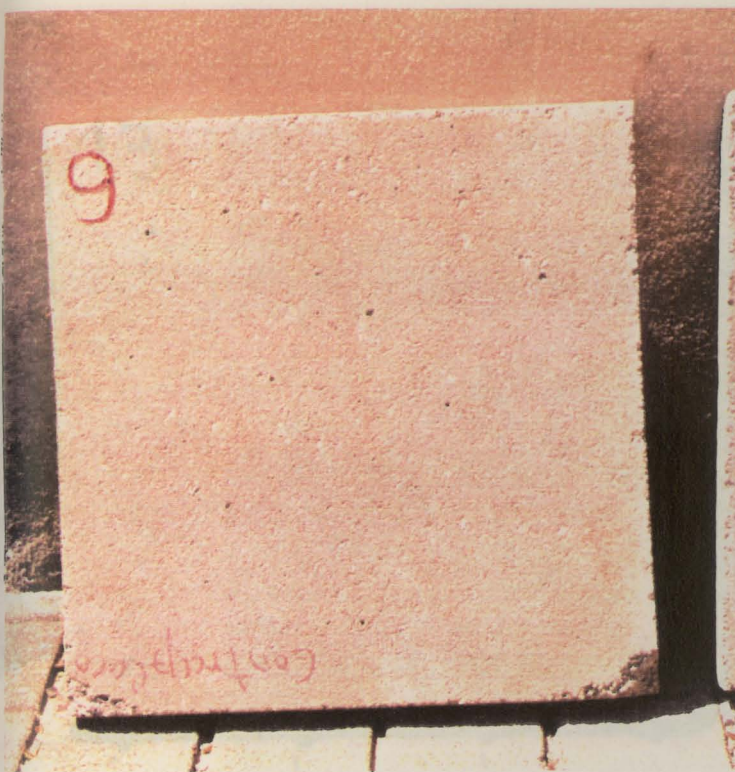


Fig. 6.13- Composição III
Cofragem- contraplacado

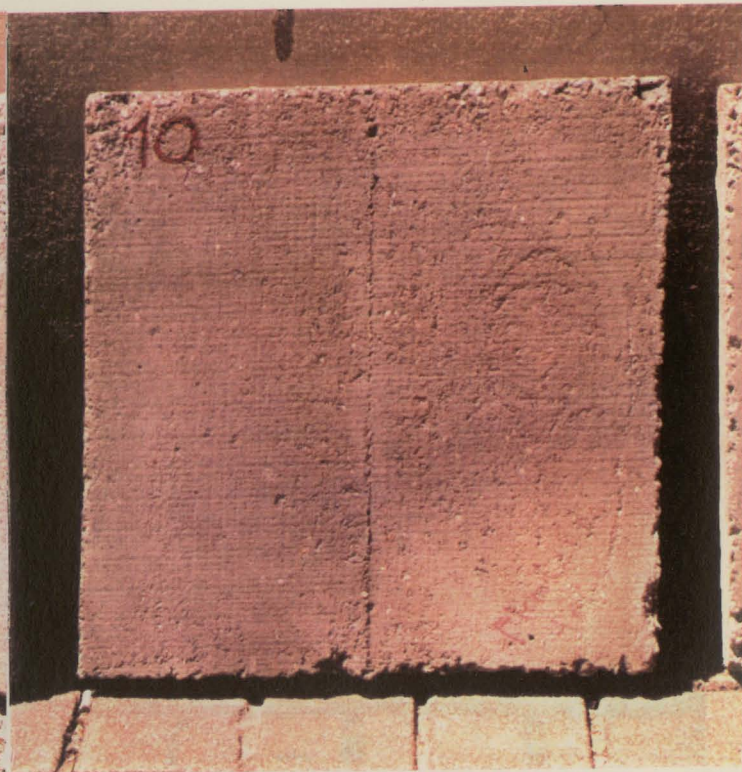


Fig. 6.14- Composição III
Cofragem-madeira aparelhada



Fig. 6.15- Composição III
Cofragem- metal

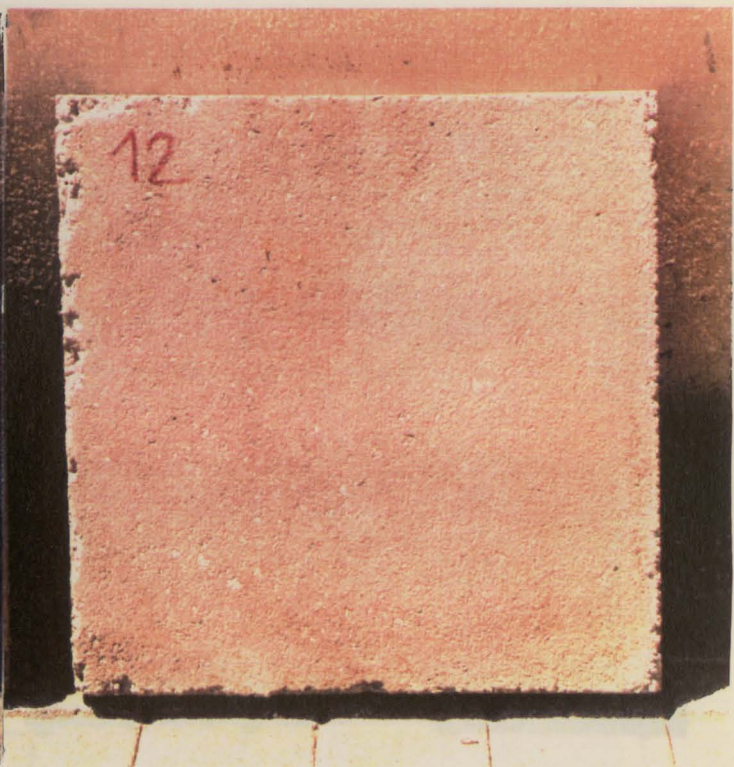


Fig. 6.16- Composição III
Cofragem- platex

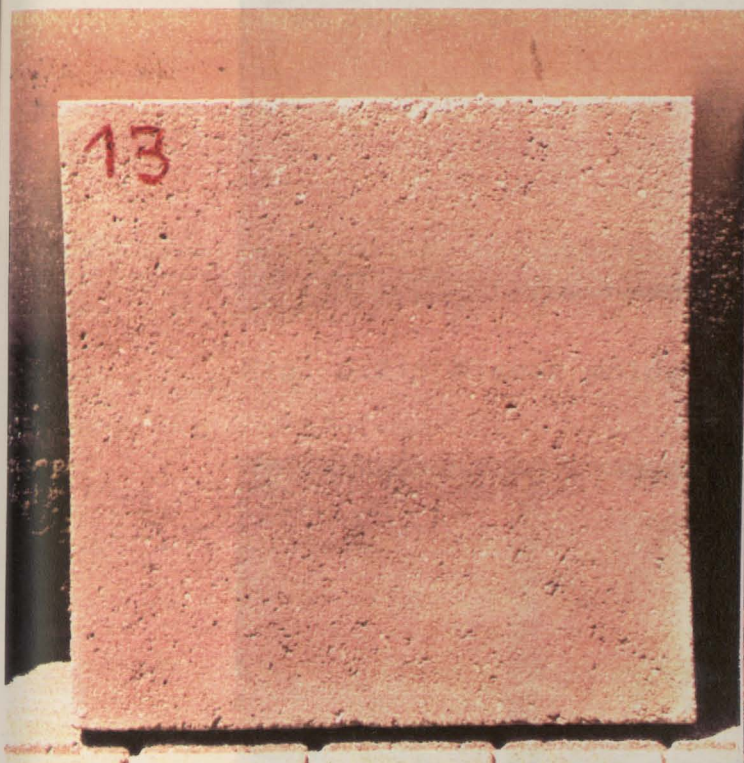


Fig. 6.17- Composição IV
Cofragem- contraplacado



Fig. 6.18- Composição IV
Cofragem-metal



Fig. 6.19- Composição IV
Cofragem- madeira aparelhada com metal



Fig. 6.20- Composição IV
Cofragem-platex



Fig. 6.21- Placas moldadas com platex

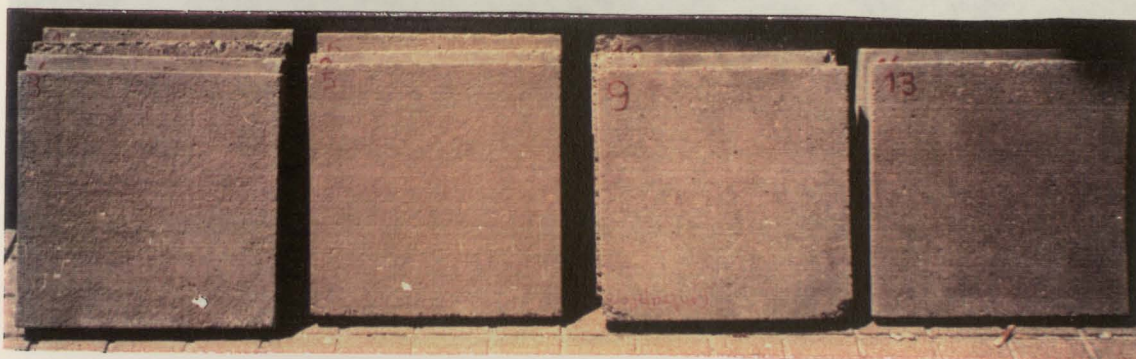


Fig. 6.22- Placas moldadas com contraplacado

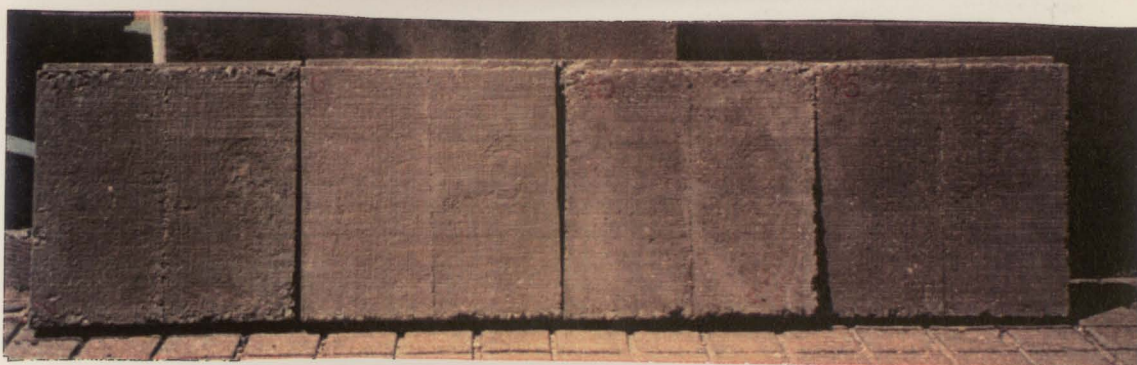


Fig. 6.23- Placas moldadas com madeira aparelhada



Fig. 6.24- Placas moldadas com metal



7.2- Fig. 6.25- Faces opostas à superfície cofrada

Num paramento liso a cor do cimento, com ou sem pigmentos, é dominante. Conquanto a superfície é progressivamente tratada, retirando-lhe a camada superficial, a cor depende cada vez mais dos inertes.

Quando os inertes são naturais a mudança de cor com a idade, se é que existe, é pequena.

A facilidade de se obter uma uniformidade de cor está directamente ligada com os elementos que a proporcionam. As cores devidas aos inertes grosseiros são as mais estáveis sendo também a maneira mais económica de dar uma tonalidade a um paramento de betão.

Quando a cor depende dos inertes finos é necessário para a obtenção de uma uniformidade de cor um controlo apurado de dosagem, devendo existir um especial cuidado quanto mais finas forem as partículas que a influenciam.

7- SUPERFÍCIES DE BETÃO APARENTE COM INERTES A VISTA

7.1- INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento e evolução do betão aparente há uma procura da diversificação da sua apresentação, assim estão em franca expansão os acabamentos com inertes à vista principalmente na prefabricação, em que as diversas firmas apresentam já nos seus catálogos painéis normalizados com vários tipos de cores e acabamentos das superfícies (Fig. 7.1).

7.2- COR

Num paramento liso a cor do cimento, com ou sem pigmentos, é dominante. Consoante a superfície é progressivamente tratada, retirando-lhe a camada superficial, a cor depende cada vez mais dos inertes.

Quando os inertes são naturais a mudança de cor com a idade, se é que existe, é pequena.

A facilidade de se obter uma uniformidade de cor está directamente ligada com os elementos que a proporcionam. As cores devidas aos inertes grossos são as mais estáveis sendo também a maneira mais económica de dar uma tonalidade a um paramento de betão.

Quando a cor depende dos inertes finos é necessário para a obtenção de uma uniformidade de cor um controlo apurado de dosagem, devendo existir um especial cuidado quanto mais finas forem as partículas que a influenciam.

A cor também pode ser fornecida através de pigmentos. Quando da sua utilização deve-se ter em atenção:

- a qualidade e quantidade do pigmento;
- a dosagem e mistura com o betão;
- qualidade e origem dos inertes devendo estes estar livres de impurezas;
- controlo da composição e mistura principalmente dos elementos mais finos;
- atenção muito particular à cura do betão;
- tipo e cor do cimento utilizado;
- uniformidade da percentagem de água da amassadura;
- consideração dos factores que influenciam e contribuem para as eflorescências.

O cumprimento destes requisitos por parte dos pigmentos constitui um sobrecusto e requer um estaleiro muito bem montado.

Quando a cor depende dos elementos finos ou pigmentos é essencial realizar-se várias amostras e maquetes em escalas que permitam determinar as possíveis variações de tonalidade e a sua aceitabilidade.

As cores dos inertes grossos são várias e a maioria dos fabricantes dispõe de uma série de amostras destes. A escolha do tipo de inerte deve depender de:

- os inertes deverão satisfazer os requisitos de durabilidade pretendidos (absorção de água e constância de volume), estarem livres de impurezas e estarem disponíveis nas dimensões necessárias para a fabricação de betão;

- a decisão final do inerte a aplicar deve ser tomada só após a execução de amostras de betão o mais próximo possível das técnicas a executar na obra. De realçar que alguns

processos de acabamento alteram o aspecto dos inertes, nomeadamente o jacto de areia e o ataque por ácidos, adiante pormenorizados;

- deve ser tomado em consideração que o tempo pode influenciar os inertes após a sua britagem. Mal se termina a britagem os inertes são mais brilhantes tornando-se mais baços à medida que o tempo passa;

