

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA**

PAULO MÁRCIO DA SILVA ARANHA

ORIENTADOR: HÉLIO ADÃO GREVEN

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL,
COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE
EM ENGENHARIA.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÃO

Porto Alegre

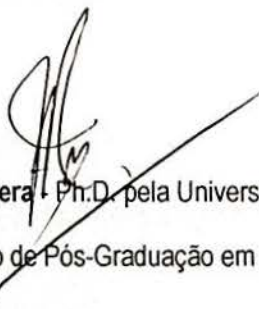
1994

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pelo Curso de pós-Graduação em Engenharia Civil.



Prof. Hélio Adão Greven - Dr. pela Universidade Hannover

Orientador



Prof. Jorge Daniel Riera - Ph.D. pela Universidade of Princeton

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA

Prof. Hélio Adão Greven (Orientador)

Dr. pela Universidade Hannover

Prof. Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Ms.C. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Enio José Pazini Figueiredo

Dr. pela Universidade de São Paulo

Prof. Paulo Roberto do Lago Helene

Dr. pela Universidade de São Paulo

Prof. Ruy Alberto Cremonini

Dr. pela Universidade de São Paulo

" Mais importante do que saber
é aprender como usar este
saber "

Reuven Feuerstein

À amiga e orientadora Denise Dal Molin.

Aos queridos pais Gandhi e Graça.

Aos manos Gandhi Jr., Márcia, Marcelo e Marco.

Agradecimentos

À Amiga e Orientadora Professora **Denise Dal Molin**, pelo apoio em todas as horas ao longo destes dois anos e meio de trabalho.

Ao Professor e Orientador **Hélio Greven**, pela experiência e apoio transmitidos ao longo desses anos de convivência.

À **UNAMA** - Universidade da Amazônia, pelo incentivo e confiança a mim creditada.

À Empresa **Paulo Barroso Engenharia** Ltda, que tão gentilmente colocou a nossa disposição todo seu arquivo, pela atenção dispensada e pela compreensão demonstrada.

Ao Engenheiro e Amigo **Paulo Moura Barroso** que muito tem contribuído para minha formação técnica e nos demonstra, a cada dia, que vale a pena acreditar e trabalhar para um mundo mais fraterno e irmão.

À toda família **Noriana**, especialmente aos amigos Antônio César, André Geyer, Ane Lise, Diana, Elvira Lantelme, Fernanda, Fernando Recena, João Antônio, Marcelo Benetti, Marlova Kulakowski, Paulo Sérgio, Rogério, Rômulo, Tamara Vilagra, Victor Hugo, Vinicio Ayaila e Xavier Palacio, pelo companheirismo, apoio e amizade demonstrada ao longo destes anos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA

SUMÁRIO

Dedicatória	III
Agradecimentos	IV
Lista de figuras	VIII
Lista de tabelas	XI
Lista de fotografias	XIII
Resumo	XVI
"Abstract"	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONCEITOS BÁSICOS	
2.1. Patologia e terapia das estruturas de concreto	4
2.2. Desempenho	4
2.3. Durabilidade das estruturas	4
2.4. Vida útil das estruturas	5
2.5. Diagnóstico	6
2.6. Manutenção	6
2.7. Recuperação estrutural	9
2.8. Reparo estrutural	9
2.9. Reforço estrutural	9
2.10. Substituição de elementos estruturais	9
3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS CORREÇÕES	
3.1. Principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado	10
3.2. Sistemas de reparos e tipos de reforços em estruturas de concreto armado	25
3.2.1. Sistemas de reparos em estruturas de concreto armado	26
3.2.2. Técnicas empregadas para reforço das estruturas de concreto armado	29
3.2.3. Técnicas empregadas para reforço das fundações	36
4. LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E DOS SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, EM USO, NA REGIÃO AMAZÔNICA	
4.1. Introdução	38
4.2. Tipos de edificações em função do uso e número de pavimentos	39
4.3. Classificação quanto ao entorno das obras vistoriadas	40
4.4. Origem das manifestações patológicas	41
4.4.1. Classificação quanto à origem das manifestações patológicas nas etapas do processo construtivo	41

4.4.1.1.	Origem das manifestações patológicas atribuída ao projeto/planejamento	42
4.4.1.2.	Origem das manifestações patológicas atribuída aos materiais	43
4.4.1.3.	Origem das manifestações patológicas atribuída à execução	45
4.4.1.4.	Origem das manifestações patológicas atribuída à utilização	46
4.4.2.	Distribuição das origens das manifestações patológicas	47
4.4.2.1.	Distribuição das origens das manifestações patológicas, por estado, na Região Amazônica	47
4.4.2.2.	Distribuição das origens das manifestações patológicas, por tipo de obra, na Região Amazônica	48
4.5.	Metodologia empregada para realização do levantamento das manifestações patológicas	49
4.5.1.	Critérios estabelecidos para quantificação das manifestações patológicas	50
4.6.	Metodologia empregada para realização do levantamento dos sistemas de recuperação das estruturas	51
4.6.1.	Critérios estabelecidos para quantificação dos sistemas de reparos, reforço estrutural e reforço de fundação	52
5.	ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA	
5.1.	Análise das principais manifestações patológicas	53
5.1.1.	Em função do estado do concreto: fresco ou endurecido	53
5.1.2.	Em função do tipo de obra analisada	53
5.1.2.1.	Obras convencionais: residenciais, comerciais/serviço e institucionais	56
5.1.2.2.	Obras especiais: indústrias, pontes, praças esportivas, arrimos, reservatórios e demais obras	58
5.1.3.	Em função do elemento da estrutura afetado	65
5.1.3.1.	Obras convencionais: residenciais, comerciais/serviço e institucionais	66
5.1.3.2.	Obras especiais: indústrias, pontes, praças esportivas e reservatórios	71
6.	ANÁLISE DOS SISTEMAS DE REPAROS E TIPOS DE REFORÇOS APLICADOS NA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA	
6.1.	Principais sistemas de reparos utilizados na Amazônia	75
6.1.1.	Sistemas de reparos nas edificações convencionais	75
6.1.1.1.	Sistemas de reparos em edificações residenciais	75
6.1.1.2.	Sistemas de reparos em edificações comerciais/serviço	77
6.1.1.3.	Sistemas de reparos em edificações de instituições públicas	77
6.1.2.	Sistemas de reparos em edificações especiais	79
6.1.2.1.	Sistemas de reparos em edificações industriais	79
6.1.2.2.	Sistemas de reparos em edificações esportivas	79

6.1.2.3.	Sistemas de reparos em pontes, viadutos e trapiches	80
6.1.2.4.	Sistemas de reparos em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	83
6.2.	Principais tipos de reforços aplicados na Região Amazônica	85
6.2.1.	Reforços nas edificações convencionais	85
6.2.1.1.	Reforços em edificações residenciais	85
6.2.1.2.	Reforços em edificações comerciais/serviço	87
6.2.1.3.	Reforços em edificações de instituições públicas	88
6.2.2.	Reforços nas edificações especiais	90
6.2.2.1.	Reforços em edificações industriais	90
6.2.2.2.	Reforços em edificações esportivas	91
6.2.2.3.	Reforços em pontes, viadutos e trapiches	92
6.2.2.4.	Reforços em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	94
6.3.	Principais tipos de reforços de fundação aplicados na Região Amazônica	95
6.3.1.	Reforços de fundação nas obras convencionais	95
6.3.1.1.	Reforços de fundação em edificações residenciais	95
6.3.1.2.	Reforços de fundação em edificações comerciais/serviço	96
6.3.1.3.	Reforços de fundação em edificações de instituições públicas	97
6.3.2.	Reforços de fundação nas edificações especiais	98
6.3.2.1.	Reforços de fundação em edificações esportivas	98
6.3.2.2.	Reforços de fundação em pontes, viadutos e trapiches	98
7.	CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS RECURSOS APLICADOS NA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA	
7.1.	Distribuição dos recursos aplicados em função do tipo de obra analisada	100
7.2.	Distribuição dos recursos aplicados em função da idade das obras analisadas e da época do evento	101
7.3.	Recursos aplicados para recuperação das estruturas das edificações em função do número de pavimentos	103
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	
8.1.	Considerações quanto às manifestações patológicas	107
8.2.	Considerações quanto aos sistemas de reparos e tipos de reforço	108
8.3.	Considerações quanto aos recursos para recuperação das estruturas	109
8.4.	Críticas e sugestões para novos estudos	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS:	
	Anexo A - Ficha individual para cadastramento das obras	122
	Anexo B - Tabelas com resultados dos levantamentos das manifestações patológicas	124
	Anexo C - Tabelas com resultados dos levantamentos dos sistemas de reparos e tipos de reforços	134

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

3.1.	Fissura por assentamento plástico do concreto impedido pela armadura (JOHNSON)	11
3.2.	Fissura por dessecação superficial em forma de mapa ou pele de crocodilo (CEB)	11
3.3.	Ninhos de concretagem (HELENE)	12
3.4.	Fissura na superfície do concreto devido à deformação da base da fôrma (JOHNSON)	13
3.5.	Fissura causada em laje pela expansão das vigas de apoio (DAL MOLIN)	14
3.6.	Fissuras produzidas por retração hidráulica em muros de arrimo (CÁNOVAS)	15
3.7.	Fissura típica em função do tipo de solicitação (CEB)	17
3.8.	Fissura da laje em balanço por deslocamento da armadura da posição correta (DAL MOLIN)	23
3.9.	Fissura em laje -bordo superior- devido à momento volvente	23
3.10.	Corrosão em fissuras transversais e longitudinais (ANDRADE)	24
3.11.	Classificação dos materiais para reparo quanto à família química (ANDRADE e SELINGER)	28
3.12.	Classificação das técnicas de reforço das estruturas de concreto armado	29
3.13.	Classificação das técnicas de reforço das fundações	36

CAPÍTULO 5

5.1.	Principais manifestações patológicas em obras convencionais na Amazônia	56
5.2.	Principais manifestações patológicas em edificações residenciais	57
5.3.	Principais manifestações patológicas em edificações comerciais/serviço	57
5.4.	Principais manifestações patológicas em edificações de instituições públicas	58
5.5.	Principais manifestações patológicas em obras especiais na Amazônia	60
5.6.	Principais manifestações patológicas em edificações industriais	60
5.7.	Principais manifestações patológicas em pontes, viadutos e trapiches	61
5.8.	Principais manifestações patológicas em edificações esportivas	61
5.9.	Principais manifestações patológicas em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	63
5.10.	Principais manifestações patológicas no grupo arrimos	64
5.11.	Principais manifestações patológicas no grupo demais obras	64
5.12.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras convencionais	65
5.13.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras especiais	66
5.14.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações residenciais	66
5.15.	Planta esquemática, nível cintamento, de um edifício residencial com 12 pavimentos	69

5.16.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações comerciais/serviço	70
5.17.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações de instituições públicas	71
5.18.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações industriais	72
5.19.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em pontes, viadutos e trapiches	73
5.20.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	74
5.21.	Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações esportivas	74

CAPÍTULO 6

6.1.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações residenciais	76
6.2.	Distribuição dos sistemas de reparo aplicados em edificações comerciais/serviço	77
6.3.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações de instituições públicas	78
6.4.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações industriais	79
6.5.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações esportivas	80
6.6.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em pontes, viadutos e trapiches	82
6.7.	Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	84
6.8.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações residenciais	86
6.9.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações comerciais/serviço	88
6.10.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações de instituições públicas	90
6.11.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações industriais	89
6.12.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações esportivas	91
6.13.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em pontes, viadutos e trapiches	93
6.14.	Distribuição dos tipos de reforços aplicados em reservatórios elevados, cisternas e piscinas	95
6.15.	Distribuição dos tipos de reforço de fundação aplicados em edificações residenciais	96
6.16.	Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações comerciais/serviço	97
6.17.	Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações de instituições públicas	98
6.18.	Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações esportivas	98
6.19.	Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em pontes, viadutos e trapiches	99

CAPÍTULO 7

7.1.	Distribuição das intervenções nas estruturas em função da idade das obras na época do evento	102
------	--	-----

7.2.	Distribuição dos recursos aplicados nas estruturas em função da idade das obras	103
7.3.	Custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo de obra, frente á época das intervenções	106

CAPÍTULO 8

8.1.	Distribuição dos percentuais de recuperação estrutural. em função do tipo de obra, no Brasil e na Amazônia	107
8.2.	Distribuição dos tipos de soluções adotadas para recuperação estrutural , no Brasil e na Amazônia	109
8.3.	Distribuição percentual das ocorrências, em função da época do evento, na Amazônia e na Espanha	110

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

2.1.	Proposta de periodicidade, em anos, para realização de inspeções de rotina e extensiva (FIP)	7
2.2.	Proposta de periodicidade para realização de inspeção de rotina e detalhada (BÁRCENA DIAZ)	8
2.3	Proposta de periodicidade para realização de inspeções de rotina (MORENO et al.)	8

CAPÍTULO 3

3.1	Fissuras por assentamento plástico e por dessecação superficial	11
3.2	Ninhos de concretagem e segregação do concreto	12
3.3	Fissuras por movimentação das fôrmas e alteração da geometria do elemento estrutural	13
3.4	Fissuras por movimentação térmica interna e por movimentação térmica externa	14
3.5	Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica e fissuras coincidentes à direção de eletrodutos	15
3.6	Fissura por reações expansivas devidas à sulfatos e álcalis-agregados	16
3.7	Fissuras por posicionamento incorreto da armadura, por transmissão inadequada de esforços e por deficiência no dimensionamento; e fissuras por redução da capacidade portante	17
3.8	Lixiviação e eflorescências	18
3.9	Infiltração e manchas superficiais	19
3.10	Desagregação do concreto e lascamento do concreto	20
3.11	Bolor, alteração do acabamento superficial e aspecto estético deficiente	21
3.12	Fissuras por recalques diferenciais e por sobrecargas e deformação do concreto	22
3.13	Detalhes construtivos e fissuras de momento volvente	23
3.14	corrosão de armaduras	24
3.15(a)	Classificação dos produtos para reparo ou proteção das estruturas em função de sua categoria (PAILLERE e EL JAIZARI)	26
3.15(b)	Classificação dos produtos para reparo ou proteção das estruturas em função de sua categoria (PAILLERE e EL JAIZARI)	27
3.16	Principais propriedades dos materiais de reparo segundo à família química (ANDRADE)	28
3.17	Reforço mediante emprego de perfis metálicos ou chapas coladas	30
3.18	Reforço mediante emprego de protensão ou concreto protendido	31
3.19	Reforço mediante emprego de concreto armado convencional	32
3.20	Reforço mediante emprego de concreto projetado	33
3.21	Reforço mediante emprego de graute	34
3.22	Reforço mediante emprego de argamassa com adição de microssilica	35

CAPÍTULO 4

4.1.	Classificação quanto ao uso da edificação	39
4.2.	Classificação quanto ao número de pavimentos	39
4.3.	Resumo das obras vistoriadas	40
4.4.	Entorno das obras vistoriadas	41
4.5.	Distribuição das origens, por estado, das manifestações patológicas constatadas	47
4.6.	Origem das manifestações patológicas em diversos países (CARMONA FILHO & MAREGA e BUENO)	48
4.7.	Distribuição das origens, por tipo de obra, das manifestações patológicas na Amazônia	49

CAPÍTULO 7

7.1.	Distribuição dos recursos aplicados, em dólares, na recuperação estrutural das obras na Amazônia, função do tipo de obra vistoriada	101
7.2.	Custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo de obra	104
7.3.	Distribuição do custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo e idade da obra, frente á época das intervenções	106

LISTA DE FOTOGRAFIAS

CAPÍTULO 3

3.1.	Fissura por assentamento plástico do concreto em topo de pilar (Denise C.C. Dal Molin)	11
3.2.	Fissura por dessecação superficial em laje (Paulo R. L. Helene)	11
3.3.	Vazio na massa do concreto, ligação pilar/viga (Denise C.C. Dal Molin)	12
3.4.	Concreto segregado em topo de pilar (Denise C.C. Dal Molin)	12
3.5.	Pilar deslocado em relação ao eixo das vigas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	13
3.6.	Deformação e fissuração da laje devidas à movimentação das fôrmas (Denise C.C. Dal Molin)	13
3.7.	Fissura em marquise causada por movimentação térmica (Denise C.C. Dal Molin)	14
3.8.	Fissura em viga devidas à retração hidráulica e movimentação térmica (Denise C.C. Dal Molin)	15
3.9.	Fissura em laje coincidente à direção de eletrodutos (Denise C.C. Dal Molin)	15
3.10.	Concreto sob ação de reações expansivas devidas a sulfatos (Luís Carlos Pinto da Silva Filho)	16
3.11.	Transmissão inadequada de esforços em pilar por deficiência de projeto (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	17
3.12.	Fissura em laje -reservatório- por redução da seção de concreto na execução (João Luiz Campagnolo)	17
3.13.	Lixiviação no fundo de calha (Paulo M. S. Aranha)	18
3.14.	Eflorescência em laje de cobertura (Paulo M. S. Aranha)	18
3.15.	Infiltração em laje -torre de transmissão (Denise C.C. Dal Molin)	19
3.16.	Manchas superficiais em placas pré-moldadas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	19
3.17.	Desagregação do concreto da laje de uma cisterna (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	20
3.18.	Lascamento do concreto devido à corrosão de armadura (Denise C.C. Dal Molin)	20
3.19.	Bolor (fungos) na superfície do concreto (Denise C.C. Dal Molin)	21
3.20.	Alteração do acabamento superficial por deficiência das fôrmas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	21
3.2.1	Edifício com danos devidos a recalque diferencial (Denise Antunes da Silva)	22
3.22.	Alvenaria fissurada devido à deformação excessiva da viga de sustentação da mesma (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	22
3.23.	Fissuras em cintas devido a não previsão de passagem de tubulações (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	23
3.24.	Corrosão de armaduras em lajes e vigas de um reservatório (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	24
3.25.	Aplicação do primer na superfície do concreto (Paulo R. L. Helene)	26
3.26.	Acabamento de reparo superficial (Paulo R. L. Helene)	26
3.27.	Reparo estrutural em pé de pilar (Denise C.C. Dal Molin)	27
3.28.	Aplicação de resina epóxi -ponte de aderência (João Luiz Campagnolo)	27
3.29.	Injeção de calda expansiva de cimento (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	27

3.30.	Fixação armadura de reforço com resina epóxi (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	27
3.31.	Aplicação de primer rico em zinco, sobre as armaduras (Paulo R. L. Helene)	27
3.32.	Reforço de laje mediante o emprego de chapas coladas (João Luiz Campagnolo)	30
3.33.	Detalhe da ancoragem na fase de armação, notando-se a superfície do concreto velho corretamente apicoada (CÁNOVAS ³³)	31
3.34.	Reforço de laje com concreto convencional (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	32
3.35.	Aplicação de concreto projetado para reforço de pilar (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	33
3.36.	Apicoamento para aplicação de encamisamento com concreto à base de graute (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	34
3.37.	Reforço experimental de viga através da aplicação de argamassa com adição de microssilica (Denise C. C. Dal Molin)	35
3.38.	Reforço de fundação através da incorporação de estaca mega metálica (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	37
CAPÍTULO 5		
5.1.	Aspecto da armadura longitudinal de um pilar na presença de corrosão de armadura generalizada e perda da seção de concreto por lascamento	54
5.2.	Corrosão das armaduras, esperas "caneladas" e com cobrimento em desacordo ao projeto estrutural	55
5.3.	Armadura exposta em uma viga devido à segregação do concreto e à ocorrência de ninhos de concretagem	55
5.4.	Vista do elemento de composição arquitetônica com concreto segregado, ninhos de concretagem e armaduras em processo de corrosão	59
5.5.	Vista geral do estádio de futebol com deficiente estado de manutenção	61
5.6.	Detalhe do tirante e viga protendidos da laje de cobertura (vão de 42 metros de balanço), pode-se observar cobrimentos insuficientes das armaduras, infiltrações, fungos, falta de manutenção das juntas de dilatação e corrosão das armaduras	62
5.7.	Ocorrência de fissuras mecânicas em reservatório superior provocadas, possivelmente, pelo emprego de seções de aço inferiores às necessárias para absorção das solicitações	63
5.8.	Rampa para atracação de balsas destruída por impactos sucessivos	64
5.9.	Aspecto de um pilarete e cintamento constituídos de concreto de baixa resistência, presença de segregações, ninhos de concretagem e armadura flambada	67
5.10.	Corrosão de armaduras em pilares de um trapiche na zona de transmissão das marés	72
5.11.	Segregação e ninho de concretagem na ligação pilar/viga de um trapiche	73
CAPÍTULO 6		
6.1.	Projeção de argamassa a ar comprimido -processo via úmida- em pilar	76
6.2.	Sistema de cura com emprego de saco de sarrapilha	80

6.3.	Aspecto de um pilar e vigas de um trapiche na presença de corrosão das armaduras com lascamento dos cantos do concreto do pilar devido às elevadas tensões geradas pelo processo corrosivo	82
6.4.	Aspecto da laje de um trapiche apresentando deformação excessiva	83
6.5.	Vista geral de um reservatório elevado durante operação de projeção de argamassa expansiva, para reposição da proteção física e química das armaduras	85
6.6.	Vista de bloco e pilarete de fundação deslocados em relação ao eixo do cintamento. Para repor as condições de projeto procedeu-se o encamisamento do pilarete com concreto convencional	87
6.7.	Adequação estrutural das arquibancadas de um estádio de futebol através da incorporação de vigas caixão metálicas, fixadas à estrutura de concreto -vigas e pilares- por meio de parafuso com luva expansora	92
6.8.	Vista do pilar de uma ponte situada em ambiente salino. Pode-se observar destacamento do cobrimento das armaduras devido ao elevado nível de corrosão localizada	94

⇒ Fonte das fotos dos capítulos 5 e 6 = Paulo Barroso Engenharia Ltda

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Paulo Márcio da Silva Aranha

RESUMO

A cada ano, o número de estruturas de concreto armado relativamente novas, 8 a 10 anos, e de obras de arte que necessitam intervenções por deixarem de apresentar desempenho satisfatório é um fato presente, que desafia de forma urgente todo o meio técnico-científico mundial.

Infelizmente, no Brasil, embora já se possa contar com um pequeno número de levantamentos de casos patológicos registrados, só se tem notícia de um trabalho de levantamento quanto às técnicas empregadas para a recuperação e o custo das intervenções. Na Amazônia a situação é bem mais complexa; não se tem notícia de qualquer levantamento que possa direcionar a que etapa do processo construtivo deve-se atribuir a origem dos problemas e os custos de recuperação, dentre outros aspectos.

Neste trabalho, são apresentados os resultados de um levantamento de 348 casos patológicos em estruturas de concreto armado (convencionais e especiais) ocorridos no período de 1976 a 1993, na Amazônia. Para cada tipo de degradação típica na estrutura identificou-se, de forma geral, as possíveis causas e origens, os fenômenos intervenientes e seus mecanismos de ocorrência. O levantamento também compreende os sistemas de reparos e tipos de reforços aplicados na infra e super estrutura das obras. As principais análises desenvolvidas estão relacionadas ao tipo de obra, ao número de pavimentos e ao elemento estrutural afetado.

Desenvolve-se, ainda, uma análise dos recursos aplicados para reparação e/ou reforço de 293 obras pertencentes ao mesmo banco de dados, obtendo-se, dentre outros, dados a respeito do custo médio por metro quadrado aplicado à recuperação das estruturas, na Região, em função do tipo de obra e da data de realização das intervenções.

Como principais constatações, pode-se verificar que a corrosão de armaduras é o dano mais freqüente; o recordista em número de ocorrência de patologias é o grupo de obras pertencente ao poder público (federal, estadual e municipal); nas etapas de projeto e de execução tiveram origem quase 70.00% dos processos de deterioração das estruturas; a grande maioria das intervenções (57.44%) foram realizadas em obras com idade inferior a 10 anos e, até os 20 primeiros anos (idade das obras), foram gastos mais de 70.00% do total dos recursos aplicados (293 casos) na recuperação das estruturas de concreto da Amazônia.