- os inertes com aspecto mais baço numa matriz cinzenta podem parecer mais brilhantes quando o paramento se encontra iluminado:

- deve ser previsto o facto de uma amostra mantida num interior poder não apresentar o mesmo aspecto quando colocada no exterior e ao tempo durante algumas semanas.

As observações feitas para as britas são igualmente válidas quando se determinam as cores através das areias. É essencial assegurar que as impurezas sejam eliminadas ou pelo menos controladas.

Muitas vezes os fabricantes parecem depreciar a hipótese da utilização de areias britadas provenientes do mesmo material dos inertes grossos, compreendendo-se tal facto pela razão das areias britadas originarem betões com menor trabalhabilidade sendo mais "ásperos", preferindo por isso, areias naturais.

No entanto a utilização de areias britadas é de explorar, principalmente pela garantia de uniformidade de cor que garantem, necessitando só de um ataque ligeiro da superfície para que esta apresente de imediato a sua cor definitiva.

Finalmente em relação ao cimento a escolha é restrita limitando-se aos cimentos cinzentos, únicos comercializados industrialmente em Portugal.

Actualmente pode-se conseguir alguns cimentos brancos ou mesmo coloridos, estes provenientes dos Estados Unidos e Canadá.

O cimento cinzento, sendo o de utilização corrente, é no entanto o que normalmente está mais sujeito a variações de cor, mesmo sendo proveniente do mesmo fornecedor.

A quantidade de água, ciclos de cura, temperaturas, humidades e exposição às condições climáticas, causam maiores variações de cor num betão com cimento cinzento.

Os inertes grossos sendo brilhantes e escuros requerem certas precauções na mistura para que se consiga uniformidade na sua distribuição e consequentemente uma uniformidade de cor no painel. Uma pequena diferença de cor entre estes inertes ou uma variação nas suas percentagens originam imediatamente variações de tonalidade, daí ser imperioso para o fabrico de betões com estes inertes uma boa misturadora.

7.3- TEXTURAS

Os acabamentos com inertes à vista podem conseguir-se rompendo a camada superficial do betão de uma forma artificial, realizando assim em alguns minutos o que a natureza faz em alguns anos nas partes mais expostas das obras.

Os diferentes graus de exposição dos inertes possíveis de obter são:

- Exposição ligeira- quando só se elimina a lâmina superficial de cimento e areia o suficiente para expor os bordos dos inertes grossos mais superficiais;

- Exposição média- quando uma eliminação do cimento e da areia faz com que os inertes grossos permaneçam à vista em igual proporção com a restante superfície (Fig. 7.2);

- Exposição profunda- quando o cimento e os inertes finos são eliminados da superfície de tal maneira que os inertes grossos formam a maior parte da superfície.

O tipo de textura que se obtém numa determinada superfície depende dos diferentes métodos que se adoptam para conseguir esse acabamento.

Os métodos mais usados são:

- Emprego de retardador de presa;
- Lavagem com água;
- Ataque com ácido;
- Jacto com abrasivos ou areia;

7.3.1- EMPREGO DE RETARDADOR DE PRESA

Neste método aplica-se um produto na superfície do betão, normalmente colocado na face do molde, que evita que a pasta de cimento endureça durante um determinado período de tempo e a uma profundidade que depende do tipo de retardador utilizado (Fig. 7.3).

Depois do endurecimento do betão, que geralmente considera-se um dia, elimina-se a capa exterior de cimento com ajuda de escovas próprias ou com um jacto de água.

7.3.2- LAVAGEM COM AGUA

Normalmente utiliza-se esta metodologia em superfícies que não estão moldadas ou superfícies que se desmoldam antes do endurecimento do cimento. A pasta de cimento elimina-se mediante lavagem com água até uma profundidade anteriormente estabelecida.

O aspecto dos inertes nos elementos prefabricados sujeitos a retardador ou a lavagem com água não é diferente do aspecto natural destes inertes antes da sua incorporação no betão.

Este método pode usar-se para os três tipos de exposição atrás mencionados, embora se aplique mais para as exposições médias e profundas.

7.3.3- ATAQUE COM ACIDO

Aqui o modo de retirar a camada exterior de cimento é mediante acção química. Este processo pode mudar ligeiramente o aspecto dos inertes conforme a sua reacção com o ácido. Assim os inertes devem ser razoavelmente resistentes aos ataques de ácidos.