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF PATOLOGICAL CONCRETE STRUCTURES DEFECTS IN THE AMAZON REGION

Paulo Márcio da Silva Aranha

ABSTRACT

Every year, the number of building and civil engineering reinforced concrete structures, from eight to ten years old, which need repair is very high. This fact represents a challenge for the international technical and scientific community.

Unfortunately, despite a small number of surveys on concrete structure defects has been done in Brazil, only one study was carried out on repair techniques and costs. In the Amazon Region, the availability of information is even scarcer: there is no study in the literature concerned with the causes of defects and the cost of repair in the region.

In this study, the results of a survey on 348 cases of concrete structure defects, which occurred between 1976 and 1993 in the Amazon Region, are presented. For each kind of defects, the possible causes and origins, the intervenient factors and the mechanisms of decay are discussed. The survey also includes the description of repair and reinforce techniques, applied to foundation and concrete structures. A number of comparisons were carried out, related to the kind of building, number of floors and structural elements affected.

An analysis on the resources used for repairing and reinforcing 293 buildings and civil engineering structures from the same database was carried out. Among other conclusions, it was possible to estimate the average cost of concrete structure repair per square meter according to the kind of building and the date of performing the repair.

The main conclusions of the study were: reinforcement corrosion is the most frequent cause of defect; there is a higher incidence of defects in public buildings (federal, state or local government) than in private ones; more than 70% of the cases were related to the design and production stages; most repairs (57.44%) were carried out in structures with less than 10 years old; and more than 70% of the total cost for repairing the cases surveyed was spent in structures less than twenty years old.

1. INTRODUÇÃO

"As estruturas, como os homens, são concebidas, nascem e vivem cumprindo a missão para a qual foram projetadas, algumas vezes morrem em velhice, muitas morrem assassinadas pelo progresso que as substitui por estruturas mais de acordo com as necessidades atuais; e algumas delas até adoecem. Tratadas em tempo as doenças, são elas recuperadas; outras vezes, quando não tratadas convenientemente, as estruturas vem a perecer dessa mesma doença" (sci !)(PETRUCCI 105)

Nos últimos anos, o número de estruturas extremamente danificadas, ou mesmo em ruínas devido a problemas patológicos, é tão elevado e envolve montantes tão significativos, que se criou um ramo da engenharia, chamado **Patologia das Construções**, para tratar exclusivamente da investigação das causas dos danos. Segundo PETRUCCI¹⁰⁵ esta denominação deve ser creditada à Henry Lossieur. CÂNOVAS relata em sua obra "Patologia y Terapeutica del Hormigon Armado"³³ que os problemas nas estruturas são fenômenos tão velhos quanto os edifícios. O primeiro tratado sobre patologia das construções, o código de Hamurabi, há quatro mil anos já assinalava cinco regras para prevenir os defeitos nos edifícios.

Ao longo da história da humanidade, inúmeros são os casos registrados de acidentes ocorridos. Em 1856, Robert Stevenson³³, presidente do Instituto Britânico de Engenharia, recomendava que os acidentes ocorridos deveriam ser recompilados, analisados e divulgados como forma de evitar a repetição dos equívocos cometidos. Em 1918, a "American Railway Engineering Association"³³ publicava a recompilação de 25 acidentes e apresentava uma classificação quanto às origens dos danos.

Recentemente, importantes pesquisadores e instituições a nível mundial^{27,38,40,53,76} têm desenvolvido grande esforço na execução de levantamentos de patologias em vários tipos de edificações, pois a catalogação e a análise das ocorrências consistem em um ponto de partida para qualquer investigação nesta área. Ioshimoto, apud DAL MOLIN⁵³ apresenta que o estudo sistemático dos problemas a partir de suas manifestações características permite um conhecimento mais aprofundado de suas causas, subsidia com informações os trabalhos de reparação e manutenção das estruturas, além de poder contribuir para o entendimento do processo de produção, de modo a minimizar a incidência total de problemas.

Infelizmente, no Brasil, embora já se possa contar com um pequeno número de levantamentos de casos patológicos registrados -Rio Grande do Sul (NORIE/CNPq¹⁰⁷, CREMONINI⁵¹, DAL MOLIN⁵³ e SILVA¹¹⁵), São Paulo (IPT⁷⁶, MAGALHÃES⁹¹ e CARMONA e MAREGA³⁸), Vitória (SILVA, TRISTÃO e MACHADO¹¹⁶) e Santa Catarina (SANTANA¹¹¹)-, só se tem notícia de um trabalho de levantamento quanto às técnicas empregadas para a recuperação e o custo das intervenções (CARMONA e MAREGA³⁸). Na Amazônia a situação é bem mais complexa; não se tem notícia de qualquer levantamento que possa direcionar a que etapa do processo construtivo deve-se atribuir a origem dos problemas e os custos de recuperação, dentre outros aspectos.

A cada ano o crescente número de estruturas relativamente novas, 8 a 10 anos, e de obras de arte que necessitam intervenções por deixarem de apresentar desempenho satisfatório é um fato presente, que desafia de forma urgente todo o meio técnico-científico mundial.

Metha, em seu trabalho "Durability of Concrete - Fifty Years of Progress?"⁹⁵, apresenta que nos Estados Unidos 253.000 pontes e viadutos encontram-se em vários estágios de deterioração, sendo acrescidas, a cada ano, 35.000 novas estruturas danificadas. O custo para recuperação destas estruturas está orçado em US\$ 200 bilhões, quantia comparável à dívida externa brasileira.

Avaliações feitas por organizações e comitês de vários países estimam que sejam gastos entre 1.25% a 3.50% do Produto Nacional Bruto (PNB)^{66,79,88} na recuperação dos danos causados apenas pela corrosão das armaduras em países em vias de desenvolvimento ou desenvolvidos. No Brasil, o único dado que se tem notícia foi apresentado por CARMONA e MAREGA, em seu trabalho "Retrospectiva da Patologia no Brasil - Estudo Estatístico"³⁸, que indicou a cifra de US\$ 28 milhões aplicados em obras de reparação e reforço estrutural no ano de 1987.

FIGUEIREDO⁶⁶ estima que o custo das perdas causadas pela corrosão, no Brasil, seja da ordem de 1.8 bilhões de dólares anuais para reabilitação das obras. Afirma, ainda, que as cifras apresentadas podem ser consideradas conservadoras devido à não consideração, em geral, dos custos indiretos como demolições, perdas, qualidade de produção e seguro social, dentre outros custos.

Apesar de, atualmente, já existir um número significativo de estruturas de concreto armado e protendido recuperadas -reparadas ou reforçadas-, ainda não se dispõe de regulamentação específica ou métodos normalizados para reparação^{66 *}, e como as incertezas quanto à evolução da degradação por agentes agressivos é fato ainda presente, a responsabilidade dos trabalhos de recuperação das estruturas fica condicionada à experiência dos técnicos quer a nível de projeto, quer a nível de execução.

A deficiência de muitas normas de construção e também da maioria dos técnicos é considerar somente as etapas de projeto, de execução e dos materiais como próprias do âmbito técnico. MESEGUER⁹³ afirma textualmente que se observarmos o número de publicações técnicas, de instruções e de normas não restará qualquer dúvida de que é assim, existindo muito pouca literatura técnica que aborde os aspectos técnicos relacionados à manutenção e à utilização das edificações.

CÁNOVAS³³ observa, porém, que na Espanha, em obras onde o controle de qualidade esteve presente de forma apurada e eficiente, tem sido possível observar a redução ou até mesmo inexistência de patologias.

* Segundo SCHIESSL⁶⁶ (1992), somente a Austrália possui Norma Oficial para realização de Reparos. O Comitê Técnico TC 104/WG8 (1988), do Comitê Europeu de Normalização (CEN), foi criado com o objetivo de elaborar normas ou documentos para harmonização na área de proteção e reparos de estruturas de concreto.

No Brasil^{55,74,86,109} dois centros desenvolvem projeto de pesquisa na busca de materiais que protejam as armaduras contra a corrosão. A Escola Politécnica de São Paulo -EPUSP, onde dois grupos estudam mecanismos de barreira e proteção galvânica das armaduras e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/Norie, onde KULAKOWSKI e DAL MOLIN estudam uma argamassa de reparo, com adição de microssilica, para reparo de estruturas de concreto armado corroídas, através do estabelecimento ou reposição de barreira física e química.

A importância do estudo das patologias está, em primeiro lugar, na necessidade de divulgação das manifestações patológicas que, apesar de todos os estudos realizados, não são devidamente conhecidas; em segundo lugar, no fato de serem fenômenos evolutivos -quanto antes detectadas menor o custo para a reparação das peças danificadas¹²¹⁻ e, por fim, porque o estudo das patologias pode fornecer subsídios para prevenção - através de controle de qualidade mais apurado-, subsidiar a revisão das normas, condicionar novos métodos construtivos e subsidiar as correções de forma a otimizar os custos da reparação⁵³.

O objetivo principal deste trabalho é auxiliar na prevenção e identificação das morbidades das estruturas de concreto armado através da sistematização de informações que vão desde os prováveis procedimentos inadequados estabelecidos nas diversas fases do processo construtivo até as conseqüências (danos) geradas nas edificações. Este trabalho tem também o objetivo de alertar os técnicos quanto à ocorrência dos processos mórbidos nas estruturas através de um levantamento de casos ocorridos na Amazônia*, visando identificar as causas mais comuns de problemas, e as possibilidades de reparação e/ou a necessidade de reforço das estruturas.

Desse modo, o trabalho em questão está subdividido da seguinte forma:

No Capítulo 2, são apresentados os aspectos gerais sobre Patologia e Terapia das estruturas de concreto.

No Capítulo 3, são descritos os principais tipos de manifestações patológicas e as técnicas empregadas para a reparação e/ou reforço das estruturas.

No Capítulo 4, é apresentado o levantamento e feita a caracterização do banco de dados das manifestações patológicas e dos sistemas de reparo e reforço das estruturas de concreto na Região Amazônica.

Nos Capítulos 5 e 6, são apresentados os resultados obtidos no levantamento quanto às manifestações patológicas, os sistemas de reparo, reforços de estrutura e fundação aplicados em obras de concreto armado na Região Amazônica.

No Capítulo 7, são apresentados e discutidos os custos das intervenções realizadas nas estruturas de concreto na Região Amazônica.

Finalmente, no último capítulo, apresenta-se as considerações finais e conclusões do trabalho, sugerindo-se algumas possibilidades para desenvolvimento de novos trabalhos na área.

* Região Amazônica - sempre referente à Amazônia Legal que compreende os estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), da Região Nordeste (parte do Estado do Maranhão) e Região Centro Oeste (parte do Estado do Mato Grosso).

2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1. PATOLOGIA E TERAPIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Na atualidade distingui-se claramente duas ciências preocupadas em prevenir e solucionar os danos nas edificações. A primeira denominada *Patologia das Construções* "a ciência que estuda as origens, as causas, mecanismos de ocorrências, manifestações e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes deixam de apresentar um desempenho mínimo estabelecido"⁵³. A segunda *Terapia das Construções* "a ciência que trata da correção dos problemas apresentados na construção"⁵².

HELENE⁷² apresenta uma definição mais detalhada e oportuna para *Patologia e Terapia* das construções. "Patologia pode ser entendida como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema"; enquanto que "Terapia estuda a correção e a solução desses problemas patológicos".

2.2. DESEMPENHO

O conceito de *Desempenho*, em seu sentido mais amplo, significa comportamento em uso, ou seja, o produto deve apresentar certas propriedades que o capacita a cumprir sua função quando sujeito a certas ações. No caso de se referir ao desempenho de uma edificação, inicialmente deve-se definir muito bem as necessidades ou as exigências dos usuários. As condições normais de utilização envolvem diversos fatores -atmosféricos, biológicos, de carga e de utilização- os quais encontram-se descritos na ASTM E 632⁵.

2.3. DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS

Segundo a ASTM E 632⁵, *Durabilidade* é a capacidade de manter em serviço um produto, componente, montagem ou construção durante um determinado período de tempo especificado.

GASPAR, apud FIGUEIREDO⁶⁶, apresenta uma definição específica de durabilidade para as estruturas de concreto como sendo a capacidade de manter em serviço e em condições de segurança uma estrutura, durante um tempo especificado, ou tempo de vida útil, em um determinado meio ambiente e/ou seu entorno, mesmo que este seja desfavorável ao concreto da estrutura. Portanto, a durabilidade das estruturas de concreto está diretamente relacionada à qualidade do concreto e à capacidade de interagir com o meio ambiente exterior²⁹.*

A quantificação da durabilidade, segundo CIB/RILEM⁵⁰, pode ser feita através da função *Desempenho x Tempo*, que é a representação da variação das condições do componente ao longo do tempo sob ação do meio ambiente, ou seja, da medida de sua vida útil. Os mecanismos que podem levar à diminuição da

* A norma ASTM E 632/78 - Standard recommend practice for developing short-term accelerated test for prediction of the service life building components and materials - apresenta os diversos fatores exteriores que constituem as condições de exposição a que podem estar submetidas as estruturas das edificações.

durabilidade do concreto são vários e altamente complexos. Segundo o CEB⁴⁷ os processos de deterioração do concreto estão relacionados ao tipo de ataque a que está submetida a estrutura, podendo ser classificados, em geral, em processos físicos e processos químicos.*

2.4. VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS

A *Vida útil*, de acordo com as definições do CIB/RILEM⁵⁰ e da ASTM E 632⁵, é o período de tempo após a instalação de um material ou componente da edificação, durante o qual todas as propriedades excedem a um valor mínimo aceitável, tendo sofrido manutenção rotineira.

O Código Modelo MC-90 do CEB-FIP⁴⁸ estabelece que "as estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e operadas de forma tal que, sob as condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e a aparência aceitável durante um período de tempo, implícito ou explícito, sem requerer altos custos imprevistos para manutenção e reparo". Ainda segundo o MC-90, o período de vida útil das estruturas deve atingir um período mínimo de 50 anos desde que as estruturas sejam projetadas, executadas e mantidas conforme os requisitos preconizados no código. No caso das estruturas especiais pode-se requerer um período de vida útil mais longo, por exemplo, de 100 anos, ou mais curta, 25 anos ou menos, em função do tipo da importância da edificação ou do tipo de exposição a que está submetida a estrutura.

Senthler, apud FIGUEIREDO⁶⁶, diz que o tempo de vida útil de uma estrutura de concreto dependerá das considerações estabelecidas na etapa de projeto, dos prováveis problemas de durabilidade e dos critérios de desempenho observados durante a etapa de execução. SENTHLER adverte, porém, que se um longo período de vida útil é desejado, deve ser estabelecido plano de manutenção preventiva periódica, o qual deve ser precedido de inspeções de rotina.

Com relação aos efeitos da corrosão das armaduras, segundo ANDRADE⁷, BAUER²³, FIGUEIREDO⁶⁶ e HELENE⁷⁴, o modelo atualmente mais utilizado para estimar o período de vida útil das estruturas de concreto é o modelo de TUUTI -apresentado em 1982-, segundo o qual divide-se a vida útil da armadura em dois períodos distintos -período de iniciação e período de propagação da corrosão-.

O período de iniciação compreende a etapa na qual a armadura no interior do concreto permanece passiva, ainda que no concreto estejam ocorrendo trocas físicas e químicas induzidas pelo seu entorno, trocas estas que podem acabar despassivando a armadura. O período de propagação inicia-se no momento em que os agentes agressivos, em contato com a armadura, induzem a sua despassivação e começa a propagação da corrosão até um estado limite no qual a integridade estrutural ou funcional da estrutura deixa de ser aceitável.**

* O Bulletin D'information N^o 148 apresenta classificação dos processos de deterioração do concreto em função do tipo de ataque a que se encontra exposta a estrutura.

** ANDRADE (1993) propõe ao CEN -Comitê Europeu de Normalização- a delimitação do período de propagação, tendo sugerido o limite de 5% da perda da seção da armadura e/ou quando do surgimento de fissuras adjacentes à armadura for superior a 0.3 mm, desde que se trate de estruturas de concreto armado não protegidas e que a corrosão tenha ocorrido devido à carbonatação do concreto.

2.5. DIAGNÓSTICO

O *Diagnóstico*¹¹⁰ consiste na análise do estado atual da estrutura, a partir de uma inspeção prévia, com levantamento de dados e estudo dos mesmos. Em geral, inclui o estudo da capacidade residual da estrutura bem como a verificação da necessidade de proceder-se intervenção e a identificação do grau de urgência. A existência de danos implica na necessidade de identificar a natureza, o alcance, a origem e a causa mais provável do mesmo.

2.6. MANUTENÇÃO

A *Manutenção* de estruturas de concreto pode ser entendida como o conjunto de ações de reduzido alcance, como forma de prevenir ou identificar o surgimento de danos (*Manutenção preventiva*) e, quando a estrutura apresentar perda significativa, como forma de se evitar o comprometimento da segurança da estrutura (*Manutenção corretiva*).

SEELEY, apud CLÍMACO e NEPOMUCENO⁴⁴, aponta que as atividades de manutenção das edificações, até recentemente, têm sido negligenciadas, embora o custo de implantação dos edifícios representem investimentos elevados. Na Inglaterra, mais de um terço dos recursos da indústria da construção civil são direcionados à manutenção; contudo, ainda são insatisfatórias as condições de conservação dos edifícios. Possivelmente um dos fatores que mais contribui para a configuração desse quadro seja a insuficiência de disposições normativas específicas, frente à problemática de manutenção. CLÍMACO e NEPOMUCENO⁴⁴, relatam que grande parte das publicações -CEB, EUROCODE- abordam a durabilidade das estruturas com mais ênfase às disposições relativas ao projeto e à execução das obras, não estabelecendo critérios objetivos quanto à manutenção.

A Federação Internacional de Protensão⁶¹, tabela 2.1, apresenta uma metodologia para estabelecimento de intervalos de inspeção e manutenção em função da classe da estrutura, condição ambiental de exposição e de carregamento da estrutura. Propõe que as estruturas sejam classificadas da seguinte forma:

- a) Classe 1 - estruturas em que a ocorrência de ruptura possa ter conseqüências catastróficas e/ou quando a funcionalidade da estrutura é de vital importância à comunidade.
- b) Classe 2 - estruturas em que a ocorrência de ruptura possa gerar perda de vidas e/ou quando a funcionalidade da estrutura é de considerável importância.
- c) Classe 3 - estruturas onde é improvável que a ocorrência de uma ruptura possa causar perda de vidas e/ou quando é possível realizar intervenções na estrutura, para execução de recuperação, sem grandes perdas à comunidade.

A FIP⁶¹ * estabelece, ainda, em função do tipo de ambiente em que se encontra a estrutura e tipo de solicitação, a seguinte classificação das condições de exposição:

a) Muito Severa - quando a estrutura está localizada em ambiente agressivo, submetida a carregamento cíclico e existe possibilidade de fadiga.

b) Severa - quando a estrutura está localizada em ambiente agressivo, submetida a carregamento estático, ou quando o tipo de ambiente é normal, com carregamento cíclico e existe possibilidade de fadiga.

c) Normal - quando a estrutura está localizada em ambiente normal -"não agressivo"- e submetida a carregamento estático.

Tabela 2.1 - Proposta de periodicidade, em anos, para realização de inspeções de rotina e extensiva (FIP⁶¹, 1988)

Condições ambientais de exposição e de carregamento da estrutura	Classes de estruturas					
	1		2		3	
	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva
Muito severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	
Normal	10*	10	10*		**	**

* Intercalada entre inspeções extensivas

** apenas inspeções superficiais

Para determinar o período mais adequado para realização da manutenção da estrutura, segundo BÁRCENA DIAZ⁵⁸, deve-se proceder a realização de inspeções de rotina e detalhada. As **Inspeções de Rotina** devem ser realizadas periodicamente em todos os tipos de estruturas de concreto, por técnicos que se dedicam à manutenção em geral, não sendo necessária a presença de especialista em patologia do concreto. As **Inspeções Detalhadas** devem ser realizadas sempre que na inspeção de rotina for identificada alguma patologia singular, quando for observado algum tipo de deterioração ou ainda, a estrutura estiver submetida à ação de cargas imprevistas. Este tipo de investigação requer uma organização e um planejamento adequado, deve ser realizada por pessoal qualificado -especialista em patologia do concreto- e contar com apoio de laboratório idôneo para realização de ensaios.

BÁRCENA DIAZ⁵⁸ sugere -tabela 2.2- que a periodicidade da realização de inspeções de rotina e detalhada, nas estruturas de concreto, seja estabelecida em função do uso a que se destinam e tipo de exposição.

* Segundo FIP pode-se classificar os tipos de inspeções nas estruturas em:

- Rotineira: aquelas que são realizadas em intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas em conjunto pelos técnicos responsáveis pelos projetos e pela manutenção.

- Extensiva: aquelas que são realizadas em intervalos regulares, alternadas com as inspeções de rotina. Consistem da investigação minuciosa dos elementos e das características dos materiais componentes da estrutura.

- Especial: como o próprio nome sugere, são aquelas realizadas, excepcionalmente, quando indicadas por inspeções de rotina ou extensiva, ou face à ocorrência de acidentes que comprometam a segurança da estrutura, ou sua funcionalidade.

Nas estruturas onde existe a possibilidade de deterioração acelerada o controle da estrutura pode ser aumentado através da diminuição dos períodos de realização das inspeções.

Tabela 2.2 - Proposta de periodicidade para realização de inspeções de rotina e detalhada (BÁRCENA DIAZ, 1992)

Tipo de Uso	Inspeção de Rotina	Inspeção Detalhada
• Residencial, escritórios, escolas ...	Bianual	10 anos
• Estádios, quadras polivalentes, piscinas, estacionamentos	Anual	5 anos
• Estruturas industriais em ambientes pouco agressivos	1 a 2 anos	10 anos
• Pontes rodoviárias e ferroviárias importantes (dimensão ou localização)	Anual	5 anos
• Pontes secundárias	Bianual	10 anos

MORENO, SESEÑA, VELASCO et al⁹⁷ questionam a falta de manutenção dos edifícios de forma mais ampla e detalhada e propõem o estabelecimento de planos de manutenção em todas as partes e componentes da edificação. Especificamente para as estruturas de concreto armado -tabela 2.3-, apresentam proposta de monitoramento através da verificação das deformações, amplitude das fissuras e resistência do concreto. Cabe salientar que a proposta contempla apenas as edificações convencionais, e para obras com estruturas especiais, como no caso das indústrias, sugere que os planos de manutenção sejam elaborados conjuntamente com os técnicos envolvidos diretamente no processo produtivo e os profissionais envolvidos em atividades de manutenção em geral.

Tabela 2.3 - Proposta de periodicidade para realização de inspeções de rotina (MORENO, SESEÑA, VELASCO et al)

Período	Cada três anos	Cada cinco anos	cada dez anos
Flechas		• Verificar se as deformações estão dentro dos limites estabelecidos em projeto	
Fissuras	• detectar e estudar a causa		
Resistência			• Analisar a evolução através de ensaio esclerométrico

RAFAEL ARIOLA, "contador del colegio Oficial de Aparejados y Arquitectos Técnicos de Madrid", apresenta no prólogo da obra "Mantenimientos de los Edificios"⁹⁷ que, em geral, aceita-se sem resistência a necessidade de um automóvel ou um eletrodoméstico ser submetido a sucessivas etapas de manutenção como forma de garantir ou estender-se a vida útil desses bens, e infelizmente ainda verifica-se forte resistência na adoção da mesma conduta em nossas edificações. Possivelmente a causa que mais contribui para a configuração desse quadro seja a ausência de "Manual de utilização e manutenção da edificação", onde poderiam ser dispostos, dentre outras informações, as limitações quanto a carregamentos e uma programação de manutenção preventiva, o que certamente contribuiria para a reversão desse quadro.*

* JOHN e CREMONINI⁷⁸ sugerem que o Manual de uso e manutenção deve ser entendido como última etapa do ato projetual e, em linhas gerais, devem compreender recomendações para uso e operação, documentação sobre riscos, planos de inspeção e manutenção, relação de documentos e ficha para registro de mudanças realizadas durante a utilização.

2.7. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

A **Recuperação** compreende todas as ações que visam restituir os níveis de segurança da estrutura, aumentar sua capacidade portante ou devolver à mesma suas condições de uso, frente a todo tipo de agressão, repondo ou ampliando o período de vida útil da estrutura. A recuperação engloba tanto as pequenas ações de intervenções -através de reparos ou reforços localizados- como também reparos ou reforços em toda a estrutura-.

2.8. REPARO ESTRUTURAL

O **Reparo** de uma estrutura de concreto consiste em restituir o nível original de segurança ou funcionalidade da estrutura. As ações para reparo implicam na existência prévia de algum tipo de dano. Possivelmente, a grande diferença existente entre as operações de reparo e as de reforço reside na existência prévia de manifestações patológicas, e mesmo assim não seja necessário a incorporação de novos elementos estruturais ou aumento das seções de aço e/ou concreto.

2.9. REFORÇO ESTRUTURAL

As operações de **Reforço** em uma estrutura consistem no conjunto de ações visando, principalmente, incrementar a capacidade resistente da estrutura acima do nível para o qual foi projetada e/ou executada. O reforço não implica necessariamente na existência de manifestações patológicas, entretanto, pode ser aplicado para a reposição parcial ou global das condições de estabilidade, quando esta foi comprometida por agentes agressivos ou pela ocorrência de danos provocados por ações imprevisíveis ou acidentais.

2.10. SUBSTITUIÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIIS

A **Substituição** compreende a demolição parcial ou total, e a posterior execução de um novo elemento ou de parte de uma estrutura de concreto. Normalmente, este tipo de ação acontece quando o nível de dano, na estrutura, é muito elevado, não sendo mais possível a simples aplicação de um reparo ou mesmo o reforço do elemento.

3.MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS CORREÇÕES

As manifestações patológicas em estruturas de concreto armado podem ter origem em qualquer das etapas do processo construtivo -planejamento/projeto, materiais, execução e utilização-. Como as questões relacionadas ao prazo e aos custos do empreendimento, que em geral condicionam a velocidade de execução, a seleção dos materiais e a mão-de-obra, não são acompanhadas do necessário controle de qualidade dos materiais e serviços, configura-se então um quadro favorável à incidência de patologias de toda ordem.

Os problemas patológicos são, normalmente, provocados pela ação de agentes agressivos, por esforços internos e/ou externos não previstos nos projetos ou por procedimentos equivocados nas etapas de execução e de utilização, aos quais a edificação não é capaz de adaptar-se no momento oportuno. Há de ser considerado ainda que, na maioria dos casos, as edificações não estão sujeitas à atuação de um único agente agressivo mas sim a um conjunto de agentes agressivos, quase sempre constituindo-se um processo evolutivo, ligado a uma série de causas, e não a uma única causa.

Neste capítulo procurou-se agrupar as principais manifestações patológicas quanto às suas origens, os mecanismos característicos de funcionamento das mesmas, as possibilidades de prevenção e algumas alternativas para correção. Cabe salientar ser objetivo desse capítulo fornecer apenas uma noção geral dos danos nas estruturas e, para aprofundamento, recomenda-se a consulta às referências bibliográficas onde podem ser encontrados informações complementares.

3.1. Principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado

As tabelas numeradas de 3.1 a 3.3 apresentam as principais manifestações que podem ocorrer quando o concreto encontra-se no estado fresco e, nas tabelas 3.4 a 3.14, as que ocorrem no concreto no estado endurecido.

Tabela 3.1 - Fissuras por assentamento plástico e por dessecação superficial

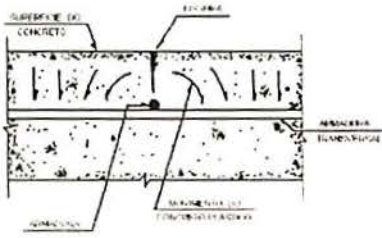
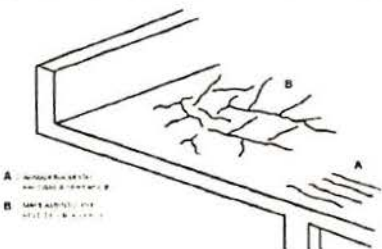
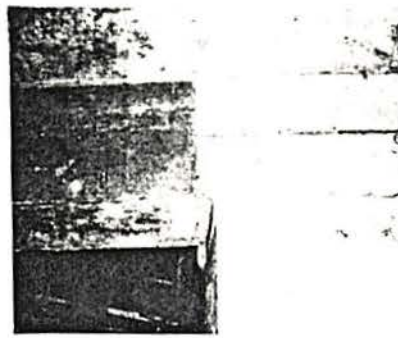
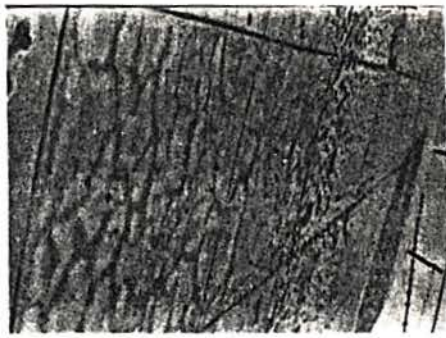
Concreto no Estado Fresco		
Danos	Fissuras por assentamento plástico ^{26,33,35,46,52,72,81,82,90,94,125}	Fissuras por dessecação superficial ^{26,35,46,52,81,82,90,95,125}
Definição	Tendência das partículas sólidas do concreto em movimentarem-se para baixo pela ação da gravidade (sedimentação) e, quando obstruídas pela armadura e/ou pelos agregados de maiores dimensões ou variação de seções poderão, produzir fissuras.	Ocorre pela perda excessiva da água de amassamento do concreto no estado fresco, seja por evaporação, por absorção dos agregados ou por absorção das fôrmas.
Aspectos gerais	Segundo o CEB ocorrem de dez minutos a três horas após o lançamento do concreto. Após o endurecimento do concreto são fissuras estáveis.	Segundo o CEB a abertura superficial típica é de 2-3 mm, decrescendo rapidamente a medida que se afasta da superfície. São fissuras previsíveis que aparecem de trinta minutos a seis horas após o lançamento do concreto, fissuras em forma de mapa ou pele de crocodilo. Após o endurecimento do concreto são fissuras estáveis.
Causas prováveis	-Exsudação excessiva do concreto. -Utilização inadequada de vibradores. -Falta de estanqueidade das fôrmas. -Longo período entre o lançamento e início de pega do concreto.	Elevadas temperaturas, velocidade dos ventos e baixa umidade, desde que não sejam tomados cuidados especiais quanto ao sistema de cura do concreto.
Localização	-Topo de pilares ou vigas. -Elementos de espessura variável. -Elementos densamente armados. -Armadura com diâmetro elevado.	-Normalmente em superfícies horizontais. -Superfícies onde a relação área/volume exposta é elevada.
Recuperação	Colmatagem superficial e injeção dependendo da abertura da fissura.	Colmatagem superficial
Configuração típica	 <p>Figura 3.1 - Fissura por assentamento plástico do concreto impedido pela armadura (JOHNSON⁸¹)</p>	 <p>Figura 3.2 - Fissura por dessecação superficial em forma de mapa ou pele de crocodilo (CEB⁴⁷)</p>
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.1 - Fissura por assentamento plástico do concreto em topo de pilar (Denise C. C. Dal Molin)</p>	 <p>Foto 3.2 - Fissura por dessecação superficial em laje (Paulo R. L. Helene)</p>

Tabela 3.2 - Ninhos de concretagem e segregação do concreto

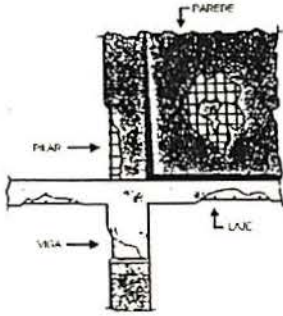


Concreto no Estado Fresco		
Danos	Ninhos de concretagem ou bicheiras ^{26,33,46,52,72,110}	Segregação do concreto ^{26,33,46,52,72}
Definição	São vazios deixados na massa de concreto, devido à dificuldade de penetração do concreto por ocasião do lançamento, não permitindo o completo preenchimento das fôrmas.	Decorre da falta de uniformidade de uma mistura, quando os compostos de uma massa heterogênea, como o concreto, separam-se, não mais distribuindo-se uniformemente.
Aspectos gerais	Vazios na massa do concreto, agregados não envolvidos pela argamassa.	Heterogeneidade na distribuição dos constituintes do concreto.
Causas prováveis	-Fator <i>a/c</i> muito baixo com baixa trabalhabilidade (reduzido abatimento). -Condições inadequadas de transporte, lançamento e adensamento do concreto.	-Granulometria inadequada. -Massas específicas excessivamente distintas. -Armaduras em alta densidade. -Condições inadequadas de transporte, lançamento e adensamento do concreto.
Localização	-Em todo tipo de elemento estrutural, principalmente junto aos cantos e ligação das peças. -Zonas de armadura densa.	Em todo tipo de elemento estrutural .
Recuperação	-Remover concreto de baixa qualidade, limpeza do substrato. -Dependendo da extensão do dano pode ser necessário: • apenas reconstituir seção com argamassa de reparo. • corte e reconstituição da seção com concreto, graute, dentre outros. • eventualmente realizar injeção (segregação profunda)	-Remover concreto segregado, limpeza do substrato. -Dependendo da extensão do dano pode ser necessário: • apenas reconstituir seção com argamassa de reparo. • corte e reconstituição da seção com concreto, graute, dentre outros. • eventualmente realizar injeção (segregação profunda)
Configuração típica	 <p>Figura 3.3 - Ninhos de concretagem (HELENE⁷²)</p>	
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.3 - Vazio na massa do concreto, ligação pilar/viga (Denise C.C. Dal Molin)</p>	 <p>Foto 3.4 - Concreto segregado em topo de pilar (Denise C.C. Dal Molin)</p>

Tabela 3.3 - Fissuras por movimentação das fôrmas e Alteração da geometria do elemento estrutural

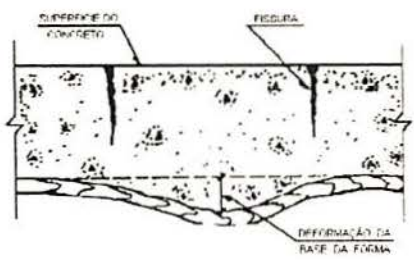
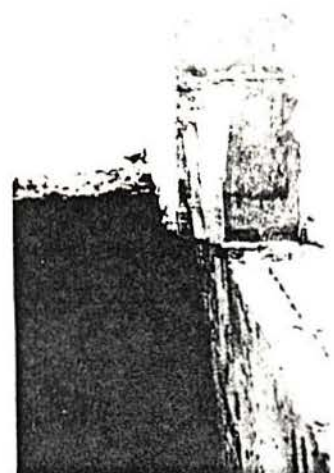
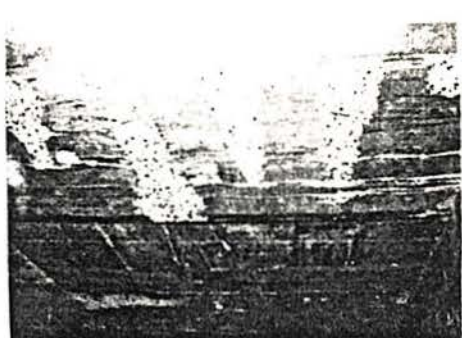
Concreto no Estado Fresco		
Danos	Alteração na geometria dos elementos estruturais ^{26,46,52,90,94}	Fissuras por movimentação das fôrmas ^{26,46,52,90,94}
Definição	São modificações, em relação ao especificado em projeto, na geometria dos elementos estruturais podendo ser de nível, de planeza, de esquadro ou nas dimensões das seções acima das tolerâncias.	Ocorrem devido à movimentação das fôrmas quando o concreto no estado fresco não tem condição de resistir aos esforços aplicados.
Aspectos gerais	Seções em desacordo com o projeto estrutural ou deslocamento dos eixos estabelecidos em projeto.	Podem ser internas ou externas. As fissuras internas constituem um perigo potencial, na presença de água no interior, contribuindo para o início do processo corrosivo. Após o endurecimento do concreto são fissuras estáveis.
Causas prováveis	Falhas na interpretação dos projetos ou na execução das fôrmas dos elementos estruturais	-Deslocamento das fôrmas provocado por deficiência na amarração, no escoramento ou no contraventamento. -Avaliação incorreta das cargas atuantes (peso próprio, operários e equipamentos, dentre outros).
Localização	Em qualquer tipo de elemento estrutural.	Em qualquer tipo de elemento estrutural.
Recuperação	-Corte seção excessiva. -Recomposição das seções. -Em alguns casos reforçar para repor as condições de projeto	-Colmatagem superficial e injeção dependendo da abertura da fissura. -Em alguns casos corte seção excessiva do concreto e recomposição da mesma.
Configuração típica		 <p>Figura 3.4 - Fissura na superfície do concreto devida à deformação da base da fôrma (JOHNSON⁸¹)</p>
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.5 - Pilar deslocado em relação ao eixo das vigas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>	 <p>Foto 3.6 - Deformação e fissuração da laje devidas à movimentação das fôrmas (Denise C. C. Dal Molin)</p>

Tabela 3.4 - Fissuras por movimentação térmica interna e por movimentação térmica externa

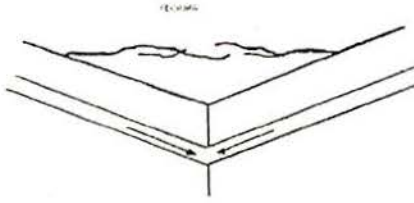

Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Fissuras por movimentação térmica interna ^{26,46,52,72,81,82,90,94,125}	Fissuras por movimentação térmica externa ^{26,33,46,52,72,81,82,90,94,125}
Definição	Ocorrem quando as tensões geradas por esforços de tração devido à contrações das peças estruturais superam a resistência à tração do concreto, e as tensões são originadas pelo alto calor de hidratação -devido às reações exotérmicas- do cimento, com elevação da temperatura do concreto.	Ocorrem quando as tensões geradas por esforços de tração devido a contrações das peças estruturais superam a resistência à tração do concreto, e as tensões são geradas por mudanças bruscas nas condições ambientais ou devido a elevadas temperaturas produzidas pela ação do fogo, com a elevação da temperatura do concreto.
Aspectos gerais	- Surgem durante a hidratação da pasta de cimento. - Após a "total" hidratação da pasta de cimento são fissuras estáveis.	- Abertura da fissura é da ordem de 1/2.500 de sua profundidade - Distância entre fissuras paralelas é da ordem de 2 a 4 vezes sua profundidade. São fissuras não estabilizadas -ativas cíclicas-.
Causas prováveis	- Devido ao alto calor de hidratação do cimento, com elevação da temperatura do concreto. - Alta dosagem de aglomerante. - Grandes volumes de concreto (concreto massa).	- Mudanças nas temperaturas ambientais. - Incêndio.
Localização	Em qualquer tipo de elemento estrutural, com maior incidência em estruturas com grande volume de concreto, desde que não sejam adotados cuidados especiais quanto ao sistema de cura.	Em qualquer tipo de elemento estrutural, em geral mais freqüente em peças de grandes dimensões, sem interrupções adequadas -juntas de dilatação-.
Recuperação	Colmatagem (estucagem)	- Colmatagem superficial com mastique elástico, exceto nas peças com danos provocados por incêndios, nas quais pode haver a necessidade da execução de reforços ou até a demolição parcial ou total. - Criar junta de movimentação no local da fissura.
Configuração típica		 <p>Figura 3.5 - Fissura causada em laje pela expansão das vigas de apoio (DAL MOLIN⁵³)</p>
Foto (fonte)		 <p>Foto 3.7 - Fissura em marquise causada por movimentação térmica (Denise C. C Dal Molin)</p>

Tabela 3.5 - Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica e fissuras coincidentes à direção de eletrodutos

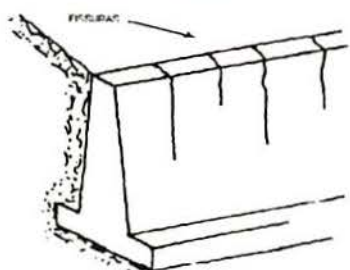


Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Fissuras por retração por secagem ou retração hidráulica ^{26,33,46,52,72,81,82,90,94,125}	Fissuras coincidentes à direção de eletrodutos ^{26,52,94}
Definição	Decorre da restrição à contração volumétrica da pasta de cimento pela saída da água livre interna do concreto, conservada em ar não saturado, quando as tensões desenvolvidas superam a resistência à tração do concreto.	São originadas pela falta de cobrimento adequado de concreto aos eletrodutos e devido às movimentações térmicas ou hidráulicas do concreto.
Aspectos gerais	-Abertura da fissura é da ordem de 1/2.500 de sua profundidade -Distância entre fissuras paralelas é de 5.000 a 10.000 vezes a sua abertura -São fissuras ativas cíclicas.	Fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos e convergentes aos pontos de luz.
Causas prováveis	-Elevado fator <i>a/c</i> -Baixa umidade do ar. -Agregados leves em geral resultam em retrações maiores. -Possivelmente o uso de alguns cimentos favorecem a ocorrência.	Movimentações térmicas e/ou hidráulicas em seção fragilizada pela colocação de eletrodutos sem os devidos cuidados.
Localização	Em qualquer tipo de elemento estrutural, maior incidência em lajes devido à grande área de contato com o meio ambiente e em peças de concreto massa.	Ocorrem em lajes e marquises.
Recuperação	-Colmatagem superficial com mastique elástico. -Criar junta de movimentação no local da fissura.	Grampeamento, colmatagem, injeção e execução de manchão de argamassa ou concreto projetado.
Configuração típica	 <p>Figura 3.6 - Fissuras produzidas por retração hidráulica em muros de arrimo (CÁNOVAS³³)</p>	
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.8 - Fissuras em viga devidas a retração hidráulica e movimentação térmica (Denise C. C. Dal Molin)</p>	 <p>Foto 3.9 - Fissura em laje coincidente à direção de eletrodutos (Denise C. C. Dal Molin)</p>

Tabela 3.6 - Fissuras por reações expansivas devidas à sulfatos e álcalis-agregados


Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Fissuras devidas à reações expansivas com sulfatos ^{3,26,35,46,52,82}	Fissuras devidas às reações expansivas com álcali-agregado ^{3,35,46,52,75,82}
Definição	Resultam da reação química entre certos produtos da hidratação do cimento e os sulfatos, que produzem compostos cujo volume é superior ao volume inicial, submetendo a massa do concreto a elevadas tensões às quais não é capaz de suportar. O surgimento de fissuras facilita o acesso de novos agentes agressivos o que acaba provocando a desagregação total do componente.	Provenientes da reação dos álcalis do cimento com a sílica reativa eventualmente contida em alguns tipos de agregados.
Aspectos gerais	-Aparência esbranquiçada do concreto (eflorescência). -Deterioração começa nos cantos e nas arestas, seguido do surgimento de fissuras e lascamento do concreto. Aumento volumétrico pode chegar a 2.5 vezes o volume inicial. As fissuras são semelhantes às provocadas pela dessecação superficial (mapeamento ou pele de crocodilo), porém com maior profundidade.	-Expansão ilimitada do gel de sílica alcalina proveniente do ataque dos materiais silicosos do agregado pelos hidróxidos originados dos álcalis do cimento. -As pressões internas geram expansão, fissuração e desagregação da pasta de cimento.
Causas prováveis	-Águas residuais industriais. -Água do mar.	Agregados reativos.
Localização	Em todos os tipos de elementos estruturais em contato com águas agressivas.	Em qualquer elemento estrutural.
Recuperação	Difícil solução, em geral demolição e posterior reconstrução.	-Irreversíveis, demolição e reconstrução do elemento. -Pesquisas em desenvolvimento buscam novos produtos na tentativa de proceder reações com a sílica reativa, inibindo a ação destrutiva. Cabe ressaltar não existirem, até o momento, resultados conclusivos que garantam a eficácia dos produtos testados.
Configuração típica		
Foto (fonte)	 <p>Foto 3 10 - Concreto sob ação de reações expansivas devidas a sulfatos (Luis Carlos Pinto da Silva Filho)</p>	

Tabela 3.7 - Fissuras por posicionamento incorreto da armadura, por transmissão inadequada de esforços e por deficiência no dimensionamento; e fissuras por redução da capacidade portante

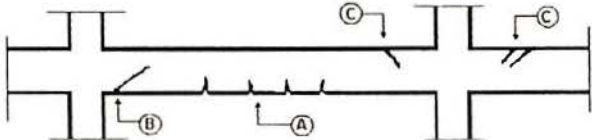


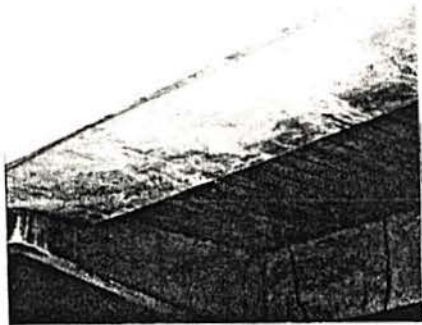

Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Fissuras por posicionamento incorreto da armadura, por transmissão inadequada de esforços e por deficiência no dimensionamento ^{26,33,41,46,52,81,82,94,125}	Fissuras por redução da capacidade portante ^{26,33,46,81,82,94}
Definição	São fissuras geradas pelas tensões principais que, por qualquer das causas acima, não encontra elemento capaz de resisti-las	Ocorrem quando a capacidade resistente de um elemento estrutural é reduzida em relação às cargas de serviço. A redução da capacidade portante pode ser causada pela perda de seção das armaduras, pela alteração da resistência característica à compressão do concreto e pela redução das seções de aço e/ou concreto quando da execução das peças.
Aspectos gerais	Fissuras características em função do tipo de solicitação	Fissuras características em função do tipo de solicitação
Causas prováveis	-Descuido durante a montagem das armaduras. -Descuido durante a concretagem. -Deficiência de projeto.	-Corrosão das armaduras com redução considerável de seção. -Concreto produzido com resistência à compressão inferior à estabelecida em projeto. -Alteração da geometria dos elementos estruturais.
Localização	Em qualquer elemento estrutural.	Em qualquer elemento estrutural.
Recuperação	Reforço das peças, colmatagem e/ou injeção das fissuras.	-Limitação do carregamento, colmatagem e/ou injeção das fissuras. -Reforço das peças, colmatagem e/ou injeção das fissuras.
Configuração típica	<p>A: FLEXÃO (POSITIVO) B: CORTANTE C: FLEXÃO (NEGATIVO)</p>  <p>Figura 3.7 - Fissura típica em função do tipo de solicitação (CEB⁴⁷)</p>	
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.11 - Transmissão inadequada de esforços em pilar por deficiência de projeto (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>	 <p>Foto 3.12 - Fissura em laje -reservatório- por redução da seção de concreto na execução (João Luiz Campagnolo)</p>

Tabela 3.8 - Lixiviação e eflorescência

Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Lixiviação ^{1,3,26,35,46,52,70,71,111}	Eflorescência ^{1,4,26,35,46,52,98,111}
Definição	É um processo químico no qual ocorre a dissolução e remoção de compostos hidratados da pasta de cimento, reduzindo o Ph do concreto lixiviado.	São depósitos salinos de cor branca depositados nas superfícies do concreto, na forma de véu, resultantes da dissolução de cal em presença de umidade que, quando da evaporação da água, transformam-se em carbonato de cálcio.
Aspectos gerais	Presença de manchas brancas, formação de estalactite ou estalagmite*.	Manchas superficiais de cor branca.
Causas prováveis	Concreto fissurado permitindo a passagem de águas residuais ácidas, ricas em decomposição orgânica, puras ou com presença de cloretos e sulfatos.	Concreto com alta permeabilidade e/ou fissurado permitindo a passagem de águas residuais.
Localização	Mais frequente em vigas e lajes.	Mais frequente em lajes e vigas.
Recuperação	-Eliminar fluxo d'água, através de colmatagem e impermeabilização. -Injeção de produtos para cristalização no interior dos poros permeáveis.	Colmatagem das fissuras e posterior impermeabilização ou vice-versa dependendo da situação.
Configuração típica		
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.13 - Lixiviação no fundo de calha (Paulo Márcio da Silva Aranha)</p>	 <p>Foto 3.14 - Eflorescência em laje de cobertura (Paulo Márcio da Silva Aranha)</p>

* Estalactite - formação de precipitado mineral, alongado, que se forma nas bases e laterais dos elementos estruturais, provenientes da dissolução e remoção de compostos hidratados da pasta de cimento.
Estalagmite - formação de precipitado mineral, alongado, que se forma nos pisos ou lajes (bordo superior), provenientes do gotejamento dos estalactites.