Esta alteração consistirá numa aparência mais límpida e brilhante dos inertes, que em condições atmosféricas normais ao fim de algum tempo não se notará, ficando os inertes com o aspecto que tinham originalmente.

Consegue-se por este processo, uma textura agradável nas superfícies à vista, desde que a mistura de betão e a sua compactação tenha dado origem a uma distribuição homogénea de inertes e pasta de cimento nas superfícies expostas. Os

inertes devem ser bem graduados e a mistura controlada evitando a segregação.

O ataque com ácido usa-se normalmente para exposições ligeiras ou médias, sendo um método fácil de realizar e com uma qualidade aceitável para pequenas superfícies. Para grandes áreas este método é de mais difícil aplicação, pois pode criar problemas de uniformidade de aspecto e de cor.

7.3.4- JACTO COM ABRASIVOS OU AREIA

Este método normalmente muda o aspecto dos inertes de forma permanente. O grau desta alteração depende da sua dureza relativa e do abrasivo.

A maioria dos inertes sujeitos a jacto de areia mantêm o seu aspecto mais ou menos constante ao longo do tempo com uma pequena mudança devido a factores atmosféricos, isto aparte de uma possível acumulação de humidade a que estão sujeitos todos os edifícios.

O jacto de areia utiliza-se para os três graus de exposição.

A execução deste método exige grande prática do operário que o executa, particularmente se os elementos apresentam relevos. As pequenas variações da resistência do betão no momento da execução do jacto pode produzir posteriores complicações nos resultados como falta de uniformidade no aspecto da superfície.

7.3.5- OUTROS PROCESSOS DE ACABAMENTOS

O aparecimento dos inertes à vista pode ainda conseguir-se com a escarificação da superfície com um martelo, que ao bater, rompe o betão e os inertes maiores produzindo um aspecto ligeiramente diferente dos processos atrás expostos.

Este método usa-se normalmente em misturas bem graduadas com inertes brandos como a dolomite ou o mármore.

Recentemente tem-se apresentado ferramentas mecânicas com múltiplos buriladores de impacto para diminuir o custo deste processo.

Considerações de ordem económica podem obrigar que a obtenção de inertes à vista por este processo se detenha a 3cm ou mais das esquinas das superfícies para evitar que estas se danifiquem com as ferramentas.

Em qualquer dos acabamentos com inertes expostos, o arquitecto deve ter presente as possíveis variações do aspecto final da superfície durante a execução da obra ao longo do tempo. Para grandes painéis ou situações em que o arquitecto queira minimizar as variações de aspecto, devem-se seleccionar composições de betão em que a graduação dos inertes possa ser uniformemente controlada sendo estes preferencialmente de graduação continua.

Os acabamentos com outros materiais diferentes das britas e areias normalmente usadas nos betões tais como plaquetas de vidro, de cerâmica, ladrilhos ou pedra natural produzem uma grande variedade de texturas para os elementos prefabricados. O projectista antes da decisão final na sua aplicação, deve verificar as incompatibilidades dos diferentes matérias com o betão. Caso da reacção química que pode ter lugar com

o vidro, a menos que se trate especificamente de impedir tal efeito (Fig. 7.4).

7.4- CUSTO DOS ACABAMENTOS

As técnicas de acabamentos utilizadas em fabricas individuais podem variar consideravelmente de um local para outro e entre fábricas.

Muitas fábricas têm desenvolvido técnicas especiais graças a operários hábeis ou instalações especiais. É difícil adiantar à partida preços para os diferentes tipos de acabamentos, visto cada uma das fábricas poder cobrar-se de modo diferente.

Muitas fábricas por exemplo, consideram o ataque com ácido um acabamento custoso. Muitos fabricantes desaconselham o seu uso, enquanto que outros têm utilizado este acabamento durante anos e preferem-no para execução das texturas mais comuns.

Os custos dos acabamentos não podem ser considerados isoladamente, tem que se contar com o custo dos materiais de que se vai compor o betão, já que estes normalmente variam conforme o tipo de acabamento pretendido.

Como na maior parte dos produtos industriais a repetição joga também um papel importante no custo final do painel acabado.

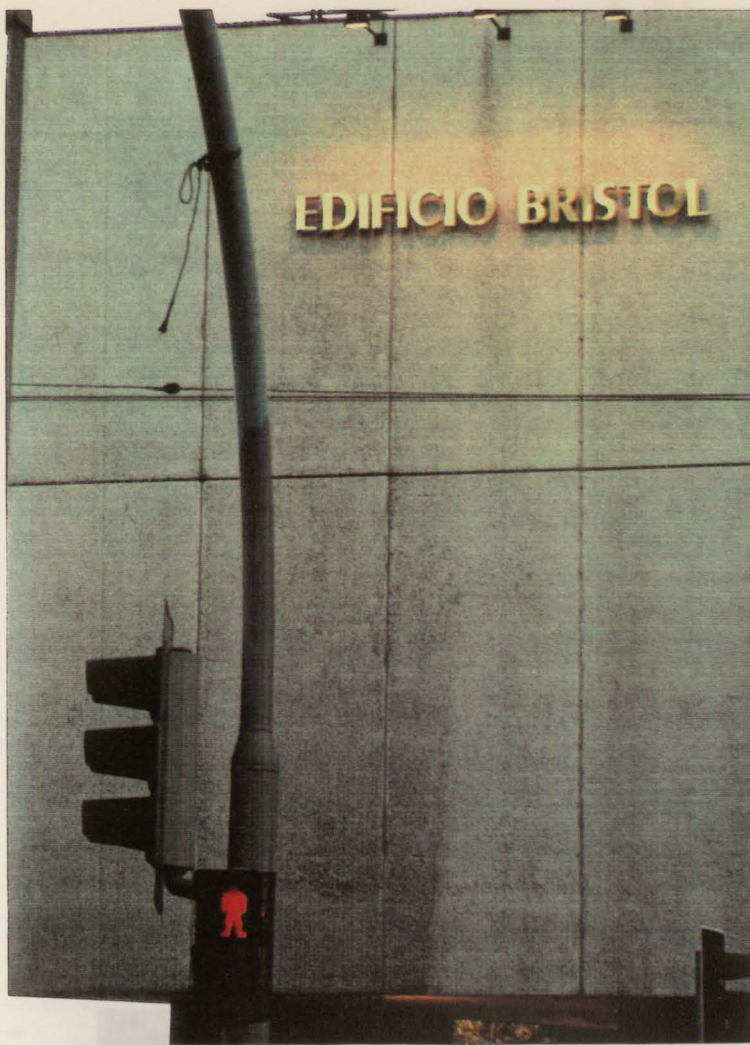


Fig. 7.1- Superfície de betão aparente com inertes à vista



Fig. 7.2- Superfície de betão sujeita a exposição profunda em que os inertes grossos formam a maior parte da superfície

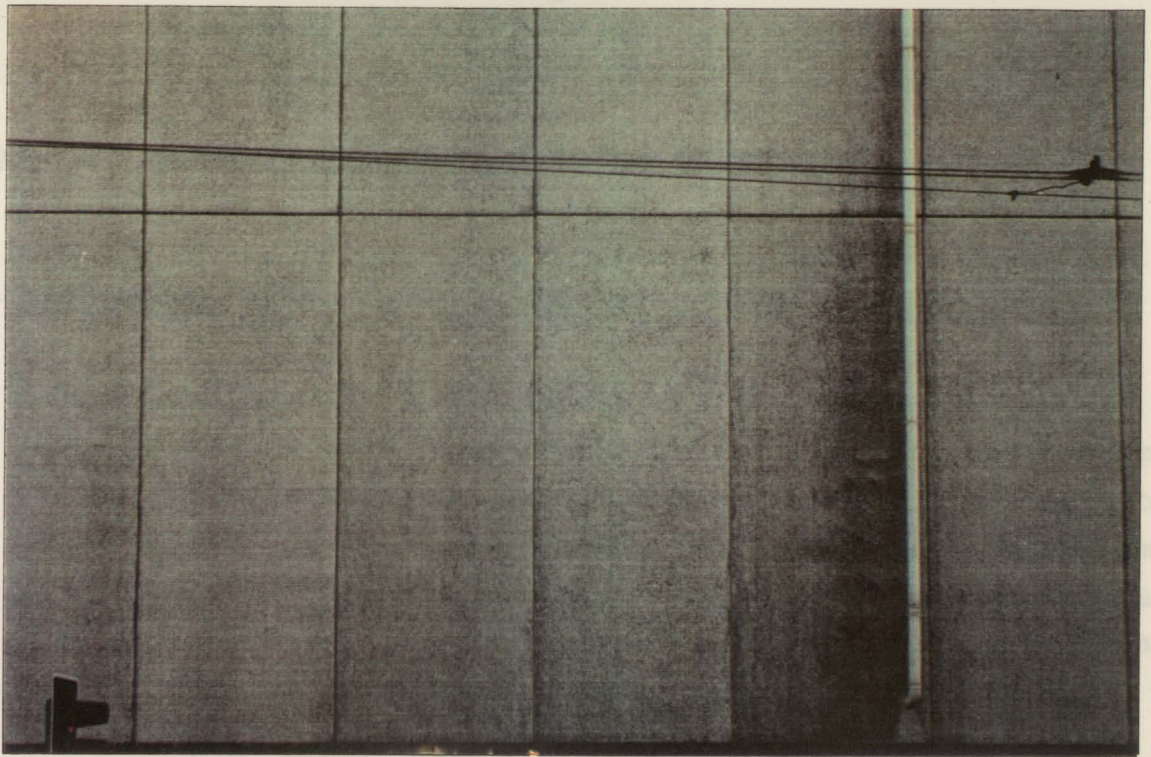


Fig. 7.3- Superfície de inertes à vista tendo sido utilizado o método de retardador de presa