Tabela 3.9 - Infiltração e manchas superficiais

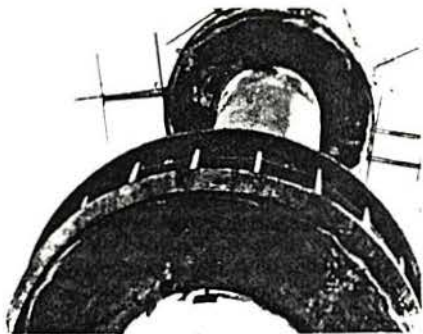
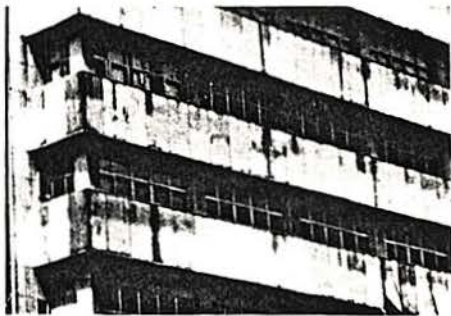
Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Infiltração ^{1,4,26,33,46,52,71,111}	Manchas superficiais ^{1,26,46,52}
Definição	Consiste da penetração de umidade ou líquidos na massa do concreto endurecido, em geral através das fissuras, ninhos e juntas de concretagens mal executadas, ou devido à alta permeabilidade do concreto.	Consiste da presença de umidade na superfície do concreto.
Aspectos gerais	Manchas superficiais.	Manchas superficiais na superfície do concreto.
Causas prováveis	-Alta permeabilidade. -Ausência de ressaltos e pingadeiras permitindo o acúmulo de água. -Estruturas fissuradas, juntas de concretagem mal executadas e presença de ninhos de concretagem.	Infiltrações.
Localização	Em qualquer tipo de elemento estrutural, com maior incidência em peças expostas a intempéries	Em qualquer tipo de elemento estrutural cujo concreto seja permeável ou na presença de fissuras.
Recuperação	-Impermeabilização, colmatagem e injeção das peças, execução de pingadeiras e ressaltos sempre que ainda for possível. -Injeção de produtos para cristalização no interior dos poros permeáveis.	-Impermeabilização. -Colmatagem e/ou injeção
Configuração típica		
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.15 - Infiltração em laje -torre de transmissão (Denise C. C. Dal Molin)</p>	 <p>Foto 3.16 - Manchas superficiais em placas pré-moldadas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>

Tabela 3.10 - Desagregação do concreto e lascamento do concreto

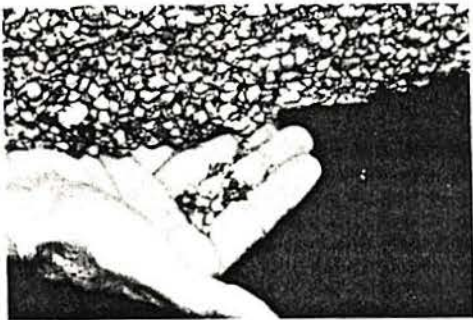

Concreto no estado endurecido		
Danos	Desagregação do concreto ^{26,46,52,70}	Lascamento do concreto ^{26,52}
Definição	Reside na separação da massa de concreto endurecido em partes diversas, em geral com desprendimento de agregados.	Descolamento de trechos isolados do concreto, onde a massa, propriamente dita, encontra-se sã.
Aspectos gerais	Agregados soltos ou de fácil remoção com as mãos.	Deslocamento de partes do concreto.
Causas prováveis	-Em geral devido a algum tipo de ataque químico expansivo ao concreto. -Como resultado da baixa aderência concreto agregado. -Traço pobre	-Corrosão das armaduras. -Desforma imprópria. -Cantos de elementos estruturais sem armadura suficiente para absorver os esforços.
Localização	Em qualquer tipo de elemento estrutural.	Quinas dos elementos e em locais submetidos a fortes tensões expansivas.
Recuperação	-Recomposição das seções com argamassas de reparo ou concreto, após eliminação das causas. -Em alguns casos demolição e reconstrução do elemento.	Recomposição das seções com argamassas de reparo ou concreto, após eliminação das causas.
Configuração típica		
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.17 - Desagregação do concreto da laje de uma cisterna (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>	 <p>Foto 3.18 - Lascamento do concreto devido à corrosão de armaduras (Denise C. C. Dal Molin)</p>

Tabela 3.11 - Bolor, alteração do acabamento superficial e aspecto estético deficiente


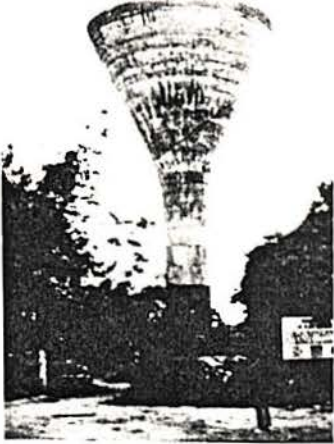
Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Bolor ^{1,4,26,46,70,111}	Alteração do acabamento superficial e aspecto estético deficiente ^{1,26,46,72}
Definição	Resulta do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos.	-Refere-se à alteração na rugosidade e demais imperfeições do acabamento superficial do concreto. -Consiste na falta de homogeneidade da superfície em peças de concreto aparente.
Aspectos gerais	Presença de fungos na superfície do concreto e manchas superficiais.	-Remoção da fina camada superficial de nata de cimento. -Aumento da rugosidade. -Facilidade de deposição e penetração de agentes agressivos. -Alteração na coloração superficial do concreto.
Causas prováveis	Elevado teor de umidade no substrato do concreto ou alta umidade relativa do ar.	-Fôrmas rugosas, em processo de esfoliação e lascamento. -Não emprego de desmoldante ou desmoldante inadequado (óleo queimado). -Emprego de diferentes tipos de cimento no mesmo elemento. -Juntas de concretagem mal planejadas ou mal executadas. -Bicheiras e segregações
Localização	Peças em contato com o meio exterior ou internas em ambientes com baixa taxa de renovação do ar e na presença de umidade excessiva.	-Superfície dos elementos estruturais em concreto aparente. -Em qualquer tipo de elemento estrutural, principalmente, arestas de pilares e vigas, elementos planos verticais de grande proporções.
Recuperação	Limpeza do substrato e aplicação de proteção superficial no concreto.	São irreversíveis, em geral somente o revestimento total pode encobrir ou devolver a homogeneidade do concreto (superfície).
Configuração típica		
Foto (fonte)		
	Foto 3.19 - Bolor (fungos) na superfície do concreto (Denise C. C. Dal Molin)	Foto 3.20 - Alteração do acabamento superficial por deficiência das fôrmas (Paulo Barroso Engenharia Ltda)

Tabela 3.12 - Fissuras por recalques diferenciais e por sobrecargas e deformação do concreto

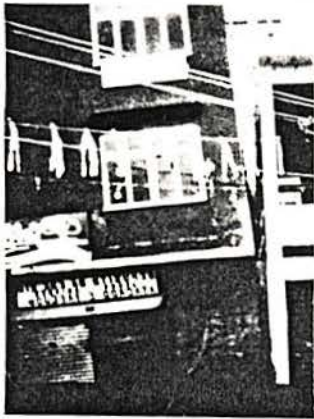
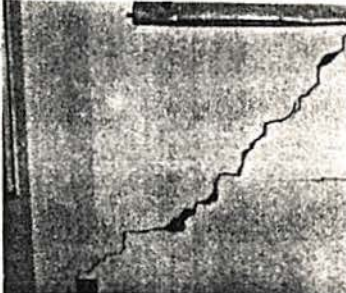
Concreto no Estado Endurecido			
Danos	Fissuras por recalques diferenciais ^{26,33,52,72,115,125}	Fissuras por sobrecargas ^{26,33,41,46,52,72,125}	Deformação do concreto ^{26,28,33,41,46,52,72,82,94,125}
Definição	Ocorrem quando as fundações são submetidas a deformações diferenciadas ao longo do plano das mesmas.	Resultam de solicitações superiores aos esforços previstos em projeto. A tipologia dessas fissuras segue padrões próprios de acordo com as solicitações, sejam elas de tração, compressão, flexão, cisalhamento ou torção.	Ocorrem quando as peças são submetidas a esforços superiores aos estabelecidos no projeto, por falhas no dimensionamento quanto à limitação de deformações, por falhas de execução (concreto com resistência inadequada ou armadura insuficiente) gerando deformações superiores aos limites estabelecidos em normas.
Aspectos gerais	Fissuras características normalmente inclinadas a aproximadamente 45°. Em geral são graves e evolutivas.	Fissuras características em função do tipo de solicitação.	Alteração do aspecto estético, com possibilidade de fissuração, podendo ocorrer ruptura do elemento afetado.
Causas prováveis	-Fundações assentes em solos compressíveis, expansivos ou aterros. -Emprego de diferentes sistemas de fundação na mesma estrutura. -Carregamentos desbalanceados. -Interferência no bulbo de tensões.	Sobrecargas não previstas, armadura e/ou ancoragem insuficientes, posicionamento incorreto das armaduras (projeto ou execução), concreto com resistência insuficiente.	-Falha na concepção da estrutura, gerando as fissuras de compatibilidade. -Falha no dimensionamento -Carregamento além do estabelecido em projeto.
Localização	Nas vigas e painéis que interligam os pilares com fundações comprometidas, com maior intensidade nos níveis inferiores.	Em qualquer tipo de elementos estruturais.	Em qualquer tipo de elemento estrutural, com maior incidência nas peças submetidas a esforços de flexão/ou torção.
Recuperação	-Reforçar as fundações, repor monolitismo das peças. -Em alguns casos demolir e reconstruir.	-Repor o monolitismo, injeção. -Quando não é necessário repor o monolitismo, colmatagem. -Reforçar ou limitar o carregamento em uso.	-Descarregamento e reforço estrutural da peça. -Redução das sobrecargas e limitação do carregamento, posterior colmatagem ou injeção das possíveis fissuras.
Configuração típica		(idem figura 3.7)	
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.21 - Edifício com danos devidos a recalque diferencial (Denise A. Silva)</p>		 <p>Foto 3.22 - Alvenaria fissurada devido a deformação excessiva da viga de sustentação da mesma (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>

Tabela 3.13 - Detalhes construtivos e fissuras de momento volvente

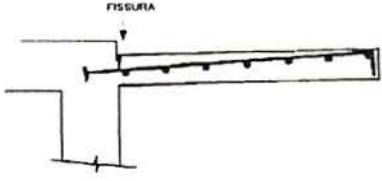
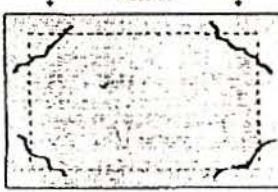
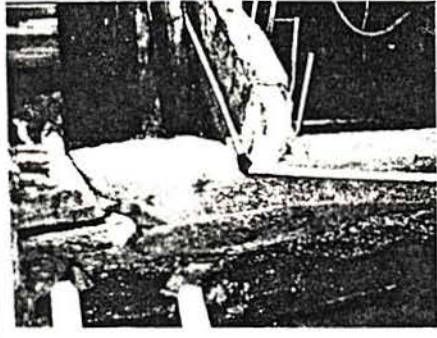
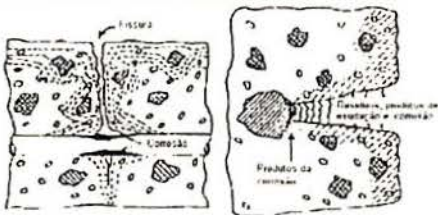
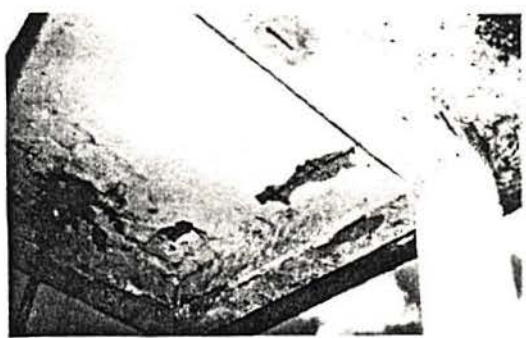
Concreto no Estado Endurecido		
Danos	Detalhes construtivos ^{46,52,81,82,94,125}	Fissuras de momento volvente ^{46,52,72,82,95}
Definição	São fissuras provocadas pela ausência ou deficiência de detalhes, embora o dimensionamento em geral atenda aos esforços a que a peça encontra-se submetida.	São fissuras provocadas por momento volvente perpendicular à linha de ruptura, como consequência de deficiência de armadura.
Aspectos gerais	Fissuras características em função do tipo de solicitação a que está submetida a peça.	Fissuras inclinadas na parte superior de lajes com grandes vãos, constituindo com os cantos triângulos aproximadamente isósceles.
Causas prováveis	-Pode-se citar, dentre outras: <ul style="list-style-type: none"> •transmissão inadequada de esforços. •posicionamento incorreto das armaduras. •cunhamento inadequado de alvenarias provocando sobrecarga em balanços ou lajes de grande vãos. •descuido ou não previsão de aberturas gerando concentração de esforços. •forças devido a mudanças de direção de peças tracionadas ou comprimidas. 	Armadura de canto insuficiente.
Localização	-Em qualquer tipo de elemento estrutural, cabendo ressaltar: <ul style="list-style-type: none"> •consoles ou mísulas. •abertura em lajes e vigas. •lajes em balanço. •ancoragem inadequadas. 	Cantos de lajes apoiadas.
Recuperação	Reforços localizados ou em todo o elemento estrutural em função do tipo de dano e da extensão.	-Reforçar laje com armadura adequada. -Injetar fissura com resina epoxidica.
Configuração típica	 <p>Figura 3.8 - Fissura da laje em balanço por deslocamento da armadura da posição correta (DAL MOLIN⁵³)</p>	 <p>Parte Superior de lajes apoiadas</p> <p>Figura 3.9 - Fissura em laje -bordo superior- devida à momento volvente (HELENE⁷²)</p>
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.23 - Fissuras em cintas devidas a não previsão de passagem de tubulações (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>	

Tabela 3.14 - Corrosão de armaduras

Concreto no Estado Endurecido	
Danos	Corrosão de armaduras^{3,6,7,8,26,42,43,46,52,53,66,72,73,74,82,86,90,94,108,125}
Definição	É um processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, denominados produtos de corrosão, os quais ocupam um volume significativamente superior ao volume original das armaduras -até seis vezes superior ao volume inicial-, o que sujeita o concreto a tensões geradas pelos produtos de expansão, bastante elevadas, ocasionando a fissuração e/o lascamento da massa do concreto.
Aspectos gerais	-Manchas superficiais de coloração marron avermelhadas ou esverdeadas. -Fissuras características paralelas e coincidentes à direção das armaduras. -Lascamento do concreto. -Redução da seção das barras de aço.
Causas prováveis	-Cobrimento insuficiente das armaduras, concretos permeáveis e heterogêneos. -Presença de agentes agressivos: incorporados ao concreto -águas salinas, aditivos aceleradores de endurecimento à base de cloreto de cálcio ou através de alguns tipos de cimentos que podem conter pequena quantidade de cloretos-; ou presentes na atmosfera -atmosfera marinhas até aproximadamente cinco quilômetros da costa-. -Carbonatação do concreto -redução da alcalinidade do concreto, $pH < 9.4$ -.
Localização	-Em todo tipo de elemento estrutural, com maior incidência nas peças submetidas à molhagem e secagem e expostas ao meio ambiente. -Elevada incidência em pés de pilares em áreas de garagem, devido à presença de monóxido de carbono que pode contribuir para a rápida carbonatação do concreto. -Zona de variação das marés.
Recuperação	-Remoção do concreto contaminado, limpeza do substrato e da armadura, aplicação de revestimento protetor na armadura (aditivos inibidores de corrosão), reconstituição das seções com argamassa de reparo ou microconcretos dentre outros, execução de cura adequada e aplicação de pintura protetora no substrato do concreto. -Dependendo do nível de agressão na armadura (perda de seção da barra $>5.00\%$) deve-se proceder à reposição ou complemento da seção da armadura. -Quando o processo corrosivo tiver ocorrido devido à incorporação de agentes agressivos na água de amassamento, proveniente de agregados contaminados ou contidos no cimento, a recuperação é bem mais difícil. Embora através de proteção catódica com uso de ânodo de sacrifício ou pelo emprego de pintura com pigmentos de zinco ou chumbo tente-se controlar o processo, não existe consenso quanto à eficiência desses sistemas.
Configuração típica	 <p>Figura 3.10 - Corrosão em fissuras transversais e longitudinais (ANDRADE⁶)</p>
Foto (fonte)	 <p>Foto 3.24 - Corrosão de armaduras em lajes e vigas de um reservatório (Paulo Barroso Engenharia Ltda)</p>

3.2. Sistemas de reparos e tipos de reforços em estruturas de concreto armado

Vários são as causas que dão origem aos danos e à deterioração das estruturas de concreto e, segundo JIMINEZ⁷⁷, a escolha do sistema de reparo ou tipo de reforço está diretamente relacionada ao nível de degradação e deve ser estabelecida através do correto diagnóstico da avaria. Para tanto, torna-se necessário percorrer algumas fases até o estabelecimento da terapia. Inicialmente deve-se efetuar a recompilação dos dados informativos ou experimentais, realizar verificação quanto à capacidade resistente residual da estrutura, estudar a necessidade do emprego de medidas urgentes como demolição parcial, evacuação de pessoas, escoramentos e redução do carregamento, dentre outras medidas e, finalmente, a elaboração do projeto de recuperação - reparo e/ou reforço- da estrutura⁸⁸. O projeto de recuperação deve compreender, além dos aspectos técnicos, estudo de custo/benefício e aspectos de caráter social e histórico.

Segundo SOUZA¹²⁰, para garantir-se a eficiência dos trabalhos de recuperação -reparo e/ou reforço estrutural-, os materiais de reparação devem possuir algumas propriedades especiais de modo a promover a monolitividade da estrutura. Como exemplo pode-se citar:

a) grande durabilidade;

- baixa permeabilidade para impedir a penetração d'água e de agentes agressivos;

- boa resistência estrutural;

- proteção à armadura, se possível, aumentando a alcalinidade;

- garantia de boa aderência ao concreto e à armadura;

- boa trabalhabilidade e fácil aplicação e

- propriedades compatíveis com o concreto e a armadura.

Os tipos de danos, quanto ao tipo de intervenção necessária, podem ser classificados em defeitos próprios, defeitos produzidos pelos agentes do entorno, defeitos produzidos pelo aumento das solicitações e por necessidades funcionais. Os defeitos próprios -atribuídos ao planejamento, projeto, execução e conservação deficiente- e os defeitos produzidos pelos agentes do entorno -agressividade do meio ambiente- em geral conduzem à necessidade de submeter as estruturas a serviços de reparos. Enquanto que, o aumento das solicitações -carregamento e mudança de utilização- e as necessidades funcionais -acréscimos de área (vertical ou horizontal)- quase sempre induzem à necessidade de proceder-se o reforço da estrutura.

Os sistemas de reparo e os reforços das estruturas são sempre técnicas especiais e o sucesso das intervenções depende fundamentalmente da qualidade do projeto de recuperação. CANOVAS³⁴ e JIMÉNEZ⁷⁷ apontam alguns princípios básicos que devem ser seguidos antes, durante e após as intervenções nas estruturas como forma de garantir-se a eficácia das operações, as quais consistem em observar-se ser:

- a) o nível de "agressão" à estrutura o menor possível, devendo-se realizar estudo quanto aos efeitos secundários que as intervenções podem produzir;
- b) a qualidade dos materiais e das técnicas de aplicação garantidas através de controle rigoroso ao longo de todas as etapas e
- c) a comprovação da eficácia dos serviços de reparo e/ou recuperação verificada através de inspeções periódicas.

3.2.1. Sistemas de reparos em estruturas de concreto armado

Os materiais ou os sistemas de reparo devem possuir certas propriedades afins ao reparado- estabilidade dimensional, coeficiente de dilatação térmica, módulo de deformação, permeabilidade, compatibilidade química e propriedades elétricas⁹⁰- frente às condições de exposição da estrutura e em relação ao substrato, principalmente devido aos possíveis problemas de aderência e de compatibilidade entre o concreto da estrutura e o novo concreto ou argamassa de reparo.

O European Committee for Standardization -CEN/Tc 104 WG- Protection and Repair of Concrete Structures¹⁰³- propõe que os materiais para reparo e proteção do concreto sejam divididos em famílias químicas e categoria dos produtos. Na tabela 3.15 apresenta-se a classificação dos produtos para reparo e/ou proteção das estruturas em função da sua categoria.

Tabela 3.15 (a)- Classificação dos produtos para reparo ou proteção das estruturas em função da sua categoria. (PAILLERE e EL JAIZARI¹⁰³, 1991)




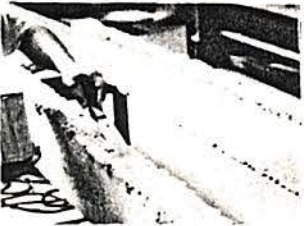



Produtos para Reparo e Proteção do Concreto ¹²⁰			
Produto	Finalidade	Uso	Foto/ aplicação
Proteção Superficial	Garantir, incrementar ou repor a durabilidade do concreto.	Superfície do concreto.	 <p>Foto 3.25 - Aplicação do primer na superfície do concreto (HELENE⁷²)</p>
Reparo Superficial Não estrutural	Recompor a geometria ou aspecto estético de peças de concreto, repondo ou aumentando a durabilidade das estruturas de concreto.	Superfície do concreto, reparos localizados e de pequenas dimensões.	 <p>Foto 3.26 - Acabamento de reparo superficial (HELENE⁷²)</p>

Tabela 3.15 (b)- Classificação dos produtos para reparo ou proteção das estruturas em função da sua categoria. (PAILLERE e EL JAIZARI¹⁰³, 1991)

Reparo Estrutural	Substituir o concreto danificado, restaurando a integridade da peça estrutural e a durabilidade.	Para substituição de concretos danificados ou defeituosos.	 <p>Foto 3.27 - Reparo estrutural em pé de pilar (Dal Molin)</p>
Ponte de Aderência	Garantir a aderência entre o concreto e o material de reparo.	Na superfície do concreto original.	 <p>Foto 3.28 - Aplicação de resina epóxi - como ponte de aderência (Campagnolo)</p>
Injeção	Repor o monolitismo do concreto na presença de fissuras.	No interior das fissuras do concreto.	 <p>Foto 3.29 - Injeção de calda expansiva de cimento (Paulo Barroso Eng^a Ltda)</p>
Ancoragem	Garantir a fixação no concreto do novo elemento ou material de reparo.	Para fixação de armaduras.	 <p>Foto 3.30 - Fixação armadura de reforço com resina epóxi (Paulo Barroso Eng^a Ltda)</p>
Proteção das Armaduras	Proteger as armaduras expostas, reestabelecendo a proteção contra a corrosão.	Na superfície das armaduras, após devida limpeza, que encontram-se expostas ou em processo de corrosão.	 <p>Foto 3.31 - Aplicação de primer rico em zinco, sobre as armaduras (HELENE⁷²)</p>
Prevenção de Corrosão	São sistemas físicos ou químicos aplicados para prevenir a corrosão das armaduras.	Na superfície das armaduras antes da concretagem.	

A classificação mais difundida, entretanto, é a que leva em consideração a família química dos produtos. Segundo ANDRADE⁶ e SELINGER¹¹³ -figura 3.11- pode-se agrupar os produtos em família com base inorgânica, orgânica e mista.