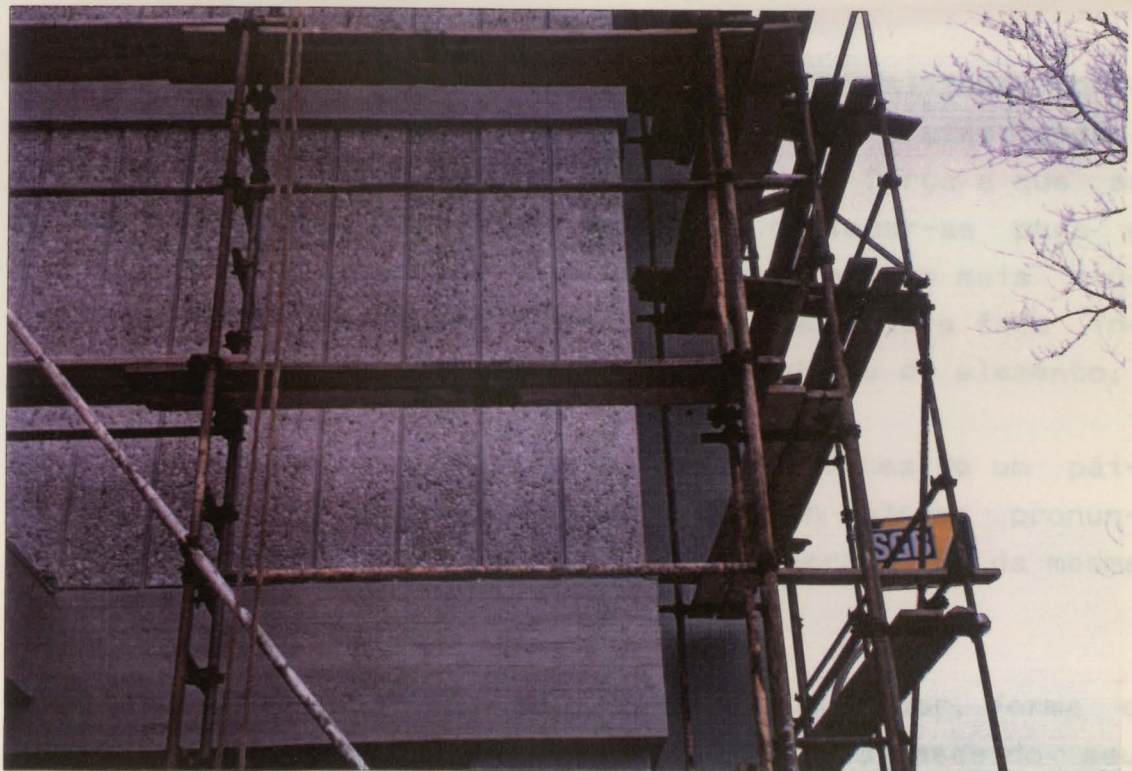


Fig. 7.4- Superfície de betão aparente com inertes à vista onde existiu uma selecção do inerte destinado a ficar na face exposta

8- OUTROS TIPOS DE ACABAMENTO DO BETÃO APARENTE

8.1- INTRODUÇÃO

Num elemento de betão aparente o tipo do seu acabamento é um factor que deve ser considerado logo desde o início. Quando se determina o acabamento pretendido deve ser tomado em atenção a forma da peça a betonar, pois em certas situações é difícil conseguir-se uma uniformidade de acabamento nas várias faces de um mesmo elemento.

Este problema tem como explicação uma série de factores tais como a composição do betão, altura da camada a betonar, técnicas de compactação, etc.

No caso de uma betonagem de um painel plano realizada sobre uma superfície horizontal, situação normal na prefabricação, o efeito da gravidade durante a compactação força a que as britas de maiores dimensões tendam a deslocar-se para o fundo do molde ficando na face superior as britas mais miúdas, areia e calda de cimento. Como consequência a face inferior será a superfície mais uniforme e densa do elemento.

Assim resulta uma diferença entre as duas faces de um painel, ou ainda, na situação de uma peça com relevos pronunciados diferenças de textura de um local para outro da mesma face.

A versatilidade do betão permite que a sua cor, forma e textura se consiga determinar em qualquer das fases do seu fabrico, isto é:

- antes da betonagem do molde, o acabamento determina-se antes que o betão seja colocado na cofragem;

- depois da betonagem do molde, o acabamento é realizado com o betão cofrado, mas ainda durante as operações de fabrico;
- depois do betão ter ganho presa e endurecido, o acabamento é realizado com o betão nas características de utilização.

A decisão do tipo e fase do acabamento deve basear-se nos resultados que se desejam e na economia da operação.

8.2- ANTES DA BETONAGEM DO MOLDE

8.2.1- ACABAMENTO UNIFORME

É o acabamento com que o betão fica quando é retirado da cofragem, não requerendo qualquer tratamento superficial adicional excepto uma possível lavagem ou limpeza.

a) **Uniforme liso**- neste caso o betão é normalmente moldado em cofragens não porosas como madeira macheada, metálicas, fibra de vidro, etc, de forma que a superfície do betão se mostre o mais lisa e uniforme possível.

Um paramento com este tipo de acabamento tem uma boa protecção ás solicitações atmosféricas, necessitando no entanto de um controlo de execução muito bom, pois é um acabamento sujeito a muitos dos defeitos já descritos, nomeadamente as bolhas de ar, que se tornam muito visíveis.

b) **Uniforme com figuras geométricas**- neste tipo de acabamento o betão adquire as figuras que são fornecidas pelo tipo do molde utilizado. Estas superfícies, dada a sua irregularidade mascaram muitos dos defeitos referidos na alínea anterior.

Pode conseguir-se uma grande variedade de formas betonando contra relevos colocados no molde, podendo estes serem das mais variadas matérias.

Uma cofragem muito utilizada neste tipo de acabamento é a madeira, podendo o betão reproduzir a sua textura, ou os desenhos por ela impostos.

8.2.2- ACABAMENTOS COM MATERIAIS DISTINTOS

Pode-se produzir uma textura com materiais distintos dos componentes normais do betão, colocando-os à mão na parede do molde. Estes podem ser inertes de grande tamanho, peças cerâmicas, etc (Fig. 8.1).

Nestes acabamentos também se podem incorporar trabalhos lavrados à base de cerâmica ou pedra colocando-as no fundo dos moldes. Estes materiais podem cobrir parte do painel ou a sua totalidade deixando de aparecer o betão à vista.

8.2.3- ACABAMENTO DADO POR UMA DESCOFRAGEM IMEDIATA

Este acabamento só se consegue na prefabricação em painéis betonados sobre mesas. Mal o betão é vertido sobre o molde e compactado, coloca-se uma contracofragem na sua face superior e com o betão ainda "húmido" roda-se o conjunto 180° e retira-se a cofragem. O painel fica sobre a contracofragem com a sua face acabada voltada para cima e assim se procede à sua cura.

Este acabamento só é possível se a face posterior do painel for desprovida de elementos metálicos de ligação salientes e quando a espessura do painel não ultrapassar os 15cm.

Este acabamento torna-se muito económico devido á reutilização imediata do molde.

8.3- DEPOIS DA BETONAGEM DO MOLDE

O acabamento consegue-se durante as operações de fabrico do betão, processo utilizado normalmente em prefabricação . Estas operações são feitas sobre a superfície do betão na sua face inferior (contra o molde) ou na sua face superior.

8.3.1- NA SUPERFÍCIE INFERIOR

Utilizam-se retardadores químicos sobre as faces inferiores e laterais da cofragem, colocando de seguida o betão sobre eles.

Os acabamentos obtidos variam desde um ataque muito ligeiro até uma profundidade que pode ir a 15mm, conforme o tamanho dos inertes.

Podem, com este método, obter-se os três graus de exposição já referidos: ligeiro, médio e profundo.

A acção de um retardador químico afecta principalmente a argamassa do betão. A forma do inerte, a sua posição depois da presa e a profundidade do ataque determinam o aspecto da superfície.

Dependendo da configuração da cofragem e principalmente do produto, a colocação do betão no molde pode eliminar o retardador aplicado nas superfícies inclinadas arrastando-o e afectar o acabamento do betão.

8.3.2- NA SUPERFÍCIE SUPERIOR

Podem conseguir-se muitos efeitos decorativos diferentes na face superior do painel, pois é a face que se mostra à disposição do operador

Esta face superior, se o for pretendido, pode aparecer com o inerte à vista. O processo, no entanto, não é o mesmo dos já descritos e nem sempre reproduz o mesmo efeito.

Neste caso reflecte-se o problema retratado na introdução do capítulo do facto dos inertes grossos terem tendência a se deslocar para a face inferior dos painéis.

Para expor os inertes na superfície superior, esta pode-se lavar com água antes que o betão ganhe presa, ou pode-se aplicar também um retardador e lavar a superfície no dia seguinte.

Pode-se no entanto preferir um acabamento decorativo, o que é pouco corrente, sendo necessário mão de obra especializada.

Normalmente para esta superfície utiliza-se um acabamento uniforme.

Se por condições de construção uma das faces de um painel dever ser perfeitamente alinhada e uniforme, esta deve ser o paramento inferior.

8.4- DEPOIS DO BETÃO TER GANHO PRESA E ENDURECIDO

Este acabamento executa-se depois do betão ter conseguido quase a sua resistência definitiva.

8.4.1- ACABAMENTOS EM SUPERFÍCIES UNIFORMES

Neste tipo de acabamento incluem-se os tratamentos já referidos para obtenção de inertes à vista, de ataque com ácido e jacto ligeiro de abrasivos ou areia.

Outro tipo de acabamento inserido nesta classe de acabamentos é o polimento das superfícies. Por razões económicas só se utiliza este tipo de superfície onde possam ser utilizadas máquinas.

Conseguem-se acabamentos muito atractivos deixando na superfície polida sulcos e regueiras que não foram atingidas pelo processo.

Para se utilizar este tipo de acabamento deve-se ter em atenção a dimensão e dureza dos inertes empregados, repercutindo-se este facto directamente no custo do acabamento.

Quando se coloca a hipótese de se utilizar betão aparente num edifício, está-se a pensar num material durável que não necessita de ser pintado. No entanto por questões puramente decorativas pode-se colocar esta hipótese (Fig. 8.2).

Ao encarar-se a questão da pintura do betão deve-se ter em consideração o problema já referido dos betões novos reagirem mal a revestimentos saponificáveis.

8.4.2- ACABAMENTOS EM SUPERFÍCIES GROSSEIRAS

Para materializar este tipo de acabamento pode-se utilizar o jacto de areia que conforme o tempo de actuação pode atingir a profundidade que se pretender.

A potência do jacto deve-se ajustar à dureza dos inertes, no entanto há que ter em atenção que este tipo de tratamento pode desencaijar os inertes ou fazê-los perder as suas arestas.

Outros dos processos passíveis de aplicação é a escarificação da superfície com buriladores, mas que exigem operários especializados.

8.5- VARIAÇÃO DO TIPO DE ACABAMENTO NO MESMO PARAMENTO

As possibilidades de combinar diferentes tipos de acabamentos no mesmo paramento são praticamente infinitas.

Desde o jogo da dimensão dos inertes, à aplicação de vários tipos de acabamento em simultâneo, as hipóteses de apresentação de uma fachada multiplicam-se ficando para a imaginação dos projectistas o tipo de acabamento que pretendem explorar.

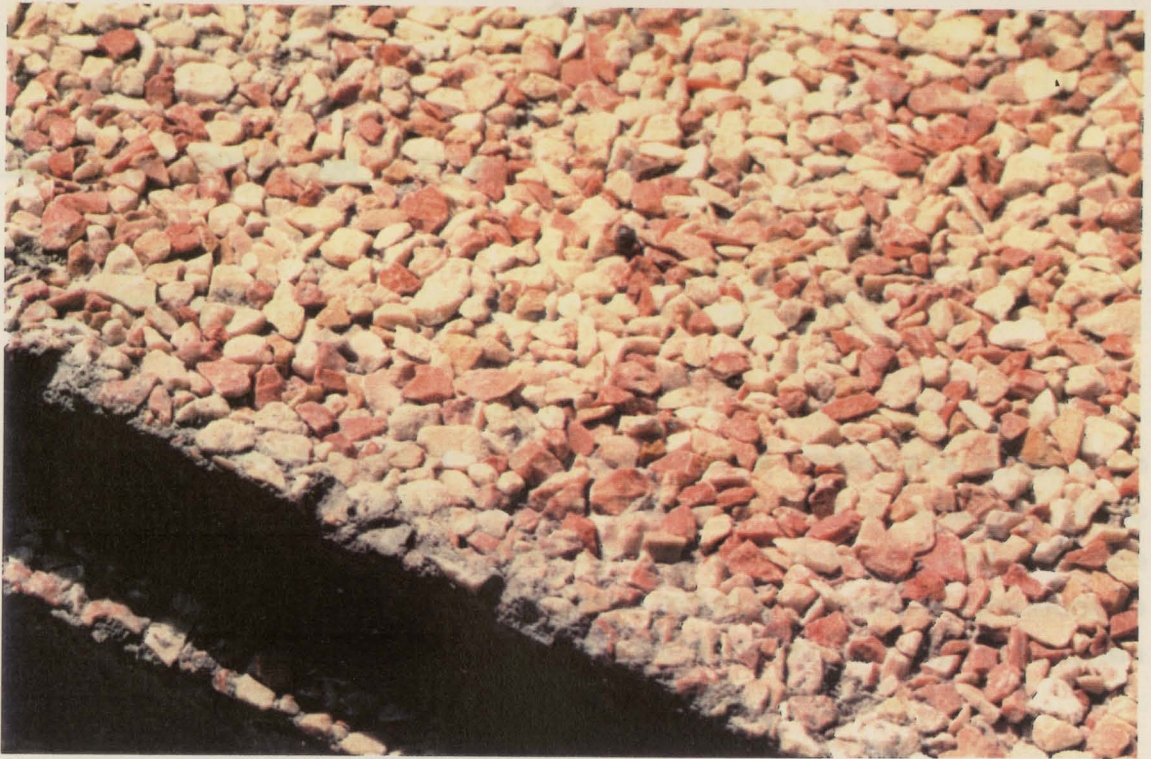


Fig. 8.1- Superfície de betão revestida com material colocado no fundo do molde

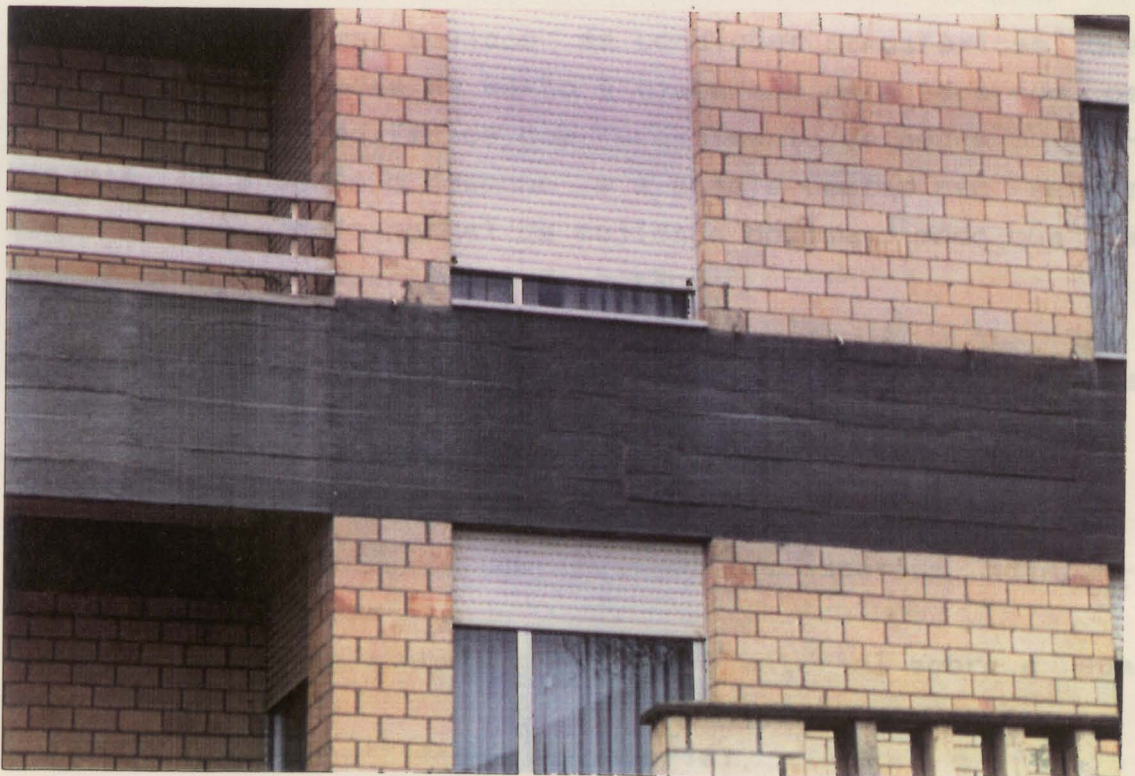


Fig. 8.2- Superfície de betão pintada à sua cor

9- O BETÃO APARENTE COM O TEMPO

9.1- INTRODUÇÃO

O betão aparente como a maior parte dos materiais altera o seu aspecto devido ás condições atmosféricas e como em tudo as opiniões divergem, há quem refira que o betão com o tempo se torna desagradável assim como existe quem se pronuncie favoravelmente dizendo que o betão sujeito ás solicitações atmosféricas se torna mais "suave" (Fig. 9.1).

No entanto certas formas de sujidade atmosférica produzem sobre o betão efeitos visuais bastante desagradáveis, sendo difícil de avaliar até que grau este facto altera o seu desenho original.

Muitos dos problemas devidos ás condições atmosféricas que aparecem nas fachadas de betão à vista são parecidos com os que aparecem nos edifícios com revestimento de pedra ou cerâmicos. No entanto o desenho e a escala destes nem sempre mostra a acumulação normal da sujidade do mesmo modo que as grandes e lisas superfícies de betão.

Os factores que mais contribuem para a degradação de uma superfície de betão com o tempo são:

- sujidades atmosféricas,
- sedimentos provenientes da lavagem dos materiais adjacentes;
- acção química da atmosfera e próprio material sobre a sua superfície;
- modificações superficiais do material.

9.2- SUJIDADE ATMOSFÉRICA

O pó transportado pela atmosfera deposita-se sobre a maioria dos paramentos de betão. A chuva inicialmente tomada como elemento de limpeza após a dissolução do pó converte-se num elemento de sujidade (Fig. 9.2).