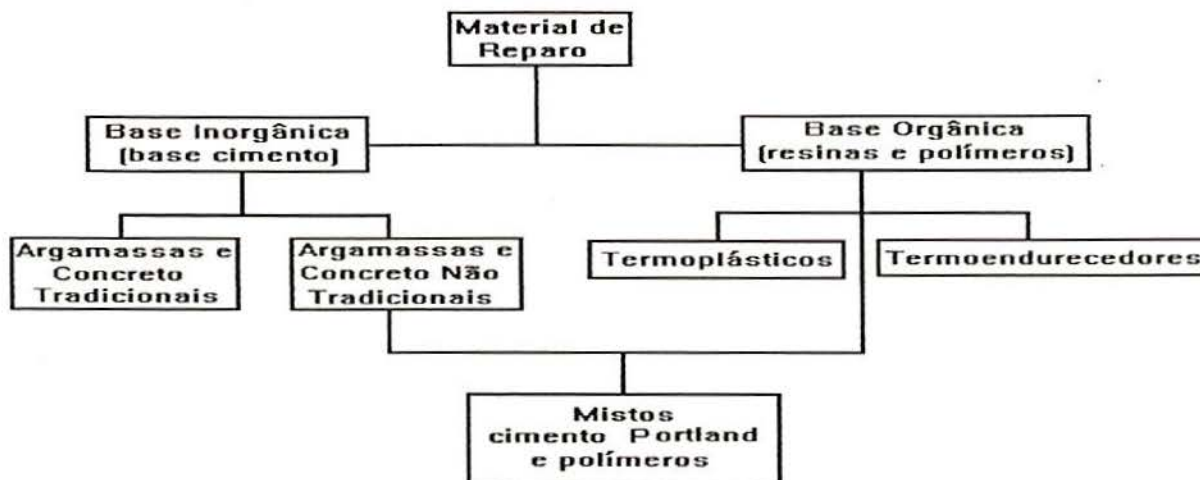


Figura 3.11 - Classificação dos materiais para reparo quanto à família química (ANDRADE⁶ e SELINGER¹¹⁴ - 1992)

Na tabela 3.16 apresentam-se as principais propriedades dos materiais de reparo quanto à família química. Segundo ANDRADE⁶, a escolha do produto deve ser realizada em função das propriedades requeridas do material, como forma de garantir, dentre outros, a compatibilidade química entre o concreto da estrutura e o produto de reparo.

Tabela 3.16 - Principais propriedades dos materiais de reparo segundo a família química (ANDRADE⁶, 1992)

Família Química	Classe	Tipo	Propriedades	Função
Base Inorgânica	Tradicionais (cimento Portland)	-Caldas. -Argamassas. -Concreto.	-Alta aderência. -Retração. -Qualidade	-Restaurar o meio alcalino que permita a passivação da armadura.
	Não tradicionais	-Cimento Portland com adição de agente expensor. -Cimento Aluminoso -Cimento de Etringita (expansivo com alto teor de C ₃ A)	-Retração compensada. -Tempo de pega curto. -Altas resistências mecânicas a curto prazo.	
Base Orgânica	Ligantes base resinas e polímeros	-Termoplásticos: •Acrílicos, •Acrilâmidas, •Estirenos, •Acetato polivinílico e •Estireno butadieno.	-Boa aderência. -Baixa permeabilidade.	-Atuar como barreiras à penetração de oxigênio (O ₂), umidade e gás carbonico (CO ₂).
		-Termoendurecedores: •Resinas epóxi, •Poliuretanos e •Resina poliéster.		
Mistas	Ligantes hidráulicos com polímeros	-Mistura base cimento com base orgânica.	-Alta resistência à compressão e à flexão. -Baixa permeabilidade -Alta aderência.	-Atuar como barreira e na passivação das armaduras.

3.2.2 - Técnicas empregadas para reforço das estruturas de concreto armado

O reforço de uma estrutura de concreto armado pode ser efetuado de duas maneiras, através do incremento da capacidade portante dos elementos estruturais ou pela incorporação de novos elementos estruturais. O aumento da capacidade portante dos elementos estruturais pode ser processada por meio de várias técnicas, dentre elas pode-se citar:

- Reforço com emprego de estruturas metálicas
- Reforço com emprego de produtos à base de cimento
- Reforço com emprego de protensão
- Reforço com emprego de procedimentos mistos

Com base nas diversas classificações realizadas, por diversos pesquisadores^{27,33,77,114} apresenta-se na figura 3.12 uma classificação para as técnicas empregadas para o reforço das estruturas, com vista ao aumento da capacidade portante dos elementos.

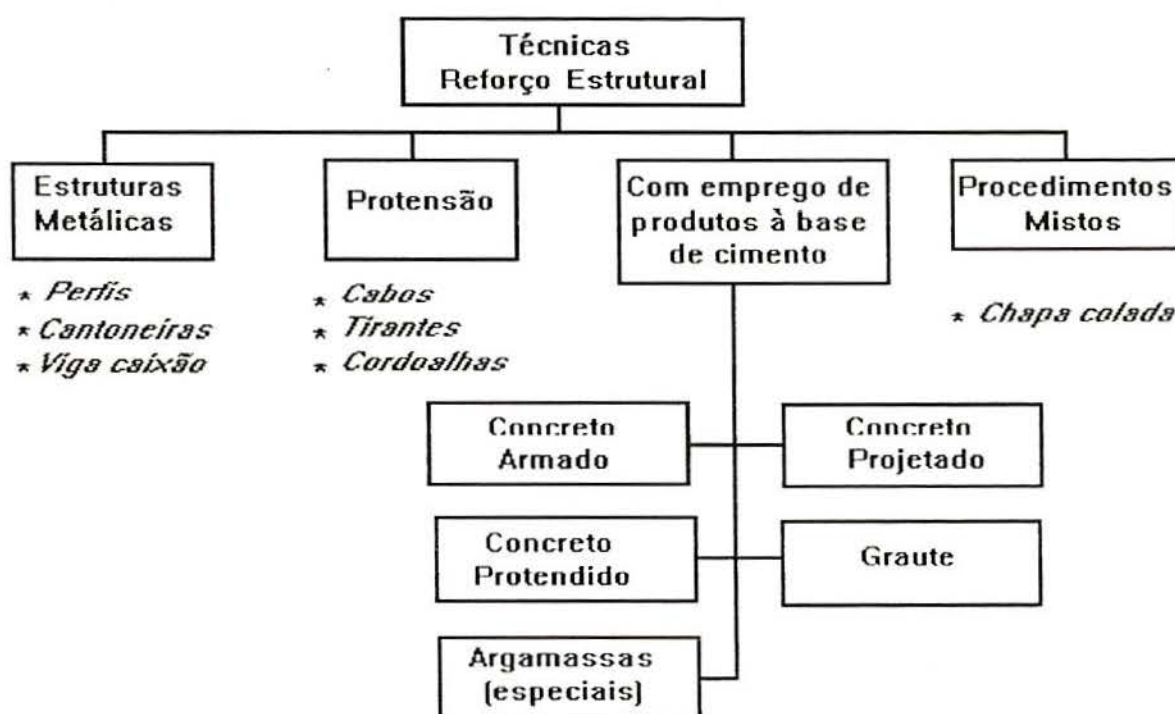



Figura 3.12 - Classificação das técnicas de reforço de estruturas de concreto armado

Na seqüência de quadros apresentados, a seguir -tabelas 3.17 a 3.22-, pode-se verificar as principais características das técnicas empregadas para reforçar as estruturas de concreto. Cabe ressaltar que, no presente estudo, visa-se identificar as possibilidades do emprego de cada técnica e os tipos de elementos comumente reforçados, a partir de cada técnica, não pretendendo esgotar o assunto, e indicando alguns trabalhos já desenvolvidos, onde ocorre maior profundidade na abordagem.

Tabela 3.17 - Reforço mediante o emprego de perfis metálicos ou chapas coladas

Reforço mediante o emprego de perfis metálicos ou chapas coladas ^{27,31,32,34,35,90,120}	
<p>Segundo Cánovas, é uma das técnicas mais empregadas para o reforço das estruturas. Esta técnica consiste da aplicação de perfis laminados solidarizados à estrutura de concreto através do emprego de massa epóxi em pilares, vigas e lajes. Em lajes e vigas pode-se empregar outros tipos de perfis, comumente o perfil U ou I. Embora menos usual, a incorporação de elementos de seção "caixão" (pilares, vigas, escoras, dentre outros) fixados à estrutura de concreto, por meio de chapas metálicas e parafusos especiais, é uma possibilidade a mais desta modalidade e que conduz a resultados bastante satisfatórios.</p>	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
•Reforço de pilares, vigas e lajes.	•À flexão, à cortante e à torção.
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> •Rapidez de execução. •Reduzido período de cura (<7 dias). •Boa adesividade do reforço ao concreto. •Fácil aplicação. •Não utiliza elementos molhados. •Ausência de vibrações e baixo nível de ruídos. •Reduzido acréscimo de seções. 	<ul style="list-style-type: none"> •Suscetível a temperaturas elevadas (>55°). •Dificuldade de transmissão dos esforços. •Em pilares é necessário continuidade do reforço até o pavimento térreo. •Reforço não trabalha nas condições de projeto, podem surgir esforços secundários que danificam ou até rompem outros elementos. •Mão de obra especializada •Cuidados especiais quanto ao "pot-life" e "open-life"* das resinas.
Procedimentos	
<ul style="list-style-type: none"> •Reduzir ao máximo o carregamento da estrutura. •Remover revestimentos e pinturas. •Remover nata superficial do concreto. •Obter superfície plana e rugosa (apicoamento do substrato). •Preparar adequadamente os perfis metálicos (jato de areia, limpeza com acetona antes da aplicação da resina). •Aplicar camada de resina epoxi, no perfil e substrato do concreto. •Pressionar fortemente os perfis contra a superfície até obter espessura uniforme do adesivo (inferior a 1,5 mm). •Remover o escoramento após 48 horas. •Carregar a estrutura após a resina atingir a resistência especificada. 	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.32 - Reforço de laje mediante o emprego de chapas coladas (João Luiz Campagnolo)	

* "Open-life" ou tempo de manuseio é o prazo disponível para aplicação do adesivo.

"Pot-life" ou tempo para aplicar o adesivo é o prazo total, após a mistura dos componentes, em que o material ainda adere.

Tabela 3.18 - Reforço mediante o emprego de protensão e concreto protendido

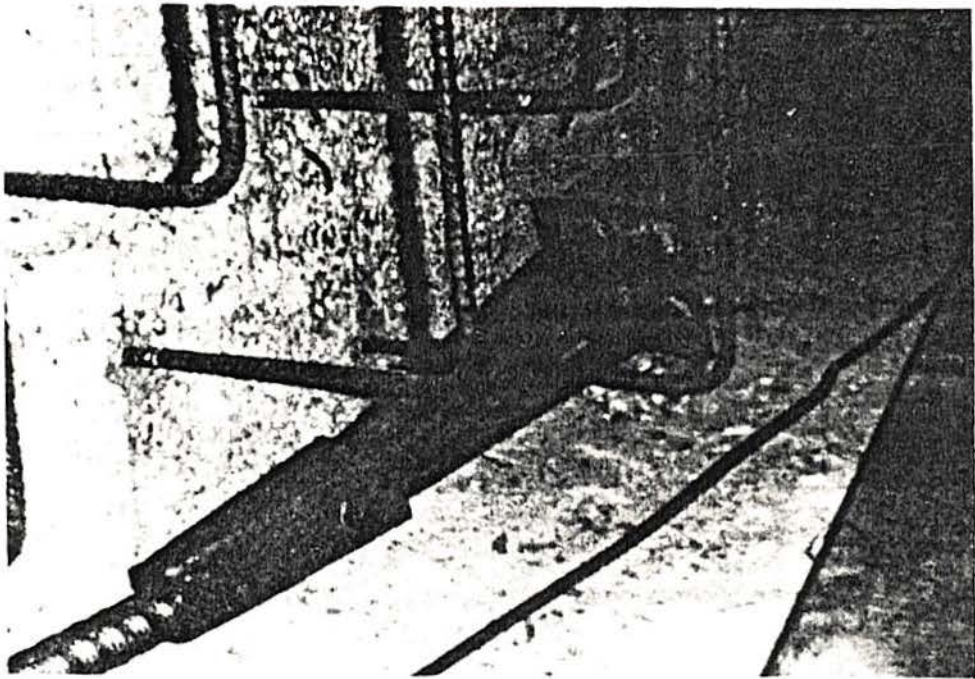
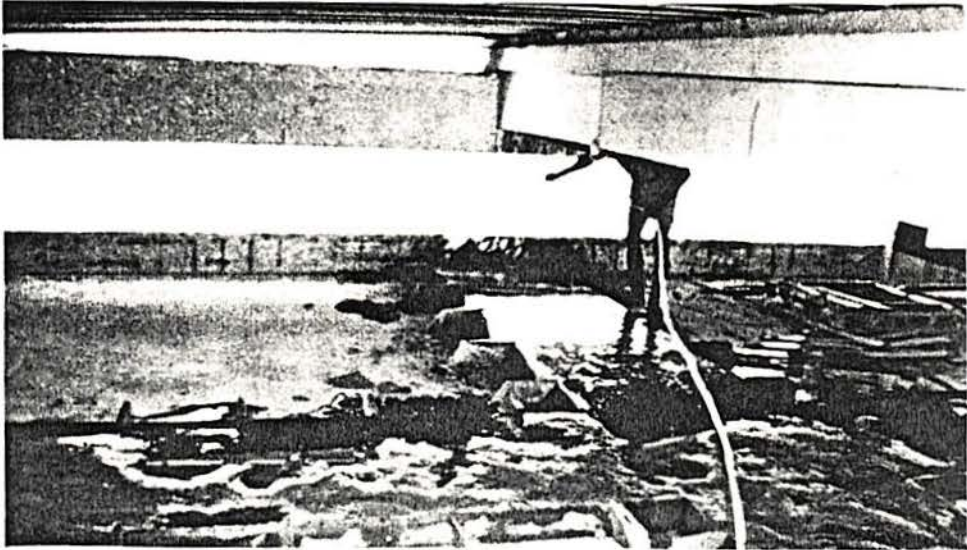

Reforço mediante o emprego de protensão e concreto protendido^{27,34,120}	
Este tipo de reforço baseia-se nos princípios da execução de estruturas em concreto protendido. Quando pode-se submeter os elementos estruturais a forças adicionais que determinam tensões resultantes inferiores às tensões limites que os materiais podem suportar, possibilitando a eliminação das deformações excessivas. O método de reforço depende de como o dano tenha ocorrido -por compressão, por tração, por flexão, ou por simultaneidade de vários tipos de esforços-. A diferença básica entre os dois sistemas (protensão e concreto protendido) reside na aplicação ou não de concreto para envolver cordoalhas ou cabos.	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
•Pilares, vigas, lajes, reservatórios.	•À compressão, à cortante, à flexão à torção, à tração.
Vantagens	Desvantagens
•Permite fazer retornar ao nível de projeto elementos deformados excessivamente e submetidos a cargas de serviço sem necessidade de descarregamento.	<ul style="list-style-type: none"> •Custo elevado. •Período de execução longo. •Necessidade de mão de obra qualificada. •Necessidade de equipamentos especiais. •Requer tecnologia própria não convencional.
Procedimentos	
•Os procedimentos para execução de reforços mediante o uso da concreto protendido são similares aos empregados nos reforços com uso de concreto armado. As únicas diferenças residem em não ser necessário o descarregamento da estrutura, no emprego de equipamentos especiais e na necessidade, em alguns casos, da instalação de apoios especiais para fixação dos cabos (conectores e ancoragens) na estrutura existente.	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.33 - Detalhe da ancoragem na fase de armação, notando-se a superfície do concreto velho corretamente apicoada (CÁNOVAS ³³)	

Tabela 3.19 - Reforço mediante o emprego de concreto armado convencional

Reforço mediante o emprego de concreto armado convencional^{27,34,114,120}	
<p>Consiste do aumento da capacidade portante de um elemento estrutural através do acréscimo das seções de aço e concreto. Inúmeras são as possibilidades de realização (aumento global da seção, encamisamento lateral, encamisamento de uma lateral e base, dentre outras). A união dos concretos, velho e novo, dá-se por atração eletroquímica entre as moléculas dos materiais e pela adesão mecânica. A garantia ou melhoria da adesão pode ser conseguida por meio de apicoamento do substrato de concreto, garantindo alta rugosidade, emprego de adições ou aditivos, por melhorarem o intertravamento, ou ainda pelo uso de adesivos à base de epóxi.</p>	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
<ul style="list-style-type: none"> • Em praticamente todo tipo de elemento estrutural, exceto em situações muito especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • À compressão, à flexão, à cortante, à torção.
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Custo relativamente inferior quando comparado a outras técnicas. • Utilização largamente difundida. • Conhecimento dos materiais empregados. • Rapidez de execução. • O reforço trabalha unido ao concreto original. • Lançamento convencional, não necessitando de equipamentos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensão final muito superior à do projeto original. • Longo período de cura do concreto. • Dificuldade de lançamento do concreto de reforço. • Requer cuidados especiais para evitar a retração, o que pode gerar tensões na interface de aderência.
Procedimentos	
<ul style="list-style-type: none"> • Descarregamento da estrutura. • Escoramento da região próxima do reforço com vistas à transferência do carregamento. • Preparo cuidadoso do substrato e remoção de partículas soltas. • Moldagem, fixação e instalação das armaduras de reforço. • Montagem das formas. • Molhagem do concreto velho* • Preparo e lançamento do concreto de reforço. • Cura rigorosa do concreto de reforço. • Desforma cuidadosa. • Carregar a estrutura após o concreto atingir a resistência especificada. 	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.34 - Reforço de lajes com concreto armado convencional (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	

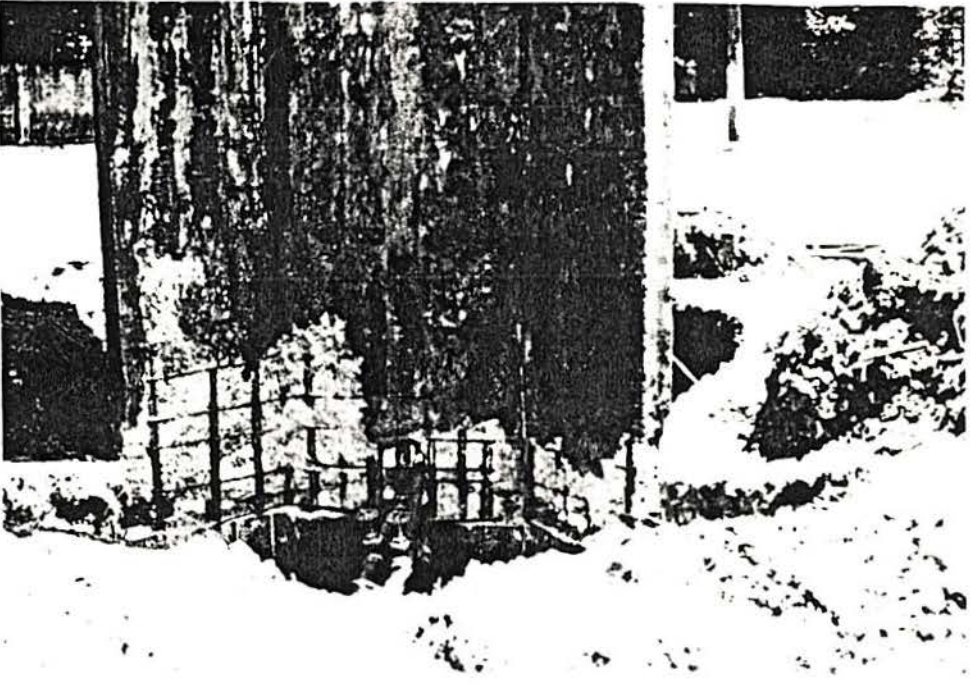
* Pode ser utilizado pintura com resina epóxi para melhorar a união dos concretos, sendo sua aplicação realizada após a lavagem e secagem do concreto velho, e adotando-se os devidos cuidados quanto ao tempo de manuseio e de aplicação das resinas.

Tabela 3.20 - Reforço mediante o emprego de concreto projetado

Reforço mediante o emprego de concreto projetado ^{2,37,60,62,90,107,114,118,120}	
<p>É um processo contínuo de colocação do concreto sob pressão. A grande força do choque causa um impacto sobre a superfície do concreto velho, obtendo-se um material compacto e com grande aderência. O tipo de mistura pode ser efetuada por via seca* ou úmida, dependendo do tipo de equipamento utilizado para lançamento do concreto.</p>	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
<ul style="list-style-type: none"> • Em quase todo tipo de elemento estrutural, sendo mais empregado para reforço de grandes áreas. • Aplicações mais frequentes: <ul style="list-style-type: none"> - Estruturas atingidas por incêndio. - Estruturas expostas a águas agressivas. - Locais de difícil acesso: galeria, encostas. - Revestimento de túneis, canais e taludes. - Proteção de estruturas metálicas. - Reforços emergências. - Revestimento de estruturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Frente a todo tipo de solicitação.
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Baixo fator água/cimento (<i>a/c</i> de 0.35 a 0.50). • Dispensa o uso de formas. • Maiores resistências nas primeiras idades quando comparado a outras técnicas. • Grande aderência entre o concreto projetado e a superfície do concreto velho. • Grande rapidez de aplicação. • Aplicação de reforço em qualquer direção. 	<ul style="list-style-type: none"> • No processo via seca o fator <i>a/c</i> é de difícil controle. • Elevadas perdas por rebote: <ul style="list-style-type: none"> - paredes verticais de 15 a 30% - tetos de 25 a 50% - pisos de 5 a 15% • Limitação do diâmetro do agregado graúdo (<19 mm). • Presença de "névoa". • Limite da espessura por camada <5 cm.
Procedimentos	
<ul style="list-style-type: none"> • Em algumas situações descarregar a estrutura. • Escorar a região junto ao reforço para transferência de carregamento. • Prepar cuidadosamente o substrato, apicoar e remover as partículas soltas. • Fixar a armadura de reforço e/ou malha (tela) junto à superfície do concreto. • Instalar guias para garantir a espessura final de projeto. • Saturar a superfície do concreto com água. • Aplicar a projeção, iniciando pelos cantos e cavidades, a seguir sobre as armaduras, obedecer os limites por camada (<5 cm). • Remover o excesso de concreto mediante o sarrafeamento, com o devido cuidado para evitar dano à aderência ou o deslocamento do projetado. • Proceder cura úmida rigorosa ou empregar cura química. • Proteger contra radiação solar nas primeiras 36 horas. • Carregar a estrutura após o concreto atingir a resistência especificada. 	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.35 - Aplicação de concreto projetado para reforço de pilar (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	

* Mais recentemente tem-se empregado o processo de pré-umidificação da mistura (via seca), a aproximadamente dois metros do bico de projeção, como forma de se reduzir a produção de névoa e melhor a homogeneidade da mistura.

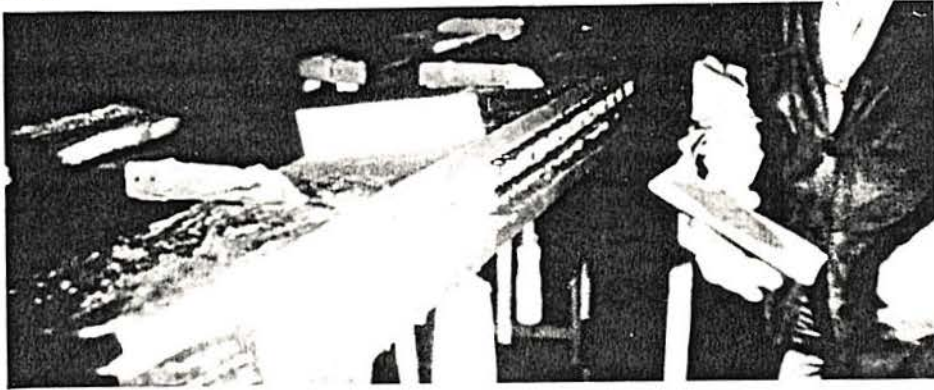
Tabela 3.21 - Reforço mediante o emprego de graute

Reforço mediante o emprego de graute ^{63,90,114}	
O emprego de graute para reforço de elementos estruturais não é largamente utilizada, principalmente, devido ao alto custo do produto, sendo mais comum o seu emprego em reparos localizados ou na fixação de chumbadores. Segundo o comitê 116 da ACI o graute* é uma mistura de material cimentante e água, com ou sem agregado, proporcionado para produzir uma consistência autoadensável sem segregação dos componentes. Os reforços com graute podem ser realizados através de lançamento convencional ou por projeção, embora esta última modalidade seja menos usual.	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
•Em todo tipo de elemento estrutural	•Qualquer tipo de solicitação
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> •Alta resistência inicial. •Alta aderência. •Alta fluidez. •Material não retrátil. •Autoadensável**. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alto custo do graute, o que torna o emprego restrito a situações muito especiais, em geral em pequenas áreas.
Procedimentos	
•Semelhante à técnica de reforço com concreto armado.	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.36 - Apicoamento para aplicação de encamisamento com concreto à base de graute (Paulo Barroso Engenharia Ltda)	

* Existe no mercado uma grande variedade de grautes, os quais podem ser classificados em dois grandes grupos: os de base mineral (inorgânicos) e os de base orgânica.