O pó deposita-se uniformemente sobre as superfícies verticais mas a chuva quando começa a cair arrasta consigo a sujidade da parte superior para baixo, de onde resulta em função da duração das chuvas, uma limpeza da parte alta das paredes e um enegrecimento progressivo na parte inferior.

A quantidade de água da chuva, a sua velocidade e o ângulo com que cai é diferente de face para face de um edifício assim como varia para diferentes alturas, resultando deste facto que os efeitos atrás reproduzidos não são de modo algum uniformes variando em planta e em cota.

Os ventos dominantes como consequência das dimensões, forma e altura dos edifícios, produzem redemoinhos que perturbam o fluxo normal do ar e da chuva, tornando o efeito das sujidades provenientes da água difíceis de prever. Duas fachadas opostas de uma mesma construção podem apresentar com a mesma idade aspectos muito diferentes, ainda que construídas de forma análoga e com os mesmos materiais.

A medida que as superfícies são mais inclinadas e próximas da horizontal a sujidade torna-se mais resistente à limpeza pelas chuvas.

De modo a defender um paramento deste tipo de problemas o projectista deve dar uma especial atenção ao encaminhamento da água num edifício, não a deixando escorrer sobre as superfícies de uma maneira aleatória, devendo ter em especial

atenção os bordos das coberturas e dos parapeitos, desenhando-os de forma a impedir a escorrência da água.

Uma das medidas possíveis de adoptar é a de nos paramentos verticais se preverem descontinuidades, que podem ser associadas a juntas, de modo a se poder encaminhar a água para aí, libertando o resto da superfície.

9.3- SEDIMENTOS PROVENIENTES DA LAVAGEM DOS MATERIAIS ADJACENTES

É o caso da água da lavagem de um painel ou uma janela dando origem a escorrências para outros paramentos, transferindo o problema da sujidade para um outro painel (Fig. 9.3).

Mais uma vez se torna pertinente encarar o encaminhamento das águas de uma maneira apurada para impedir que estas situações aconteçam.

A água que bate sobre cobre, bronze ou chapas metálicas e que posteriormente flui sobre o betão, ao fim de alguns anos origina manchas neste.

9.4- ACCÃO QUÍMICA DA ATMOSFERA E PRÓPRIO MATERIAL SOBRE A SUA SUPERFÍCIE

Nos nossos dias, o problema das superfícies de betão estarem cada vez mais sujas deve-se ao facto de a atmosfera se encontrar cada vez mais poluída. Pode-se constatar facilmente que construções em zonas onde ainda a poluição não se faz sentir, têm um aspecto e cor muito mais claro e limpo que aquelas que se situam no meio de atmosferas carregadas.

A concentração de elementos corrosivos tais como o dióxido de enxofre é alta em alguns ambientes urbanos podendo afectar certos materiais de construção.

A qualidade do betão nomeadamente a sua compacidade é normalmente a melhor defesa contra a acção química.

Na prefabricação pelo facto de se moldarem os painéis de fachada em mesas a superfície moldada apresenta uma compacidade maior, resultando um paramento mais defendido.

Exceptuando zonas que tenham uma concentração anormal de elementos corrosivos este problema, desde que se respeite a regulamentação sobre os betões em vigor, não é preocupante desde que se tome as devidas precauções no recobrimento das armaduras.

Uma das reacções químicas frequente e já retratada é a carbonatação, fazendo-se notar principalmente em paramentos de cor escura ou mal iluminados. O uso adequado de pozolanas ou cinzas volantes podem ajudar a reduzir este problema (Fig. 9.4).

9.5- MODIFICAÇÕES SUPERFICIAIS DO MATERIAL

Uma superfície de betão está sujeita a fissuras, que não tendo significado estrutural ou influencia na duração do betão podem tornar-se bastante visíveis quando a sujidade se coloca nelas.

Este problema geralmente não aparece em superfícies em que a camada superficial é retirada, casos dos paramentos com inertes à vista.

Com o tempo pode-se dar o aparecimento de manchas de ferrugem produzidas por britas contendo ferro ou outros contaminantes quando estes se encontram entre os inertes. Estas manchas podem dever-se também a partículas de aço que estejam misturadas nas britas originadas por britadeiras, bocados de arame utilizados na amarração das armaduras, etc. (Fig. 9.5).

9.6- CUIDADOS A TOMAR

Em sítios em que a atmosfera está deveras contaminada aumenta a importância de num projecto de uma estrutura com acabamentos em betão aparente se tome em consideração um certo número de pormenores que impeçam a maior parte destes problemas futuros, principalmente se :

- existem grandes superfícies;
- superfícies uniformes de textura fina;
- elementos ligeiramente coloridos;
- elementos com relevos profundos;
- superfícies inclinadas.

Os problemas relacionados com os condicionalismos atmosféricos tornam-se menos sérios se (Fig. 9.6):

- os paramentos têm uma textura grosseira;
- os painéis são cinza ou escuros;
- as superfícies são verticais com pequenos relevos;
- a face dos painéis forem interrompidas por várias juntas verticais.

Sendo os problemas atmosféricos algo que afecta todos os objectos expostos, não deve ser ignorado devendo-se tentar controlá-lo dentro de limites aceitáveis.

A degradação de um edifício depende das condições locais, devendo o projectista estudá-las, retirando o exemplo de edifícios que já existam na zona (Fig.9.7).

A técnica de prefabricação sobre moldes horizontais sob condições de fabrico controladas produz um betão denso o que é uma garantia de resistência contra o tempo. No entanto as condições atmosféricas podem afectar os elementos prefabricados logo no seu armazenamento.

Se se empilharem os painéis prefabricados numa posição diferente da da sua orientação final, estes podem ganhar certo tipo de sujidades detectáveis após a sua colocação.

Como se acabou de referir a compacidade de um betão interfere directamente na sua resistência às condições atmosféricas. A uma maior porosidade de uma superfície corresponde uma maior absorção de água e conseqüente penetração da sujidade.

Para se evitar isto é necessário ter em conta o tipo e superfície do molde e todos os cuidados que minimizem a formação de fissuras tais como a cura, compactação relação água/cimento, etc.

Uma das maneiras de se proteger o betão é através de revestimentos, do tipo de vernizes, de forma a proporcionar o melhor efeito de barreira possível.

No entanto há que ter em conta que um excesso de impermeabilização de um paramento impede que o vapor de água retido no interior do betão saia, conduzindo a uma pequena capacidade de respiro da peça, que como resultado provocará o empoamento do revestimento e a sua conseqüente destruição (Fig. 9.8).

Refira-se que o betão no seu estado de novo tem uma reacção alcalina em presença da água com um PH de cerca de 12, pelo que é necessário evitar todo o contacto directo da sua superfície com revestimentos saponificáveis, como as tintas alquídicas ou óleo-resinosas, sem aplicação de um primário adequado.

Como resultado de um envelhecimento natural ao longo do tempo, há necessidade de reparação das superfícies de betão. Tais reparações são difíceis de serem realizadas com êxito, devido à coloração que adquirem os paramentos antigos. É então mais aconselhável uma conservação periódica e frequente das construções não sendo no entanto o fim em vista que se pretende de uma construção em betão à vista (Fig. 9.9 e 9.10).



Fig. 9.1- Superfície de betão sujeita durante anos ao tempo

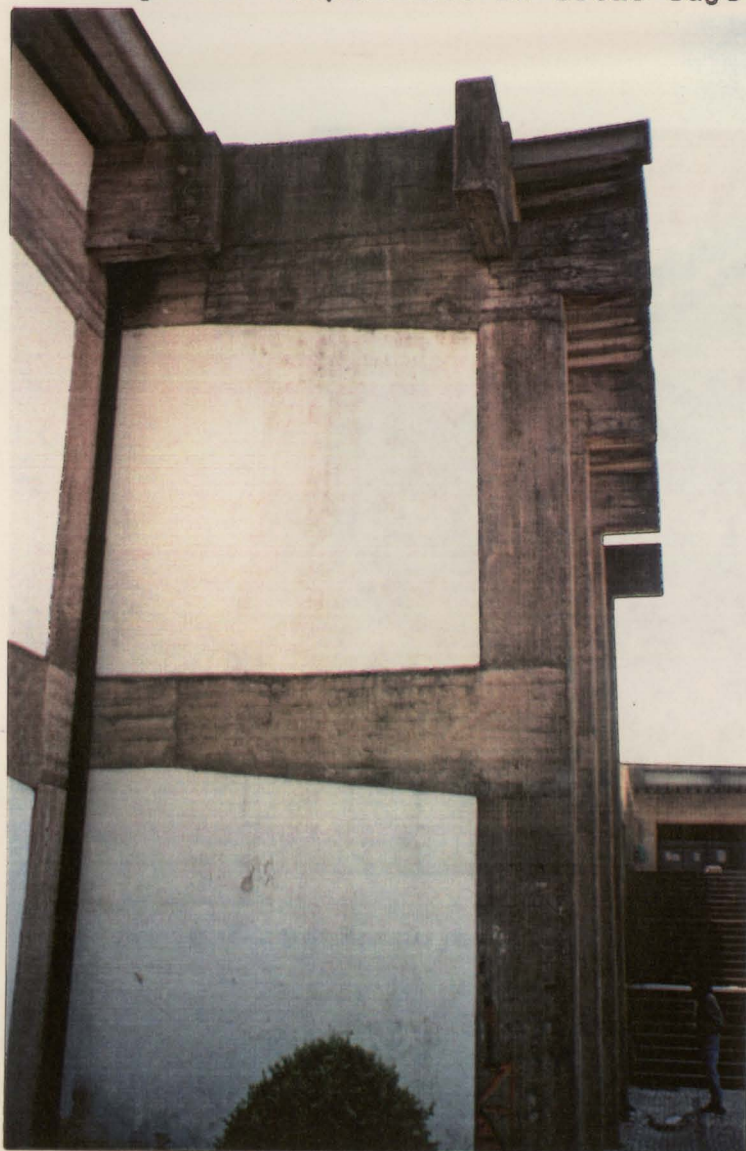


Fig. 9.2- Betão sujeito à sujidade atmosférica



Fig. 9.3- Betão com sujidades transferidas de outros elementos de obra



Fig. 9.4- Betão sujeito ao ataque da acção química

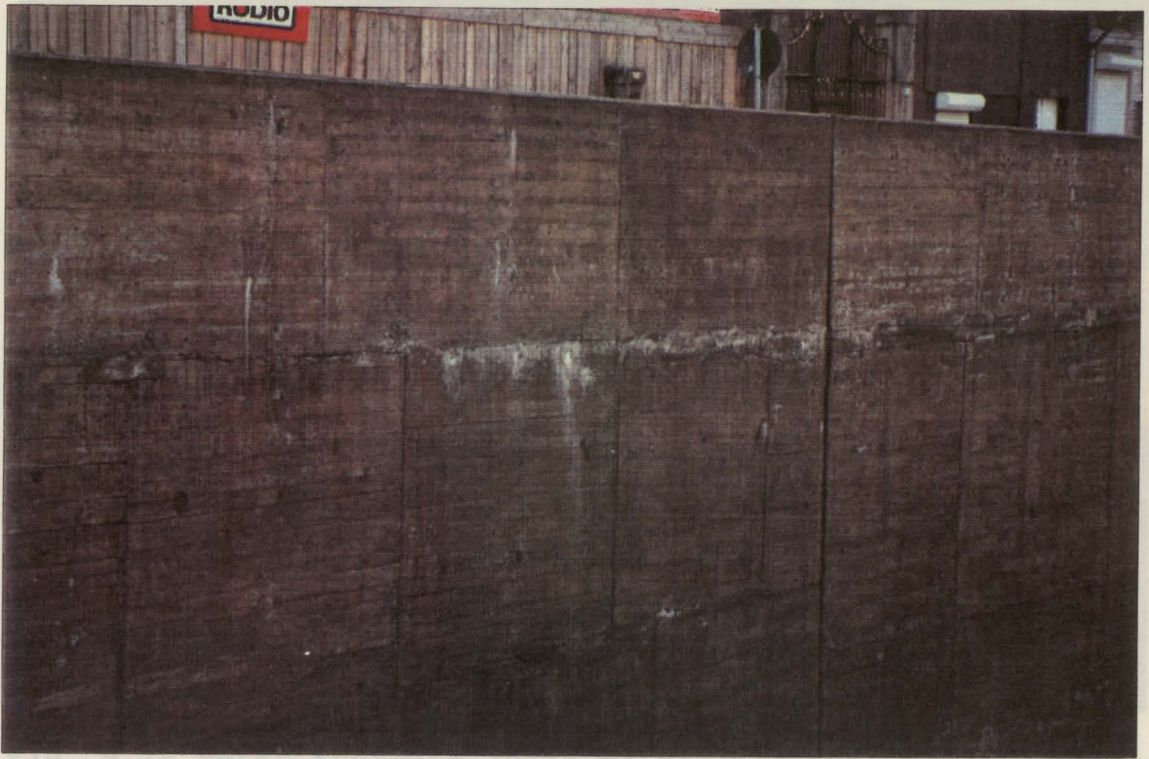


Fig. 9.5- Betão com várias manchas, nomeadamente de ferrugem

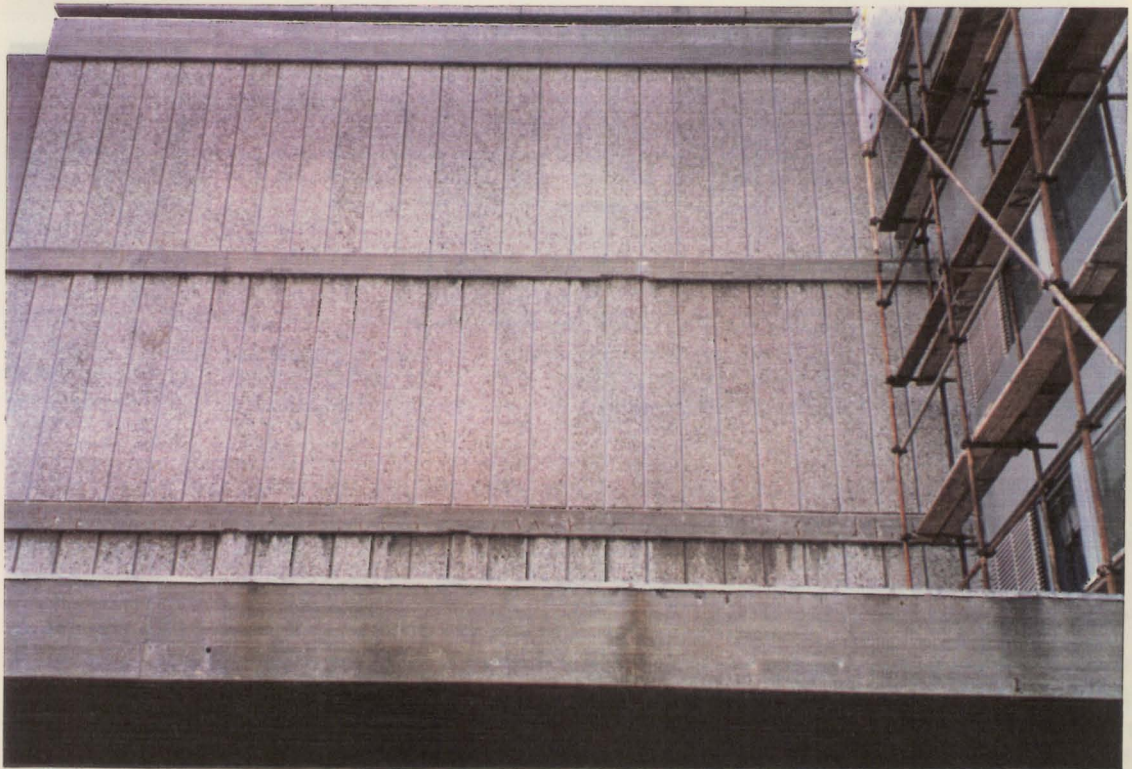


Fig. 9.6- Paramento com características para resistir ao tempo



Fig. 9.7- Betão aparente junto ao mar com 25 anos de idade e que se comportou até agora de maneira excelente



Fig. 9.8- Pintura do betão destruída com o tempo

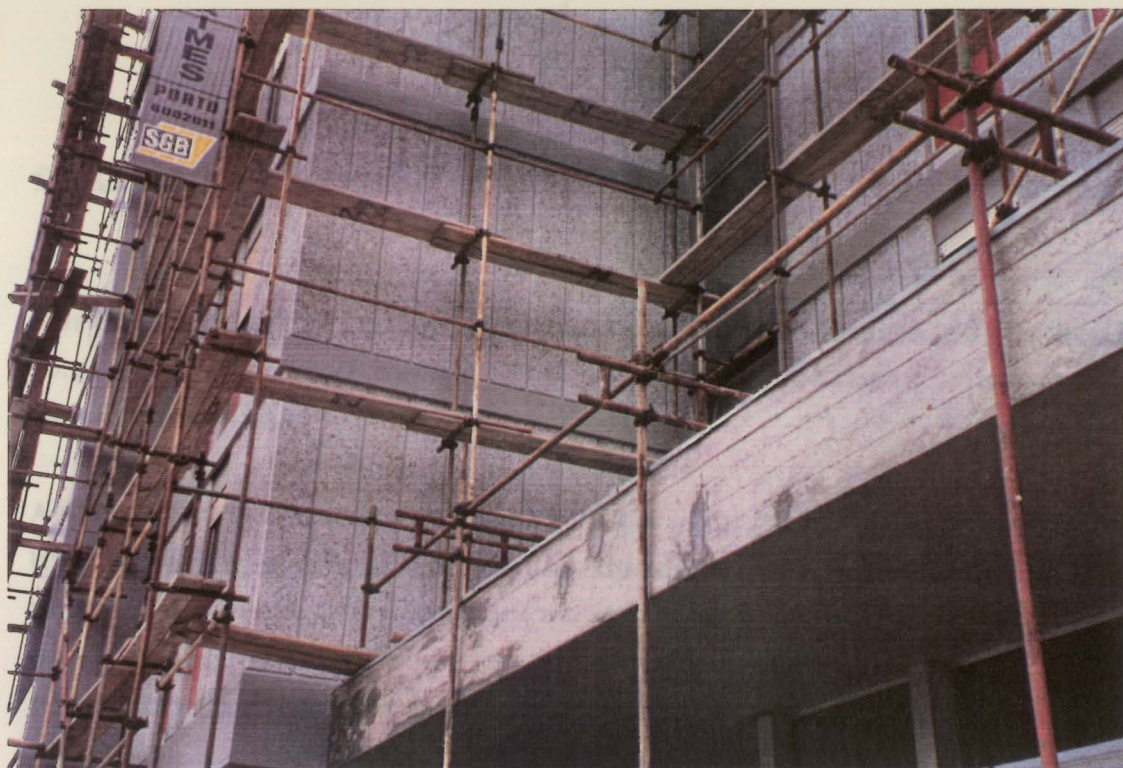


Fig. 9.9- Edifício em betão à vista com elementos prefabricados em grande reparação



Fig. 9.10- Pormenor de grande reparação no mesmo edifício representado na figura anterior

10- CONCLUSÃO

Neste último capítulo efectuar-se-á um resumo do trabalho exposto, tentando extrair-se as conclusões mais importantes nele inseridas.