** Segundo MAIVAGANAM⁹⁰ alguns tipos de grautes possuem uma consistência mais seca, tornando-se necessário o emprego de adensamento auxiliar.

Tabela 3.22 - Reforço mediante o emprego de argamassa com adição de microssilica

Reforço mediante o emprego de argamassa com adição de microssilica* ^{54,55,85,87,115,122,123}	
Esta técnica tem os mesmos princípios do reforço com concreto armado, entretanto tem certas limitações quanto aos acréscimos das seções de aço e concreto. As argamassa para reforço são constituídas de um material com dosagem adequada, cuja formulação compõem-se de um aglomerante, areia selecionada e de granulometria regular com diâmetro máximo de 5 mm e da adição de microssilica. Estudos recentes recomendam o emprego da microssilica na faixa de 10% do peso do aglomerante, como teor mais apropriado.	
Tipos de elementos	Tipo de solicitação
•Em estudos recentes, em vigas e lajes, tem-se obtido resultados bastante satisfatórios em relação as desempenho mecânico.	•À flexão, à cortante, à compressão
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> •Baixo Custo. •Acréscimo das seções pouco significativo. •Não requer mão de obra especializada. •Dispensa o uso de equipamentos especiais. •Devido ao emprego da microssilica: <ul style="list-style-type: none"> -Maior resistência inicial, -Alta durabilidade, -Alta aderência e -Menor permeabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> •Poucos estudos realizados, principalmente, quanto à avaliação da durabilidade ao longo da vida útil das estruturas. •Limitação da espessura da argamassa de reforço (< 5 cm), o que limita sua aplicação.
Procedimentos	
<ul style="list-style-type: none"> •Reduzir ao máximo o carregamento da estrutura. •Proceder escoramento quando necessário. •Remover revestimentos e pinturas. •Remover nata superficial do concreto. •Obter superfície plana e rugosa (apicoamento do substrato). •Instalar guias para garantir a espessura de projeto. •Molhar substrato do concreto com água. •Preparar e aplicar a argamassa**. •Proceder cura rigorosa (7 dias). •Remover o escoramento após 48 horas •Carregar a estrutura após a argamassa atingir a resistência especificada. 	
Foto (fonte)	
	
Foto 3.37 - Reforço experimental de viga através da aplicação de argamassa com adição de microssilica (Denise Carpena Coitinho Dal Molin)	

* Esta técnica vem sendo objeto de estudo na UFRGS/NORIE; até o momento, nos diversos estudos realizados, tem-se obtido resultados bastante animadores, o que representará, em pouco tempo, uma excelente opção para o reforço de elementos estruturais.

** Esta técnica pode ser realizada, ainda, através do emprego de equipamentos de projeção, em grandes áreas, o que resulta em mais uma opção para reforço das estruturas.

3.2.3. Técnicas empregadas para reforço de fundações

O reforço das fundações de uma estrutura pode ser realizado através do incremento da capacidade portante, pelo aumento das seções das fundações ou pela incorporação de novos elementos de fundação, reduzindo-se a taxa de sollicitação no subsolo³³. Na figura 3.13 apresenta-se a classificação das técnicas de reforço das fundações em função do tipo de ação estabelecida^{33,72,103}.

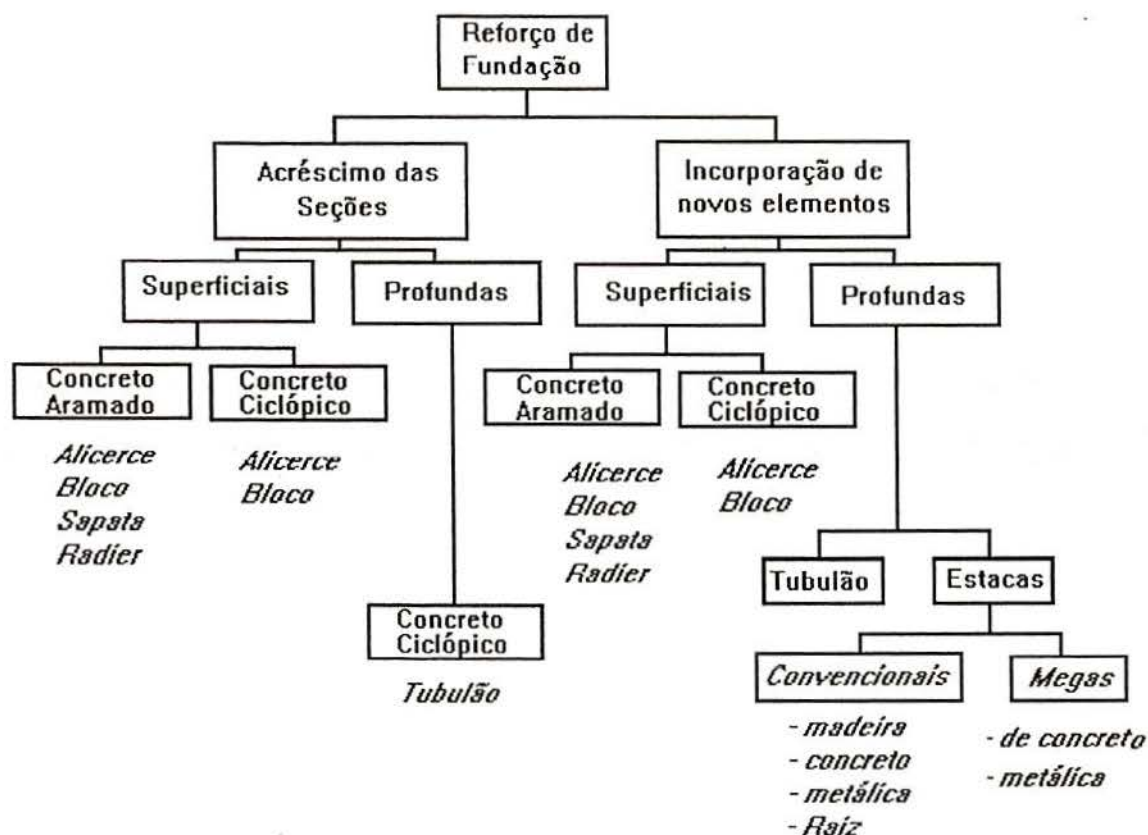


Figura 3.13 - Classificação das técnicas de reforço das fundações

As técnicas empregadas para proceder o acréscimo das seções das fundações são quase exclusivamente utilizadas nos reforços de fundações superficiais. Na grande maioria dos casos são realizados através da aplicação de concreto ciclópico ou concreto armado com lançamento convencional. Estas ações visam o alargamento das bases e o aprofundamento do nível das fundações.

As incorporações de novos elementos são, na maioria dos casos, realizadas através da instalação de tubulões, estacas convencionais ou de estacas megas.

O tipo de técnica a ser empregada depende não apenas dos aspectos meramente técnicos; são fatores determinantes na escolha do sistema, dentre outros:

a) nível de instabilidade das fundações e da estrutura;

- b) características arquitetônicas da edificação;
- c) disponibilidade de tempo e de equipamentos e
- d) custo das ações para reforço, custo social, valor histórico da edificação.

As operações para o reforço das fundações, quase sempre, são mais complexas que as efetuadas para o reforço de outros elementos estruturais. No reforço de um elemento de fundação deve-se estabelecer, além dos procedimentos recomendados para cada técnica -por acréscimo de seção ou através do incremento de novos elementos (foto 3.38).- cuidados especiais, como:

- a) proceder alívio da estrutura que afeta a fundação a reforçar, a fim de se evitar a produção de sobretensões perigosas sobre o terreno e
- b) garantir a segurança dos operários, principalmente no caso de se ter que trabalhar por baixo da fundação.

É conveniente, também, proceder a execução dos reforços por partes, principalmente nas fundações superficiais, e por zonas, nas fundações profundas, o que reduz, consideravelmente, a probabilidade de acidentes de percurso. Cabe chamar atenção, ainda, que todos estes procedimentos devem ser estabelecidos, com a maior clareza e abrangência possível, nos projetos de reforço.

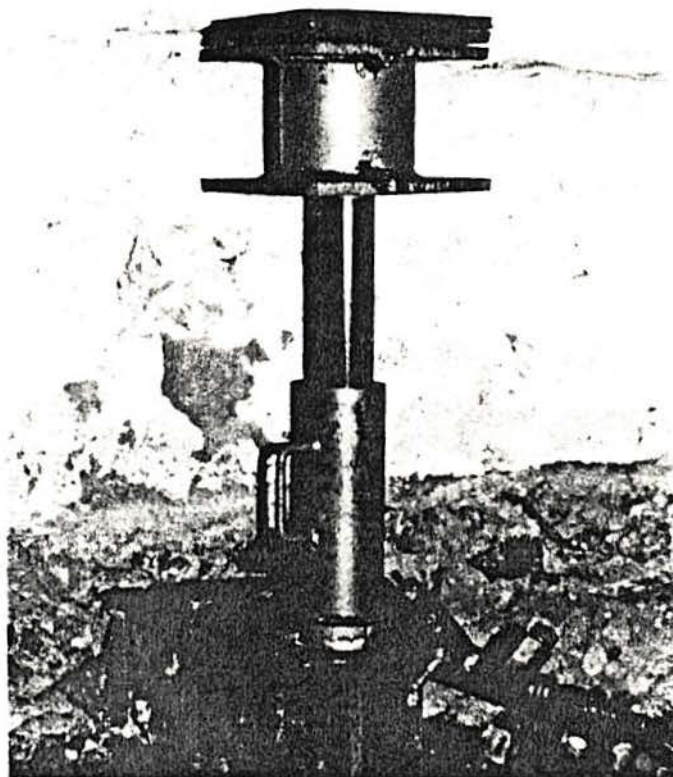


Foto 3.38 - Reforço de fundação através da incorporação de estaca mega metálica

4. LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E DOS SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, EM USO, NA REGIÃO AMAZÔNICA.*

4.1. Introdução

Partindo da premissa do total desconhecimento e inexistência de qualquer levantamento, na Região Amazônica, que indique a incidência de manifestações patológicas, o custo da reparação dos danos e dos sistemas de recuperação destas manifestações, procurou-se quantificar o maior número de casos patológicos ocorridos. Com esta intenção foram cadastrados os serviços de inspeção, diagnóstico, reparo e reforço, realizados pela empresa de maior atuação no mercado regional, que desenvolve há mais de 30 anos atividades neste setor da indústria da Construção Civil, e que tem sido responsável pela grande maioria dos diagnósticos e execução de serviços de reparo e reforço de estruturas de concreto na Região.

A partir da consulta aos arquivos da referida empresa, onde encontram-se registrados mais de 800 obras atendidas nos últimos vinte anos, selecionou-se 348 obras para compor o banco de dados do período de 1976 a 1993. Cabe ressaltar que embora nos arquivos da empresa exista um número de obras registradas bem superior aos 348 casos selecionados, não foi possível estender o banco de dados. Parte deste arquivo encontra-se danificado ou já não existem as informações mínimas necessárias para a realização das classificações, levantamentos e análises de cada obra. Por este motivo restringiu-se o estudo aos 348 casos.

As informações necessárias para elaboração do cadastramento das obras foram obtidas através da análise de laudos técnicos de vistorias, projetos de reparo e/ou reforço estrutural, diários de obras, pastas de entrega de obra e entrevistas junto ao corpo técnico da referida empresa. O banco de dados foi composto por 54 edificações residenciais unifamiliares, 70 edificações residenciais multifamiliares, 11 edificações industriais, 62 edificações destinadas a atividades comerciais ou serviços, 74 edificações pertencentes a instituições públicas, 71 edificações especiais (viadutos, pontes, trapiches, reservatórios e praças esportivas) e 6 edificações agrupadas como demais obras (rampas, monumentos, torres de concreto, galerias e arrimos), resumido na tabela 4.3.

Para realizar o cadastramento das obras foram preenchidas fichas individuais -anexo A- onde encontram-se discriminados os seguintes dados:

- a) **Cliente:** identificação do responsável pela solicitação, não sendo necessariamente o proprietário da edificação;
- b) **Codificação:** em função do uso a que se destina e número de pavimentos de cada obra, conforme estabelecido no item 4.2;

* Região Amazônica - sempre referente à Amazônia Legal que compreende os estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), da Região Nordeste (parte do Estado do Maranhão) e Região Centro Oeste (parte do Estado do Mato Grosso).

c) Dados gerais:

c.1) nome da edificação, localização e característica do entorno conforme estabelecido no item 4.3;

c.2) data construção: adotando-se como referência o início do processo construtivo, ou seja, início da elaboração dos projetos, sempre que não se dispunha de informação mais correta (início da execução da obra);

c.3) área construída: por pavimentos e total;

c.4) estimativa de custo de implantação da obra, estabelecida através do custo médio de construção, por tipo de obra, apresentado pela revista "A Construção Norte/Nordeste";

d) Intervenções:

d.1) Investigação/diagnóstico:

d.1.1) data e motivo da solicitação;

d.1.2) classificação quanto à origem das manifestações nas etapas do processo construtivo -conforme item 4.4-;

d.1.3) identificação e quantificação das manifestações patológicas em função do elemento da estrutura afetado;

d.2) Reparo e/ou reforço:

d.2.1) data do início dos serviços de reparo e/ou reforço;

d.2.2) custo dos serviços de reparos e reforços das estruturas;

d.2.3) identificação e quantificação dos sistemas de reparos e reforços aplicados para recuperação das estruturas.

4.2. Tipos de edificações em função do uso e número de pavimentos.

Para estabelecimento da codificação de cada edificação, foi empregada uma classificação quanto ao tipo de utilização e número de pavimentos, conforme apresentado nas tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 - Classificação quanto ao uso da edificação

Classe	Uso da Edificação
Residencial (RES)	- Unifamiliar (U) - Multifamiliar (M)
Diversos (DIV)	- Comércio/serviço (CS) - Institucional (OP)
Especiais (ESP)	- Industrial (I) - Viadutos / pontes / trapiches (VP) - Reservatórios / piscinas/ cisternas (R) - Arrimos / base de torres / base de apoio (A) - Praças esportivas (E)
Demais Obras (DO)	- Rampas / galerias / torres de concreto/ monumentos (DO)

Tabela 4.2 - Classificação quanto ao número de pavimentos

Classe	Térreo	até 2 pav.	até 4 pav.	mais de 4 pav.
Código	1	2	3	4

A tabela 4.3 apresenta o resumo das obras vistoriadas que compõem o banco de dados do presente trabalho. Observa-se que a maior concentração de casos ocorridos, 35.64%, são do tipo Residencial Unifamiliar e Multifamiliar.

Tabela 4.3 - Resumo das obras vistoriadas

Natureza das Edificações					
Estrut.	Uso		Nº pavimentos	Nº Unidades	%
C* O N V E N C	R E S	Unifamiliar (U)	térreo (RES-U-1)	20	5.75
			até 2 pav.(RES-U-2)	34	9.77
		Multifamiliar (M)	até 4 pav.(RES-M-3)	20	5.75
			mais de 4 pav.(RES-M-4)	50	14.37
	D I V	Comércio / Serviço (CS)	térreo (DIV-CS-1)	18	5.17
			até 2 pav.(DIV-CS-2)	27	7.76
			até 4 pav.(DIV-CS-3)	9	2.59
			mais de 4 pav.(DIV-CS-4)	8	2.30
		Institucional (OP)	térreo (DIV-OP-1)	33	9.48
			até 2 pav.(DIV-OP-2)	27	7.76
E** S P	E S P	Industrial (I)	térreo (ESP-I-1)	7	2.01
			até 2 pav.(ESP-I-2)	4	1.15
		Viadutos / pontes / trapiches (ESP-VP)	19	5.46	
		Reservatórios / piscinas / cisternas (ESP-R)	30	8.62	
		Arrimos / base torres / base de apoio (ESP-A)	6	1.72	
		Praças esportivas (ESP-E)	16	4.60	
		Demais obras (ESP-DO)	6	1.72	
Total				348	100.00

* Obras com estruturas convencionais

** Obras com estruturas especiais

4.3. Classificação quanto ao entorno das obras vistoriadas

As edificações foram classificadas, de acordo com as características do entorno onde encontram-se as obras, em: zona urbana, periferia urbana, água doce -rios e praias de água doce-, área salina -cidades litorâneas e praias salinas-, zona industrial e área rural (tabela 4.4)

Cabe chamar atenção para o grande número de ocorrências nas zonas urbanas, quer seja pela densidade populacional nestas áreas, quer seja pelas características da região, ou seja, reduzida presença de litoral salino, parque industrial pouco poluente e ocorrência da autoconstrução* nas periferias urbanas, que normalmente não são assistidas quanto à recuperação das obras em geral.

* Autoconstrução - processo de produção de moradias de baixo custo, pela população de baixa renda, mediante o seu próprio trabalho, e que constitui tentativa de resolver o problema habitacional, principalmente nas periferias das grandes cidades

Tabela 4.4 - Entorno das obras vistoriadas

Zona	Nº Casos	%
Urbana	208	59.77
Periferia urbana	39	11.21
Água doce	39	11.21
Área salina	22	6.32
Industrial	26	7.47
Rural	14	4.02
Total	348	100.00

4.4. Origem das manifestações patológicas

Ao serem estudados os casos da literatura -capítulo 3- e os casos coletados no levantamento, observou-se que existem diversas manifestações patológicas que podem ter a mesma causa. Para facilitar a análise dos resultados procurou-se definir a causa como o procedimento inadequado, estabelecido em qualquer etapa do processo construtivo, que alterou o comportamento esperado ou desejado, de parte ou da totalidade da estrutura, criando o ambiente propício à ocorrência de danos na estrutura (manifestação patológica).

Em muitos casos não é tarefa fácil a simples identificação dos danos; obviamente, estabelecer a causa de uma manifestação patológica é às vezes tarefa bem complexa. Em alguns casos é extremamente difícil identificar-se a origem de uma causa, podendo o dano caracterizar mais de uma origem. Por exemplo, para um concreto de baixa resistência, pode-se atribuir a origem do dano à etapa de execução da obra por não terem sido atendidas as especificações de projeto ou à etapa de projeto, por não existirem as especificações quanto à qualidade do concreto a ser produzido, à durabilidade desejada, à trabalhabilidade, ao diâmetro máximo dos agregados, dentre outras.

Devem ser consideradas ainda situações em que não se consegue definir claramente uma única etapa do processo construtivo a qual se deva atribuir a origem do dano. Na análise das 348 obras estudadas, várias manifestações tiveram origem em mais de uma etapa, motivo pelo qual foram contabilizadas 464 origens, conforme pode ser observado nas tabelas 4.5 e 4.7.

Consubstanciado no levantamento realizado e nas informações obtidas na literatura -capítulo 3-, apresenta-se no item 4.4.1 os principais procedimentos inadequados que possibilitam a ocorrência dos danos em estruturas de concreto.

4.4.1. Classificação quanto à origem das manifestações nas etapas do processo construtivo

Para efeito de classificação, o processo construtivo foi dividido em quatro etapas: planejamento/projeto, materiais, execução e uso^{26,30,33,72,89,94,96,127}

4.4.1.1. Origem das manifestações patológicas atribuída ao projeto/planejamento^{9,10,26,33}

Na etapa projeto/planejamento os danos estão relacionados a dois aspectos fundamentais. O primeiro está relacionado à deficiência do conhecimento técnico na época do projeto (arquitetônico, estrutural e de fundação). Um exemplo pode consistir em não se dispor de modelo de cálculo capaz de prever, satisfatoriamente, as solicitações a que estará submetida a estrutura, como se pode citar as estruturas sujeitas a solicitações dinâmicas. O segundo, aos erros atribuídos aos projetistas, tais como: deficiência na coordenação dos diversos projetos, erros de programação, deficiência do detalhamento e da concepção da estrutura, dentre outros.

Na etapa projeto/planejamento pode-se listar alguns dos principais procedimentos inadequados:

a) Avaliação inadequada das condições a que a estrutura estará sujeita:

- fck incompatível;
- cobertura insuficiente da armadura;
- abertura excessiva de fissuras e
- tipo de cimento inadequado.

b) Especificações:

- escolha inadequada da cor da superfície do concreto;
- abatimento (slump) incompatível e
- ausência de especificação quanto ao tipo de aditivo - aceleradores de pega, plastificantes/superplastificantes e retardadores, dentre outros-.

c) Sobrecarga:

- má concepção do projeto;
- avaliação incorreta das cargas atuantes e
- erros de cálculo.

d) Detalhes construtivos:

- ausência de ressaltos e pingadeiras;
- zonas que permitem o acúmulo de água;
- detalhes construtivos deficientes ou inadequados;
- ausência de detalhamento: passagem de dutos e eletrodutos;
- juntas de concretagens (falta de previsão ou previsão inadequada) e
- juntas de dilatação (falta de previsão ou previsão inadequada).

e) Composição do concreto:

- alto ou baixo consumo de cimento;
- alto fator água/cimento;
- alta proporção de agregados finos;
- alta finura do cimento;
- cimento com alta proporção de C3A e C3S;
- deficiência granulométrica dos agregados e

- deficiência no estabelecimento do sistema de cura em relação ao proporcionamento do concreto.

f) Definição das armaduras:

- concentração de barras de armaduras;
- barras de diâmetro elevado;
- disposição inadequada de barras de armaduras;
- cobrimento insuficiente de emendas por transpasse;
- ausência de armadura de suspensão;
- ausência de armadura para absorver momentos volventes e
- armadura insuficiente em zonas de mudança de direção dos esforços.

g) Definição de formas:

- cargas sub-estimadas;
- projeto incompleto ou execução incorreta devido à ausência de projeto e
- não previsão de ações a serem estabelecidas nas operações de desforma.

h) Fundações:

- falta de investigação do subsolo;
- tipo de fundação inadequada à situação e
- adoção de diversos tipos de fundação na mesma estrutura.

4.4.1.2. Origem das manifestações patológicas atribuída aos materiais^{3,9,10,26,33}

Em geral as causas relacionadas aos materiais estão ligadas ao emprego de materiais impróprios ao tipo de obra a ser executada e à deficiência no controle de compra -qualidade inferior à especificada nos projetos-, recebimento e estocagem, estabelecendo-se procedimentos incompatíveis aos previstos nos projetos e permitindo-se a deterioração dos mesmos.