Abordou-se este tema começando-se por fazer uma síntese da história da evolução do betão desde o seu aparecimento, desenvolvendo-se como material unicamente estrutural, até à utilização do betão como material aparente, mostrando na plenitude todas as suas propriedades e defeitos, temática abordada em particular em capítulo próprio.

Após a apresentação do material constante deste estudo, executou-se uma breve descrição dos seus constituintes, particularizando desde logo a influência que cada um deles tem no aspecto final das superfícies de betão, assim como das principais operações a que o betão é sujeito nomeadamente o fabrico, colocação e compactação, aproveitando-se para fazer uma breve súmula dos dois principais métodos de compactação utilizados hoje em dia.

Dada a sua influência e contacto directo com a superfície de betão, as cofragens foram alvo de uma análise particular e como tal fez-se uma descrição das solicitações principais a que aquelas estão sujeitas durante a execução de uma betonagem, avançando-se com alguns valores e quadros que possibilitem uma análise mais racional destes elementos.

De seguida efectuou-se uma descrição dos vários tipos de cofragem consoante o material da superfície do molde, pormenorizando a sua influência na superfície do betão.

Foi efectuada também uma tentativa de sistematização dos tipos de cofragem existentes numa catalogação perfeitamente

empírica de acordo com a sua evolução temporal, seu número de reutilizações e funcionalidade das mesmas.

Para finalizar a abordagem do tema cofragens descreveu-se uma série de informações sobre características, pormenores e manutenção a exigir a um molde, no sentido de se obter melhores superfícies de betão e maior número de reutilizações interferindo tal facto directamente no custo das cofragens e da obra.

Como conclusão, pode-se afirmar que a evolução das cofragens tende a que estas sejam cada vez mais racionais em detrimento dos sistemas tradicionais, ainda de utilização corrente no nosso país, tentado-se diminuir com isto o custo da mão-de-obra, cada vez mais significativo, utilizando-se sistemas de fácil montagem e desmontagem.

Isto é dizer, que a tendência actual é para a utilização de painéis de utilização flexível, de fácil colocação e adaptação às circunstâncias do momento, tornando-se assim mais económicos.

No capítulo seguinte fez-se uma sistematização dos principais defeitos existentes em superfícies de betão aparente, através da constatação directa dos mesmos em obras existentes que pertencem ao quotidiano do cidadão do Porto. É sobre estas obras que se apresentam as figuras finais de cada capítulo.

Nesta análise tentou-se desde logo fazer uma ligação directa causa-efeito tendo-se justificado as várias origens dos problemas apresentados.

Verifica-se que os problemas passíveis de aparecer numa superfície de betão são imensos, constatando-se em simultâneo que as suas origens podem ser as mais diversas, podendo-se

dizer que tudo interfere com o aspecto final do betão. Daqui conclui-se que uma superfície de betão isenta de defeitos é praticamente impossível de ser conseguida. Assim há que preparar as pessoas para as aceitar, dentro de certos limites, passando-se a admitir uma superfície de betão como sendo de qualidade se esta se apresentar dentro desses parâmetros.

No capítulo seguinte descreveram-se as principais precauções a tomar de forma a minimizar-se os defeitos enumerados anteriormente.

Nesta apresentação seguiu-se a evolução natural dos trabalhos começando-se pelas cofragens e terminando na limpeza e armazenamento das peças, caso da prefabricação.

Desejou-se com este capítulo criar um certo número de regras e procedimentos que possam evoluir para umas futuras condições técnicas sobre "Superfícies de Betão Aparente".

Como já se referiu a eliminação total de anomalias numa superfície de betão é quase impossível, tendo-se no entanto a certeza que o cumprimento de todas as prescrições efectuadas vai ajudar muito o controlo daqueles problemas e a sua colocação em níveis perfeitamente aceitáveis.

De seguida foram apresentados uma série de ensaios feitos em laboratório em que se introduziu como variáveis a cofragem e a composição do betão, incluindo nesta a variação do tipo de inerte.

Com estes ensaios tentou-se confirmar o que até então se tinha referido devido às causas de certos defeitos, fazendo-se uma análise comparativa entre os ensaios conforme as variações introduzidas concluindo-se sobre a influência destas no aspecto das superfícies de betão.

A partir daqui evoluiu-se para uma descrição genérica de como actualmente o betão à vista se pode apresentar, demonstrando-se as múltiplas hipóteses de aproveitamento que o material origina, quer em termos de cor quer em termos da sua textura.

De referir que estes acabamentos muitas vezes condicionam o tipo de construção, sendo vocacionados para serem executados em prefabricação.

Por fim descrevem-se as alterações, a que o betão à vista está sujeito, com o tempo, tendo-se efectuado uma descrição sumária dos principais cuidados a tomar para obviar tais efeitos.

Como se já referiu, nesta dissertação houve a cuidado de se apresentar esta temática de uma maneira de fácil abordagem, tendo-se como preocupação a sistematização dos problemas existentes e cuidados a tomar na execução de superfícies de betão aparente.

Sobre este assunto muito mais há a dizer e a evoluir, nomeadamente no campo da "avaliação" dos defeitos tornando-os se possível mensuráveis, assim como a escarpelização dos principais intervenientes na sua origem, de modo a poder-se criar uma série de regras práticas que assegurem à partida uma determinada qualidade na aparência do betão.

Outro campo a explorar, de uma vastidão enorme, é a utilização de aditivos na massa do betão, que lhe conferem características específicas que muito podem ajudar ao aumento da qualidade da superfície de betão.

Com estes dois últimos parágrafos pretende-se dizer que este é um tema ainda em aberto e passível de uma grande evolução,

ficando tal para uma futura continuação da abordagem desta temática.

11- BIBLIOGRAFIA

Adam, M.

Aspectos del Hormigon

Editores Técnicos Asociados, S.A. 1975

Arredondo

Dosificación de hormigones

Manuales y Normas del Instituto Eduardo Torroja de la Construction y del Cemento

Band, G.

Tecnologia de la Construcción

Editorial Blume - Barcelona 1976

Blevot, Jean

Patologia de las Construcciones de Hormigon Armado -

Enseñanzas extraídos de la práctica

Editoras Técnicas Asociadas S.A. - Barcelona - 1977

Branco, José Paz

Algumas Notas sobre Prefabricação

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Coutinho, A. Sousa

Fabrico e Propriedades do Betão

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Curso 120 -
Lisboa, Setembro de 1973

Coutinho, João Jorge

Betão Armado, um sistema de cálculo de construção de vigas

Lisboa, Impensa da Livraria Férrin, 1924

Enciclopédia da construção
Técnicas de construção I e II
Editora hemus 1979

Ferreira, Carlos Antero

Betão Aparente em Portugal

Edição A.T,I.C. - Associação Técnica da Industria da Industria do Cimento

Lisboa 1972

Galabru, Paul

Obras de Fábrica Y Metálicas - Tratado de procedimientos generales

Editorial Reverté, S.A. 1973

Gomez, Isidoro de Blas

Puesta en obra del Hormigon Armado

Instituto Tecnico de la Construccion y Edificacion - Madrid

Gorisse, Francis

Essais et Contrôle des Bétons

Edicions Eyrolles 1978

Kleinlogel, A.

L'Influence des divers éléments phisicochimiques sur les bétons

Dunod - Paris 1960

Koncks, Tihamés

Manual de la Construccion Prefabricada

Tomo I, Tomo II, Tomo III

Ediciones Hermann Blume 1973

Kuncell, W.

Le Béton Apparent dans la Construction

Editions Eyrolles, Paris, 1966.

Kupper, G.

Pratique du Coffrage en Bois et du Ferrailage
Editions Eyrolles, 1955

Margarit, Adrian e José Fabregat

Patologia de la Construcción, detalles constructivos
Editorial Blume e Editorial Label, 1974

Montoya, P. Jimenez; A. Garcia Meseguer e F. Moran Cabre

Hormigon Armado - Tomo I

Editorial Gustavo Gili, S.A. 8ª Edição - Barcelona 1987-89

Oliveira, Delfim Ribeiro de

Betão armado

Lisboa 1928

Pianca, João Baptista

Manual do Construtor

1º Volume - Materiais de Construção

Editora Globo - Porto Alegre 1979

Rebut, P.

Guide Pratique de la Vibration des Betons

Edicion de la Revue des Matériels de Construction "Ciments
et Betons"

Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos

Decreto-Lei Nº 445/89 de 30 de Dezembro

Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado

Decreto-Lei Nº 349-C/83 de 30 de Julho

Revel, Maurice

La prefabricacion en la construccion

Ediciones Urmo 1973

Ricouard, M. J.
Coffrages Métalliques
Editions Eyrolles, 1954

Santos, Silvino G. Pompeu dos
Ligações de estruturas prefabricadas de betão
Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Lisboa 1985

Segurado, João Emílio dos Santos
Betão Armado
Lisboa, Livraria Bertrand





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000005998