Dentre os principais procedimentos inadequados relacionados aos materiais pode-se citar:

a) Cimento^{11,14,15,16,17,18,19,20,21,22,33,119}:

a.1) Compra e recebimento: falta de controle das características físicas, químicas e mecânicas limitadas por normas;

- resíduo insolúvel (RI) em excesso;
- perda ao fogo (PF) em excesso;
- óxido de magnésio (MgO) em excesso;
- trióxido de enxofre (SO₃) em excesso;
- anidrido carbônico (CO₂) em excesso;
- finura elevada resultando em calor de hidratação elevado;
- finura reduzida, dificultando a hidratação;
- tempo de início de pega.< 1 hora;
- expansibilidade a quente > 5 mm e

- não obtenção das resistências à compressão estabelecidas nas normas aos 3,7 e 28 dias, dentre outras exigências.

a.2) Armazenamento inadequado, permitindo o início do processo de hidratação.

b) Agregado miúdo^{11,12,119}: compra, recebimento e armazenamento:

- excesso de material pulverulento (> 3 % em concretos submetidos a desgaste superficial e > 5 % nos demais tipos de concreto);
- excesso de torrões de argila (> 1,5 %) e materiais friáveis;
- excesso de impurezas orgânicas (> 300 ppm);
- excesso de materiais carbonosos (> 0,5 % em concreto aparente e > 1,0 % nos demais tipos de concretos);
- excesso de sais solúveis (principalmente sulfatos e cloretos) (> 2,0 %);
- deficiência de materiais finos e
- armazenamento deficientes, permitindo contaminação ou mistura com outros agregados.

c) Agregado graúdo^{11,12,119}: compra, recebimento e armazenamento:

- excesso de material pulverulento (partículas de silte e argila) (> 1,0 %);
- excesso de torrões de argila e materiais friáveis (> 1,0 % em concreto aparente, > 2,0 % em concreto submetido a desgaste superficial e > 3,0 % nos demais casos);
- excesso de materiais carbonosos (> 0,5 % em concreto aparente e > 1,0 % nos demais casos);
- dimensão máxima característica incompatível com a densidade da armadura, dimensão das formas e sistema de transporte do concreto;
- índice de forma elevado (> 3,0 %);
- granulometria deficiente e
- armazenamento deficiente, permitindo contaminação ou mistura com outros agregados.

d) Aço^{11,22}: compra, recebimento e armazenamento:

- aço com resistência a tração inferior ao especificado em projeto e
- estocagem em local e de maneira inadequados.

e) Madeira¹¹: compra, recebimento e armazenagem:

- tábuas ou pranchas deformadas;
- madeira absorvente em demasia;
- fôrmas de baixa qualidade, número excessivo de nós e
- estocagem deficiente, permitindo contaminação e empenamento das peças.

f) Água^{11,119}:

- Ph fora dos limites recomendados entre 5,8 e 8,0.
- excesso de matéria orgânica (expresso em oxigênio consumido > 300 mg/l)
- excesso de resíduo sólido (> 5000 mg/l)
- excesso de sulfatos (expresso em íons SO_4 > 300 mg/l)
- excesso de açúcar (>5 mg/l)
- excesso de cloretos (expresso em íons Cl^- >500 mg/l)

4.4.1.3. Origem das manifestações patológicas atribuída à execução^{9,10,26,33,52,127}

As falhas de execução das estruturas podem ser de todo tipo, podendo estar vinculadas à confecção, instalação e remoção das fôrmas e cimbramentos; corte, dobra e montagem das armaduras e dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, todas elas relacionadas, principalmente, ao emprego de mão de obra desqualificada ou falta de supervisão técnica.

Como principais procedimentos inadequados na execução identifica-se:

a) Execução das armaduras:

a.1) Dobramento:

- ângulo de dobramento das barras inferior ao mínimo admissível.

a.2) Montagem das armaduras:

- pouco cuidado quanto à disposição das barras;

- deficiente instalação das barras;

- baixa qualidade dos espaçadores -espessura variada, traço diferente do traço do concreto da estrutura e baixa resistência à compressão-.

- ausência ou distanciamento excessivo dos espaçadores;

- troca de bitola da armadura;

- falta de proteção das armaduras -deslocamentos, deformações- e

- utilização de barras corroidas.

b) Execução das fôrmas:

b.1) Montagem:

- armação inadequada dos cantos;

- espaçamento elevado entre gravatas;

- deficiente contraventamento das escoras;

- escora fora de prumo ou excessivamente esbelta;

- apoio inadequado de escoras;

- utilização de fôrmas danificadas ou deformadas e

- falta de estanqueidade das fôrmas.

b.2) Desforma

- ausência de substância anti-aderente (desmoldante);

- alteração do diagrama de solicitações;

- falta de planejamento quanto à manutenção do escoramento parcial em lajes;

- desforma precoce e

- desforma violenta.

c) Execução do concreto:

c.1) Dosagem:

- ausência de dosagem e

- medição incorreta dos materiais.

c.2) Mistura:

- ordem inadequada de colocação dos materiais;
- tempo de mistura dos materiais e/ou velocidade de rotação da betoneira insuficientes ou excessivos e
- betoneira com volume de materiais além de sua capacidade ótima.

c.3) Transporte:

- equipamentos e/ou velocidade de transporte inadequados e
- transporte inadequado.

c.4) Lançamento:

- altura de lançamento excessiva;
- lançamento inadequado, ocasionando movimentação das armaduras;
- lançamento em pontos localizados, sobrecarregando excessivamente as fôrmas;
- temperatura ambiente muito baixa ($< 4^{\circ} \text{C}$);
- baixa umidade relativa do ar e/ou vento excessivo na superfície do concreto e/ou temperatura ambiente elevada, sem cuidados especiais;
- Interrupção da concretagem de forma inadequada e
- desobediência a planos de concretagem.

c.5) Adensamento:

- vibração das armaduras, provocando deslocamento das barras em relação ao concreto já adensado, propagando esforços à massa de concreto adjacente, já adensado;
- vibração excessiva provocada por uso de equipamento inadequado, duração excessiva ou aplicação de procedimentos incorretos de operação e
- vibração insuficiente causada por espaçamento excessivo entre pontos de penetração, duração insuficiente ou falta de interpenetração entre camadas.

c.6) Cura

- falta de proteção da superfície do concreto contra a perda de água de amassamento e
- adoção de sistema de cura inadequado ao tipo de exposição da estrutura.

4.4.1.4. Origem das manifestações patológica atribuída à utilização^{9,10,28,33,89}

Os procedimentos inadequados durante a utilização, última etapa do processo construtivo, segundo alguns autores^{28,89}, podem ser divididos em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais.

O primeiro grupo compreende as ações previsíveis, envolvendo os procedimentos que podem ser perfeitamente programados como as etapas de manutenção, presença de ambientes agressivos e sobrecargas excessivas -quando pela ausência de informação nos projetos e/ou inexistência de manual de utilização ocorre carregamento além do estabelecido em projeto-. Como exemplo pode-se citar: prédios destinados a guarda de material explosivo, indústrias químicas, edificações situadas em áreas salinas e ampliações ou alterações no uso do último pavimento -cobertura-.

No segundo grupo, encontram-se as ações imprevisíveis: alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, paralisação da obra por longo período e choques acidentais; ou os acidentes razoavelmente previsíveis -as ações que até podemos imaginar sua ocorrência, entretanto, o custo para preveni-las é extremamente elevado, sendo preferível correr o risco delas virem a ocorrer, por exemplo um abalo sísmico de grande intensidade no Brasil.

Na análise dos 348 casos, os procedimentos inadequados durante a utilização foram divididos em dois grupos. No primeiro agrupou-se as ações previsíveis como a falta de manutenção preventiva (por ser perfeitamente possível programá-la) e sobrecargas (carregamento excessivo da estrutura além do estabelecido em projeto). No segundo grupo encontram-se as ações imprevisíveis: alteração das condições de exposição da estrutura, abalos provocados por obras vizinhas, paralisação da obra por longo período, incêndios e choques.

4.4.2. Distribuição das origens das manifestações patológicas

4.4.2.1. Distribuição das origens das manifestações patológicas, por estado, na Região Amazônica

Na tabela 4.5 foram dispostas as origens das manifestações patológicas, por estado, e a média da região. As maiores incidências de danos, quase 70 %, tiveram origem nas etapas de projeto/planejamento e execução. Esta constatação deve servir de alerta aos profissionais da região pois nestas etapas, normalmente, a participação dos técnicos é mais efetiva.

Tabela 4.5 - Distribuição das origens, por estado, das manifestações patológicas constatadas (1976 - 1993)

Origem das Manifestações	Amapá		Amazonas		Maranhão		Pará		Rondônia		Roraima		Amazônia	
	NC	%	NC	%	NC	%	NC	%	NC	%	NC	%	NC	%
Planej/projeto	2	100	10	20,41	14	30,43	110	30,31	1	50	2		139	29,96
Materiais			8	16,33			17	4,68					25	5,39
Execução			21	42,85	17	36,96	141	38,84	1	50			180	38,79
U S O	Previsíveis		2	4,08	10	21,74	73	20,11					85	18,32
	Imprevisíveis		8	16,33	5	10,87	22	6,06					35	7,54
Total	2	0,43	49	10,56	46	9,92	363	78,23	2	0,43	2	0,43	464	100

Observou-se, também, uma reduzida concentração das origens relacionadas aos materiais 5.39%, quando comparada aos valores citados na literatura -tabela 4.6-, possivelmente pela dificuldade de identificar ou até mesmo confundir essas origens com as oriundas das etapas de projeto/planejamento e de execução. Como pode-se observar, o percentual de danos na etapa de utilização, 25.86%, apresentou-se muito elevado. Este dado parece de

suma importância e permite inferir que não existe qualquer preocupação quanto à manutenção preventiva em nossas obras.

Embora o número de obras analisadas nos estados do Amapá, Rondônia e Roraima não seja significativo, e inexistam ocorrências registradas nos estados do Tocantins e Mato Grosso, supõe-se que os danos nestes estados tenham as mesmas origens, quer pelas características climáticas da região e agressividade do meio, quer pela qualificação do corpo técnico e mão de obra empregada. Há de se considerar, ainda, o fato dos estados do Pará, Maranhão e Amazonas possuírem um volume de obras muito superior aos demais estados da região, motivo pelo qual é perfeitamente lógico a ocorrência de maior percentual de casos nestes estados.

Tabela 4.6 - Origem das manifestações patológicas em diversos países (Carmona Filho & Marega³⁸ e Bueno²⁷)

País	Número de casos	Causas					Tipo de obra			
		P	M	E	U	N	R	C	I	H
Inglaterra	510	49	11	29	10	1				
Alemanha	1570	40	15	29	9	7				
Romenia	432	38	23	20	11	8				
Bélgica	3000	49	12	24	8	7				
Dinamarca	601	37	25	22	9	7				
Iugoslávia	117	34	22	24	12	8				
França	10000	37	5	51	7		68	18	14	
Espanha	586	41	13	31	11	3	57	20	12	
Brasil	527	18	7	52	13		24	19	26	12

Causas P = projeto M = materiais E = execução U = utilização N = naturais
 Tipo de obra R = residencial C = comercial I = industrial H = hidráulica

4.4.2.2. Distribuição das origens das manifestações patológicas, por tipo de obra, na Região Amazônica

Na tabela 4.7 encontram-se dispostas as origens dos danos em função do tipo de obra analisada. Em geral, constatou-se que a maior incidência dos danos, quanto à origem no processo construtivo, em todos os tipos de obra, está relacionada às etapas de planejamento/projeto e execução. Alguns percentuais levantados -tabela 4.7- merecem uma análise mais apurada:

- a) nas obras do tipo reservatórios elevados, cisternas e piscinas, 50.00% dos danos foram atribuídos a condições inadequadas na etapa de execução, tendo sido identificado um grande número de problemas durante as concretagens e descuido quanto aos sistemas de cura do concreto;
- b) quanto aos 45.00% dos danos em obras residenciais, atribuídos à etapa de execução, destacam-se os problemas causados por descuido nas concretagens, cura do concreto, cobrimento insuficiente das armaduras, erros de locação e alteração da geometria do elemento estrutural;

c) como já era esperado inicialmente, 45.00% dos danos em pontes, viadutos e trapiches e 49.00% dos danos em obras esportivas tiveram origem na etapa de utilização, estando diretamente relacionados à deficiência ou inexistência de qualquer tipo de manutenção preventiva e

d) no grupo demais obras, 45.00% dos danos estão relacionados a impactos e choques provocados nas operações de uso.

Tabela 4.7 - Distribuição das origens, por tipo de obra, das manifestações patológicas na Amazônia (1976-1993)

Origem das Manifestações Patológicas										
Tipo de Obra	Planej./projeto		Materiais		Execução		Uso			
	N C.	%	N C.	%	N C.	%	Previsíveis		Imprevisíveis	
							N C.	%	N C.	%
Residencial (RES)	44	33.59	7	5.34	58	44.28	16	12.21	6	4.58
Industrial (I)	5	33.33	2	13.33	4	26.67	4	26.67		
Com./Serviço (CS)	31	46.97	1	1.52	20	30.30	10	15.15	4	6.06
Institucional (OP)	33	26.40	10	8.00	48	38.40	23	18.40	11	8.80
Pontes (VP)	6	16.67	1	2.78	13	36.11	11	30.55	5	13.89
Reservatórios (R)	11	25.00	3	6.82	22	50.00	5	11.36	3	6.82
Arrimos (A)	3	37.50	1	12.50	2	25.00	1	12.50	1	12.50
Praça Esportiva (E)	3	10.00			12	40.00	14	46.67	1	3.33
Demais Obras (DO)	3	33.33			1	11.11	1	11.11	4	44.45
Amazônia (total)	139	29.96	25	5.39	180	38.79	85	18.32	35	7.54

Pode-se concluir que, na Amazônia, a origem das manifestações, quanto à etapa do processo construtivo, não difere significativamente dos valores apresentados na literatura nacional e internacional -tabelas 4.6 e 4.7-.

4.5. Metodologia empregada para realização do levantamento das manifestações patológicas

As principais classificações estabelecidas estão relacionadas aos tipos de manifestações patológicas, à natureza da edificação e ao tipo de elemento da estrutura afetado.

Os danos nas estruturas de concreto foram divididas em dois grupos. O primeiro grupo compreende as manifestações que ocorreram nas primeiras idades da estrutura, quando o concreto ainda se encontrava no **estado fresco**; o segundo grupo, as manifestações que ocorreram após o endurecimento do concreto, isto é, no **estado endurecido**.

Os tipos de manifestações patológicas, do concreto no **estado fresco**, foram classificados em *fissuras por movimentação de fôrmas*, *fissuras devidas à retração* (assentamento plástico ou dessecação superficial), *segregação do concreto*, *ninhos de concretagem*, *alteração na geometria dos elementos estruturais*, *juntas de concretagem*, *cobrimento insuficiente das armaduras e concreto contaminado* (gesso). Para o caso das patologias observadas no concreto, no **estado endurecido**, estabeleceu-se: *retração por secagem ou hidráulica*, *fissuras por movimentações térmicas* (internas ou externas), *fissuras por reações expansivas com sulfatos e alcali-*

agregados, corrosão de armaduras, fissuras de momento volvente, fissuras coincidentes à direção de eletrodutos, fissuras por posicionamento incorreto da armadura, por transmissão inadequada de esforços e por deficiência no dimensionamento (flexão, tração, cortante, compressão, torção), desagregação do concreto, infiltração, desforma prematura, detalhes construtivos, fissuras por recalques diferenciais, junta de dilatação obstruída ou má executada, concreto do capeamento fraturado (laje de pontes), aparelho de apoio danificado, bolor (fungos), fissuras devido à vibração de bate-estaca, tirantes protendidos sem proteção, incêndio e desabamento.

Cabe salientar que a classificação apresentada acima foi estabelecida em função das informações obtidas na literatura, conforme apresentado no capítulo 3, e no banco de dados da empresa.

As estruturas, em geral, foram divididas em *infra e super estruturas*, e nos casos das pontes, viadutos e trapiches acrescentou-se a *meso estrutura*.

Nas infra estruturas foram listados os seguintes elementos estruturais: *alicerce corrido, bloco, sapata, cintamento, estaca e tubulão*. Para as meso estruturas, *pilarete e bloco superior*, e como elementos estruturais das super estruturas listou-se: *pilar/tirante, viga, laje, marquise/sacada/calha, escada/rampa, arrimo, placa pré-moldada de concreto, parede de concreto, guarda corpo, console e arquibancada*.

4.5.1. Critérios estabelecidos para quantificação das manifestações patológicas

Na análise das manifestações patológicas foram estabelecidos os seguintes procedimentos:

- a) cada tipo de manifestação ocorrida, em cada peça da estrutura, foi contabilizada como uma ocorrência;
- b) realizou-se o agrupamento do número de ocorrências, por peça, para cada tipo de obra, conforme classificação proposta na tabela 4.3;
- c) agrupou-se as ocorrências, por peça, para os grupos de obras convencionais (residências, comércio/serviço e institucionais);
- d) listou-se a somatória das ocorrências, por peça, para as obras especiais (industriais, pontes, reservatórios, arrimos, praça esportiva e demais obras) e
- e) finalmente agrupou-se, por peças, a somatória de todas as manifestações patológicas, em todos os tipos de obras.

Pelo critério estabelecido acima, quando uma laje apresentava uma fissura coincidente à direção de eletrodutos, três pontos (distintos) de corrosão de armaduras e infiltração generalizada, registrou-se a ocorrência de cinco manifestações patológicas.

4.6. Metodologia empregada para realização do levantamento dos sistemas de recuperação das estruturas

As principais classificações estabelecidas estão relacionadas aos tipos de sistemas de reparos e reforços utilizados, à natureza das edificações e ao tipo de elemento da estrutura reparado ou reforçado.

As técnicas empregadas para recuperação das estruturas foram divididas em três grupos. O primeiro grupo compreende os **sistemas de reparos**, quando não ocorre incorporação de novo elemento ou incremento das seções de aço e concreto na estrutura existente; portanto, trata da simples reposição da condição original de segurança ou funcionalidade da estrutura; o segundo grupo, denominado **reforço estrutural**, tem por finalidade o aumento da capacidade resistente da estrutura acima do nível para o qual foi projetada -reposição das condições de estabilidade da estrutura em sua totalidade ou em partes localizadas-; o terceiro grupo, **reforço de fundação**, compreende o incremento da capacidade portante das fundações através da incorporação de novos elementos ou da redução da taxa de sollicitação junto ao subsolo por meio do aumento das seções.

A classificação dos sistemas de reparo, reforço estrutural e reforço de fundação foi estabelecida através das informações obtidas na literatura, conforme apresentado no capítulo 3, e em função do levantamento efetuado junto à empresa consultada.

Os sistemas de reparos foram classificados em: *colmatagens* -com resina epoxídica, argamassa expansiva, mastique elástico e graute-, *injeções* -com resina epoxídica, graute, calda expansiva e micro concreto-, *argamassa projetada*, *concreto projetado*, *graute com lançamento convencional*, *graute projetado*, *tratamento de juntas de dilatação*, *instalação ou substituição de aparelhos de apoio*, *impermeabilização*, *enchimento com concreto leve* (reposição de níveis), *recomposição de capeamento com "novo" concreto* (pontes e trapiches), *confecção de rufos de concreto*, *drenagem* -instalação de drenos e colchão de areia-, *pintura protetora da superfície do concreto* e *pintura à base de epóxi*.

Os reforços das peças das meso e super estrutura foram classificados em *encamisamento com concreto com lançamento convencional*, *encamisamento com concreto projetado*, *encamisamento com graute*, *reforço com chapa colada*, *reforço com perfil metálico*, *reforço com concreto protendido*, *incorporação de novo elemento em concreto convencional* e *incorporação de novo elemento em concreto ciclópico*.

Os reforços de fundação foram classificados em *encamisamento com concreto convencional*, *encamisamento com concreto projetado*, *reforço com chapa colada*, *reforço com perfil metálico*, *incorporação de novo elemento em concreto convencional*, *incorporação de novo elemento em concreto ciclópico*, *execução de novas estacas* - *madeira*, *concreto convencional*, *mega de concreto*, *mega perfil metálico*, *raiz*- e *tirantes*.

4.6.1. Critérios estabelecidos para quantificação dos sistemas de reparos, reforço estrutural e reforço de fundação

Para quantificação dos sistemas de reparo e reforços das estruturas foram adotados os seguintes procedimentos:

- a) cada tipo de reparo aplicado em cada manifestação patológica foi contabilizado como uma intervenção;
- b) cada tipo de reforço aplicado em cada peça foi contabilizado como uma intervenção;
- c) após a identificação de cada sistema de reparo e/ou reforço, procedeu-se à contagem do número de intervenções, por peça, para cada obra;
- d) procedeu-se ao agrupamento do número de intervenções, por peças, para cada tipo de obra, conforme proposto na tabela 4.3;
- e) agrupou-se as intervenções, por peças, para os grupos de obras especiais (residências, comerciais/serviço e institucionais);
- f) listou-se a somatória das intervenções, por peças, para as obras especiais (industriais, pontes, reservatórios, arimos, praças esportivas e demais obras) e
- g) finalmente agrupou-se, por peças, a somatória de todas as intervenções, para todos os tipos de obras.

Pelo critério estabelecido, quando uma laje recebeu a aplicação de duas injeções de resina epoxídica, aumento da seção de aço e concreto por meio da aplicação de concreto projetado (face inferior) e enchimento com concreto leve (face superior) registrou-se a aplicação de quatro intervenções, sendo três reparos (injeções e enchimento) e um reforço (concreto projetado).

5. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Este capítulo compreende a discussão dos principais resultados obtidos no levantamento apresentado no capítulo 4, quanto à incidência dos processos de degradação nas estruturas de concreto, na Amazônia. A partir das tabelas B1 a B22 -anexo B-, que deram origem às figuras 5.1 a 5.21, apresenta-se a discussão das principais manifestações patológicas por tipo de obra analisada e por tipo de peça afetada.

5.1. ANÁLISE DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

5.1.1. Em função do estado do concreto: fresco ou endurecido

As patologias do concreto no estado fresco -obras convencionais e especiais- representaram quase 15.00% dos danos observados, enquanto as patologias no estado endurecido corresponderam a 85.00%. Esta constatação pode ser questionada considerando-se que:

a) boa parte das vistorias foi realizada em obras acabadas. Em obras acabadas os problemas no concreto fresco - ninhos de concretagem, alteração geométrica do elemento estrutural, segregação do concreto, cobrimento insuficiente das armaduras e fissuras de retração (assentamento plástico/superficial) dentre outras- podem ser recobertos pelos revestimentos -rebocos, pisos e pinturas-, não sendo mais visíveis quando da realização das inspeções e

b) nas obras em andamento, normalmente, ocorrem problemas com os quais os técnicos estão acostumados a conviver e resolver, de forma adequada ou não. Em geral não ocorre a interveniência de profissionais externos.

Cabe ressaltar que, se por um lado, algumas patologias, como as provocadas por retração superficial, possam não vir a comprometer as estruturas, principalmente devido à possibilidade de serem colmatadas através de reações do hidróxido de cálcio (carbonatação), presente na pasta de cimento, o mesmo não pode ser afirmado na presença de outras patologias. A existência de segregação no concreto e a ocorrência de cobrimento insuficiente nas armaduras, dentre outros danos, se não tratados convenientemente, por pessoal qualificado, podem constituir pontos vulneráveis nas estruturas. Isto pode comprometer a transferência dos esforços de forma adequada, possibilitar a agressão das armaduras -quer pela ausência de proteção física, quer pela falta de homogeneidade do concreto (gerando diferença de potencial entre as seções da peça, colaborando para o processo corrosivo nas armaduras)- e por fim comprometer a vida útil da estrutura.

5.1.2. Em função do tipo de obra analisada

As figuras 5.1 a 5.11 -elaboradas a partir das tabelas B.1 a B.21 (anexo B)- mostram a contribuição percentual dos principais agentes de degradação das estruturas de concreto, na Região, por tipo de obra analisada. Na grande maioria dos grupos de edificações, observou-se ser a corrosão das armaduras o dano de maior predominância (foto 5.1). A elevada incidência desta manifestação pode ser explicada por vários motivos:

a) o cobrimento das armaduras, em muitas obras, não atendeu às especificações de projeto e/ou as especificações foram inadequadas às condições de exposição (foto 5.2);

b) observou-se grande incidência de concretos de baixa resistência (< 15 MPa) e de alta permeabilidade*;

c) a ocorrência de patologias diversas -segregação do concreto, falhas em juntas de concretagem, ninhos e fissuras- contribuiu significativamente para que as armaduras tivessem reduzida sua proteção física e química (foto 5.3);

d) verificou-se descuido quanto a procedimentos elementares para evitar-se a corrosão das armaduras quando da paralisação das obras por longos períodos e

e) nos cintamentos, bases de pilares e fundações superficiais identificou-se, com frequência, a presença de fôrmas, concretos segregados e de baixíssima resistência (<15 MPa), permitindo a exposição das armaduras e, como conseqüência natural, o início do processo corrosivo. Cabe ressaltar que a associação dessas anomalias tem se constituído no mais grave problema em obras convencionais na Região.



Foto 5.1 - Aspecto da armadura longitudinal de um pilar na presença de corrosão de armadura generalizada e perda da seção de concreto por lascamento

*Concretos de baixa resistência são frequentemente produzidos na Região, como conseqüência de elevada relação água/cimento, dentre outros fatores. O elevado fator a/c tem grande influência na profundidade de carbonatação pois determina o nível de porosidade e de permeabilidade do concreto, que são parâmetros fundamentais para garantia da durabilidade das estruturas.

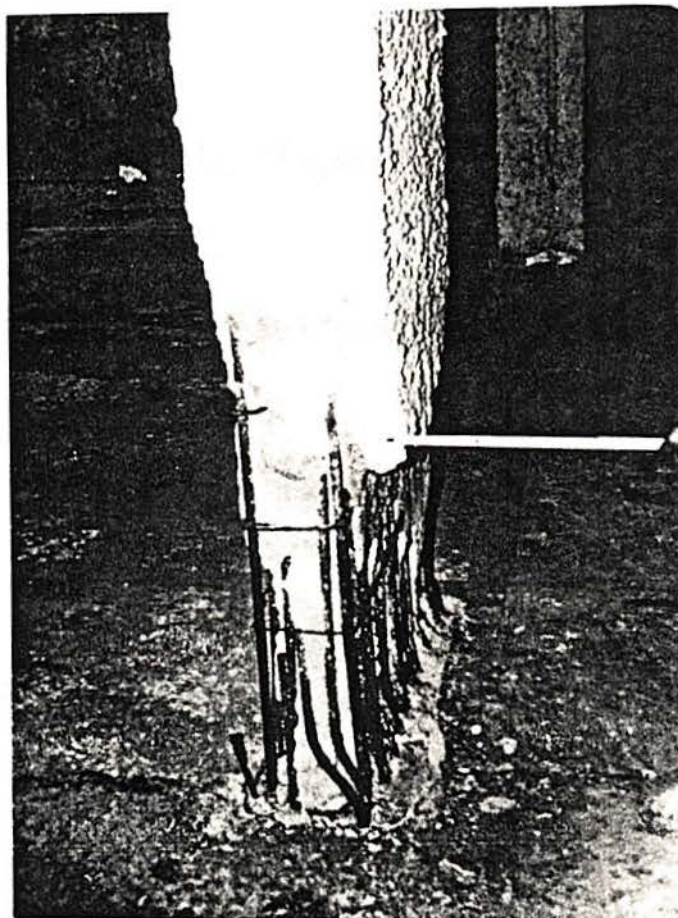


Foto 5.2 - Corrosão das armaduras, esperas "caneladas" e com cobrimento em desacordo ao projeto estrutural

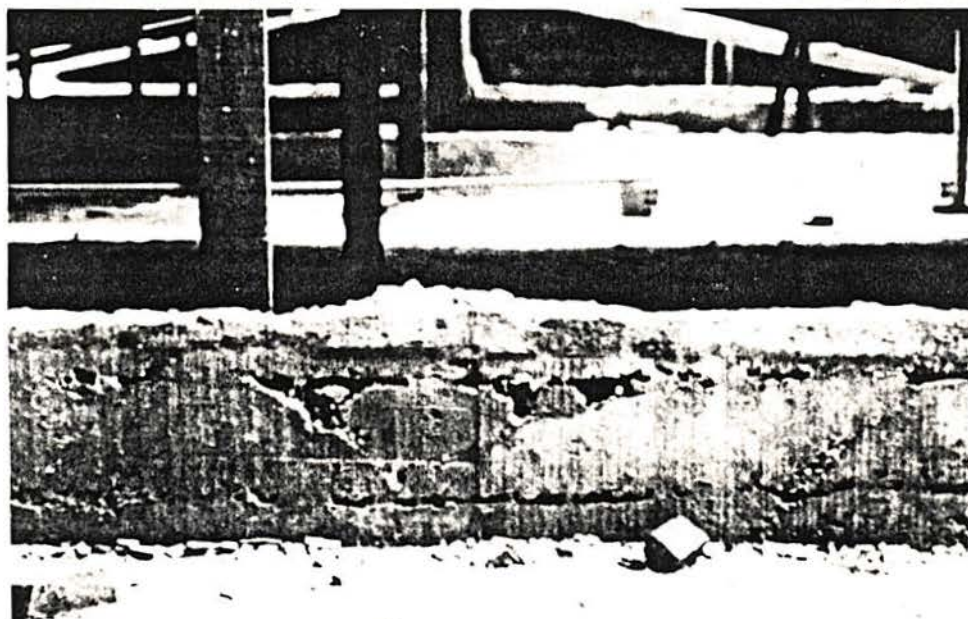


Foto 5.3 - Armadura exposta em uma viga devido à segregação do concreto e à ocorrência de ninhos de concretagem

1.2.1. Obras convencionais: residenciais, comerciais/serviço e institucionais

Nas obras convencionais (figura 5.1) pode-se constatar, além do elevado percentual de corrosão, que:

a) os tipos de manifestações ligadas ao concreto no estado fresco -segregação do concreto com 7.12 % e fissuras devidas à retração (assentamento plástico/superficial) com 5.45 %- tiveram elevada ocorrência. Cabe ressaltar, mais uma vez, que estes percentuais podem ser ainda maiores, pois boa parte das vistorias se deram em obras acabadas e

b) no concreto, no estado endurecido, destacaram-se as fissuras provocadas por sobrecargas, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras com 16.77%, fissuras provocadas por movimentação térmica (interna/externa) com 7.05%, fissuras por deficiência no posicionamento de eletrodutos, 3.27%, e os recalques diferenciais, 3.20%.

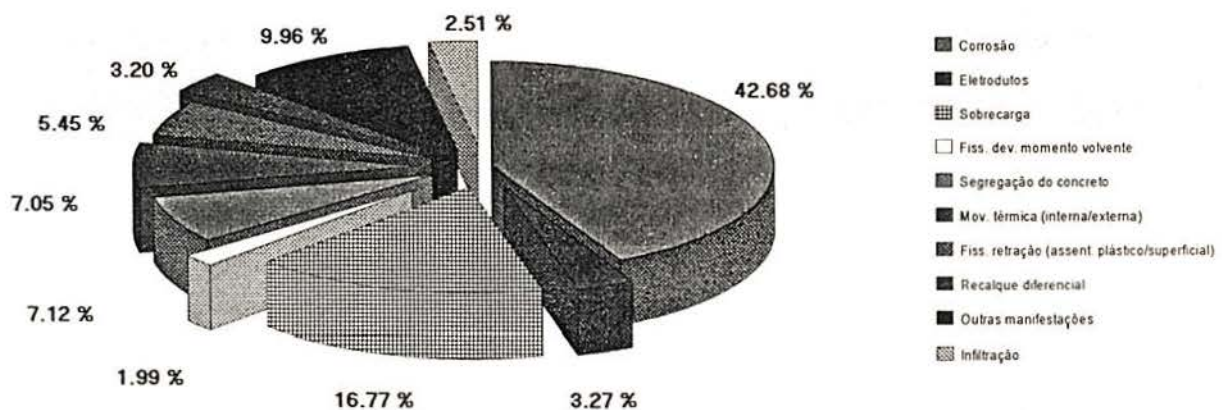


Figura 5.1 - Principais manifestações patológicas em obras convencionais na Amazônia

A figura 5.2 mostra a contribuição percentual das principais manifestações observadas no grupo de edificações residenciais -unifamiliar e multifamiliar. Pela análise da referida figura, pode-se constatar os seguintes fatos: a corrosão das armaduras foi responsável pelo maior percentual de ocorrência, 46.48%; sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras somaram 14.81%; segregação do concreto, 5.88%; fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos, 3.76%; movimentação térmica (interna/externa), 3.45%; alteração da geometria do elemento estrutural, 3.11%; retração por secagem e cobrimento insuficiente das armaduras, cada uma com 3.05%; recalque diferencial, 2.96% e as demais manifestações com 13.45%. Ao proceder-se à análise, separadamente, dos quatro subgrupos das edificações residenciais (RES-U-1, RES-U-2, RES-M-3 e RES-M-4), pode-se verificar algumas alterações quanto ao percentual de incidência das manifestações:

a) no subgrupo RES-U-1, embora a corrosão das armaduras continuasse sendo a patologia de maior ocorrência, com 25.38%, observou-se serem os recalques diferenciais, 23.46%, o segundo maior percentual de danos. Como justificativa ao elevado índice de problemas nas fundações, há de ser considerado que, em geral, são do tipo superficial e é comum a execução das mesmas sem a devida investigação do subsolo. Observou-se, com frequência, fundações assentes em aterros, solo compressível e taxas de sollicitação superiores à capacidade resistente do subsolo;

b) no subgrupo RES-U-2, constatou-se que os maiores percentuais de danos estão relacionados aos recalques diferenciais, 25.55%; sobrecarga, 23.53%; fissuras devidas à retração (assentamento plástico/superficial), 14.58%; enquanto a corrosão das armaduras ocupa o quarto maior percentual com 12.79%. A elevada incidência de problemas verificados nas fundações, neste subgrupo, pode ser explicada pelos mesmos motivos já citados no subgrupo RES-U-1, sendo agravados pelo incremento das cargas provenientes do segundo pavimento e

c) nos demais subgrupos, RES-M-3 e RES-M-4, não observou-se grande modificações percentuais. Entretanto, chama atenção o elevado percentual de cobertura insuficiente das armaduras, 25.36%, verificado no subgrupo RES-M-4 que, além de ser a manifestação de maior incidência, reforça a assertiva de que a corrosão das armaduras é a patologia que mais prejuízo causa às nossas edificações.

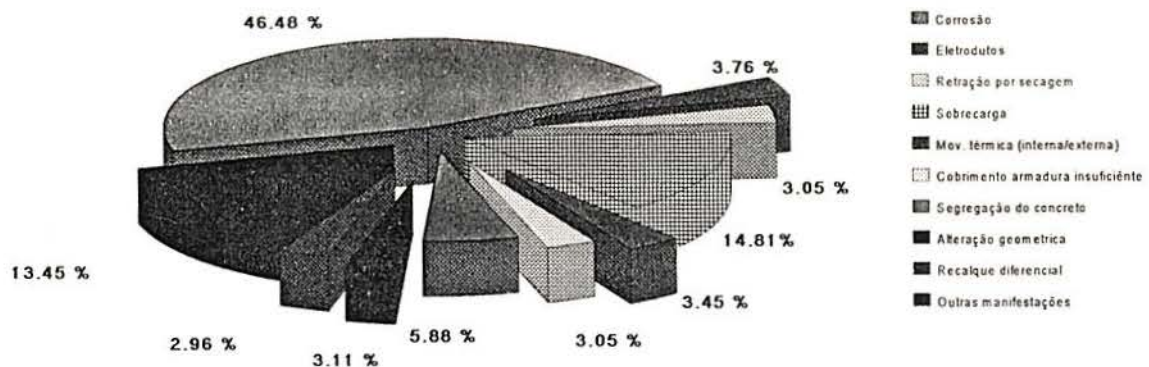


Figura 5.2 - Principais manifestações patológicas no grupo edificações residenciais

Na figura 5.3 observa-se o índice percentual das principais manifestações patológicas levantadas em edificações destinadas a atividades comerciais e serviços.

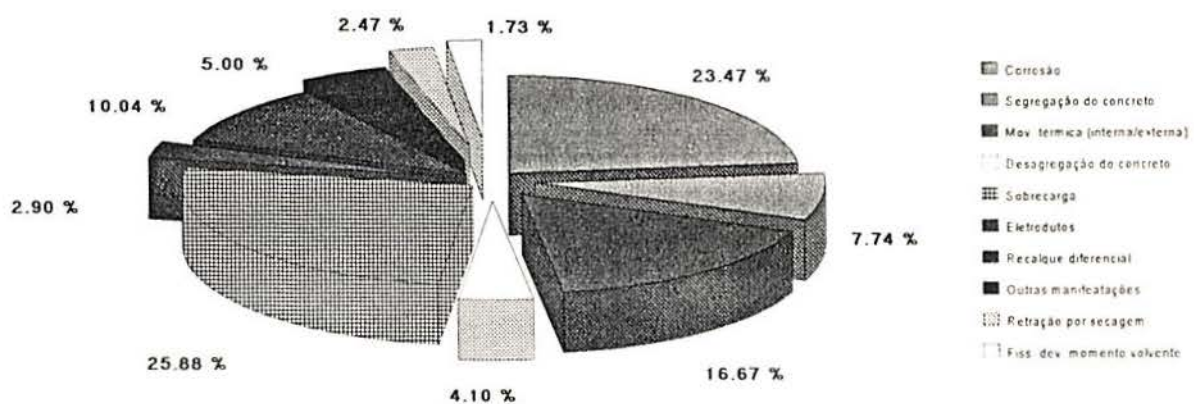


Figura 5.3 - Principais manifestações patológicas em edificações comerciais/serviço

Pode-se verificar que houve uma grande incidência de danos devidos à sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras, 25.88%; logo após os problemas relacionados à corrosão das armaduras, 23.47%; movimentação térmica (interna/externa), 16.67%; recalque diferencial, 10.04%; segregação do concreto, 7.74%; desagregação do concreto, 4.10%; fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos, 2.90%; retração por secagem, 2.47% e fissuras devidas a momento volvente, 1.73%. Os demais problemas somaram aproximadamente 5.00%.

Pela análise dos subgrupos de edificações (DIV-CS-1, DIV-CS-2, DIV-CS-3 e DIV-CS-4), tabelas B.5 a B.8, pode-se constatar que:

- nas edificações térreas (DIV-CS-1), 50.57% dos danos estão relacionados à deficiência das fundações. Este elevado índice pode ser explicado pelos mesmos motivos já comentados no subgrupo residencial unifamiliar térreo (RES-U-1);
- quase 40.00 % dos problemas verificados no subgrupo DIV-CS-2 estavam relacionados à sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras;
- no subgrupo DIV-CS-3, 35.00% das manifestações patológicas foram atribuídas à sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras, 35.18% à corrosão das armaduras e 15.18% às fissuras de retração (assentamento plástico/superficial) e
- nas obras do subgrupo DIV-CS-4, constatou-se que 30.07% dos danos derivaram da movimentação térmica (interna/externa), 22.30% da corrosão das armaduras e 18.39% estavam relacionadas aos problemas de sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras.

Na figura 5.4 pode-se observar a contribuição percentual das principais manifestações patológicas ocorridas em edificações pertencentes às instituições públicas.

Pela análise dos quatro subgrupos das instituições públicas, observou-se não existir diferença significativa entre eles. Constatou-se ser a corrosão das armaduras a principal manifestação com 44.46%, os problemas devido à sobrecarga corresponderam a 16.07%, fissuras relacionadas à retração (assentamento plástico/superficial) somaram 9.63%, movimentação térmica (interna/externa), 7.66%, segregação do concreto, 8.04%, ,fissuras devidas ao posicionamento incorreto de eletrodutos, 2.95%, infiltração, 2.82%, detalhes construtivos, 2.29%, recalque diferencial, 1.61% e as demais patologias, com menores incidências, somaram 4.47%.

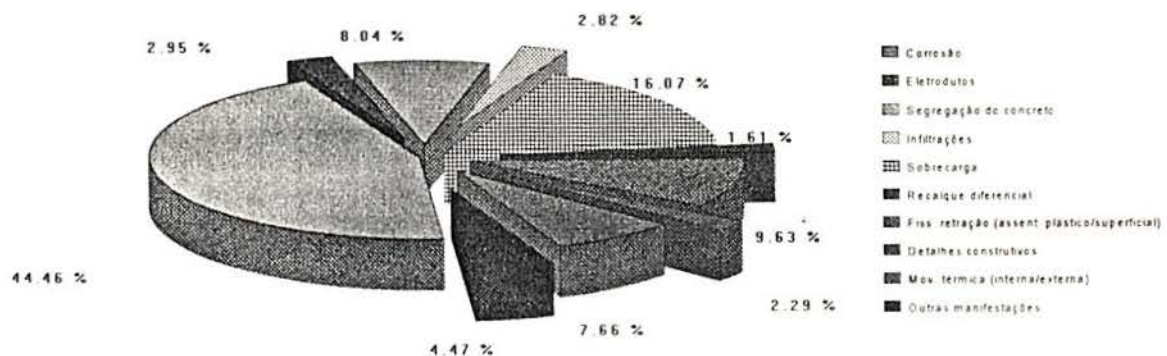


Figura 5.4 - Principais manifestações patológicas em edificações de instituições públicas

5.1.2.2. Obras especiais: indústrias, pontes, praças esportivas, arrimos, reservatórios e demais obras

Nas obras especiais (figura 5.5) pode-se constatar, além do elevado percentual de corrosão, que:

a) a maior parte dos problemas verificados no concreto, no estado fresco, estava relacionado à segregação do concreto, possivelmente devido ao estabelecimento de procedimentos inadequados durante o lançamento do concreto, inexistência de planos de concretagem, problemas de granulometria dos agregados e à grande concentração de barras de aço (foto 5.4) e

b) no estado endurecido, ocorreu elevada incidência de danos provocados pela movimentação térmica (interna/externa), 15.84%, infiltração, 8.63%, sobrecarga, 3.19%, desagregação do concreto, 2.68%, e juntas de dilatação obstruídas, 1.20%. Os problemas de desagregação do concreto e juntas de dilatação obstruídas estavam relacionados, principalmente, à falta de manutenção. Quanto às fissuras causadas por movimentação térmica, os problemas foram decorrentes de choques térmicos provocados pela variação das condições ambientais.

Embora não se verifique um gradiente térmico muito elevado na Região*, possivelmente o choque térmico, provocado pelas bruscas chuvas que com freqüência ocorrem na Amazônia, possa explicar o elevado percentual de danos superficiais verificado nas obras. As infiltrações podem ser explicadas pela deficiência de drenos, falta de pingadeiras e/ou ressaltos, impermeabilização e tratamento de juntas de forma inadequada.



Foto 5.4 - Vista do elemento de composição arquitetônica com concreto segregado, ninhos de concretagem e armaduras em processo de corrosão

* A amplitude térmica diurna da Região, segundo Nimer ¹⁰⁰, situa-se entre 8 e 14° C, verificando-se que a oscilação entre os dias e as noites é bem maior que a oscilação estacional. A topografia e a altitude baixa verificadas na Amazônia favorecem o aumento da amplitude térmica diurna, enquanto a natureza do solo profundo e recoberto pela vegetação da selva, a nebulosidade e a notável hidrografia agem em sentido contrário, diminuindo a amplitude quanto mais próximo dos grandes rios.

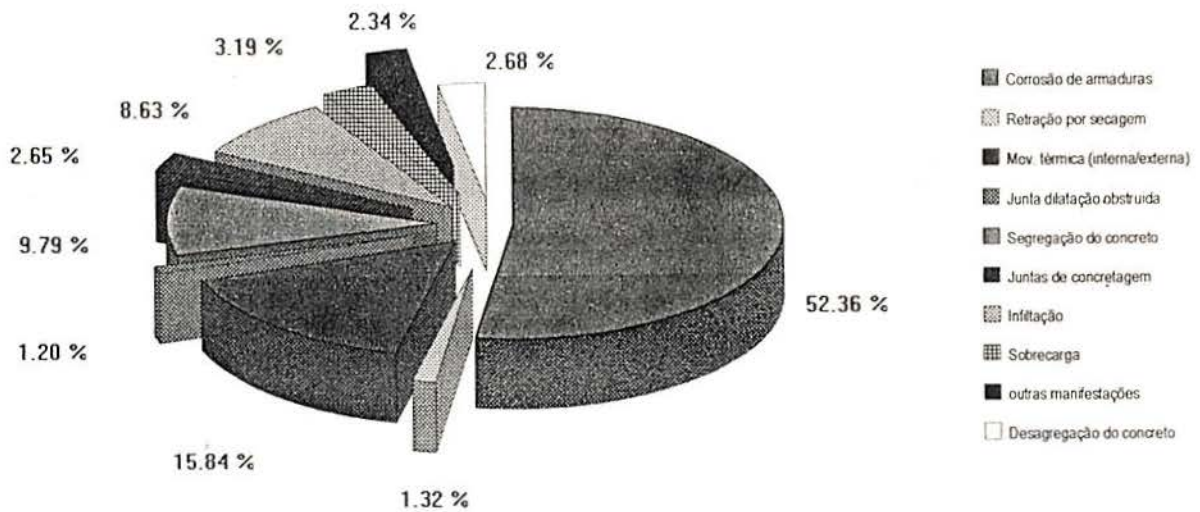


Figura 5.5 - Principais manifestações patológicas em obras especiais na Amazônia

Nas obras industriais, pela análise da figura 5.6, pode-se constatar que além da corrosão das armaduras, 36.64%, ocorreu elevado percentual de danos procedentes da segregação do concreto, 35.17%. Observou-se, também, que a grande maioria das manifestações patológicas, neste grupo de edificações, teve origem na etapa de execução, estando relacionadas a procedimentos inadequados durante a concretagem das peças, principalmente junto às bases dos pilares e blocos.

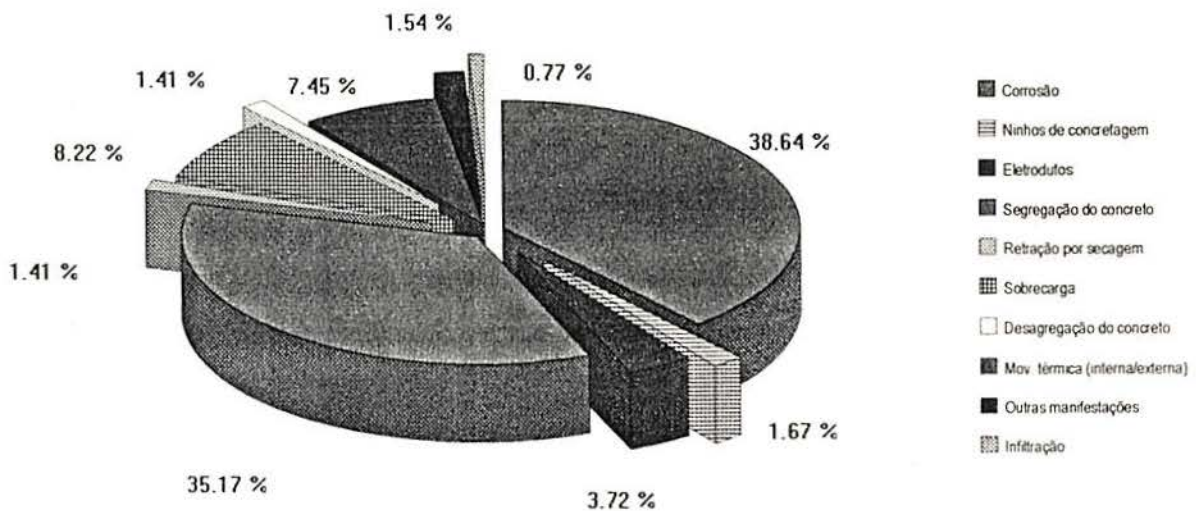


Figura 5.6 - Principais manifestações patológicas em edificações industriais

No grupo ESP-P -pontes, viadutos e trapiches (figura 5.7)-, conforme comentado no item 4.2.2.2, constatou-se que a maioria dos problemas teve origem na etapa de utilização -desagregação do concreto, 5.95%, sobrecarga, 2.62%, juntas de dilatação obstruídas, 1.98%, infiltração, 1.80%, capeamento fraturado das lajes (pontes e trapiches), 0.58%, e boa parte dos 62.42% problemas de corrosão das armaduras-. Relacionadas à etapa de execução, segregação do concreto, com 10.37%, juntas de concretagem, com 7.16%, movimentação térmica (interna/externa), com 6.69%, e 0.34% atribuídos a outras manifestações com menores percentuais.

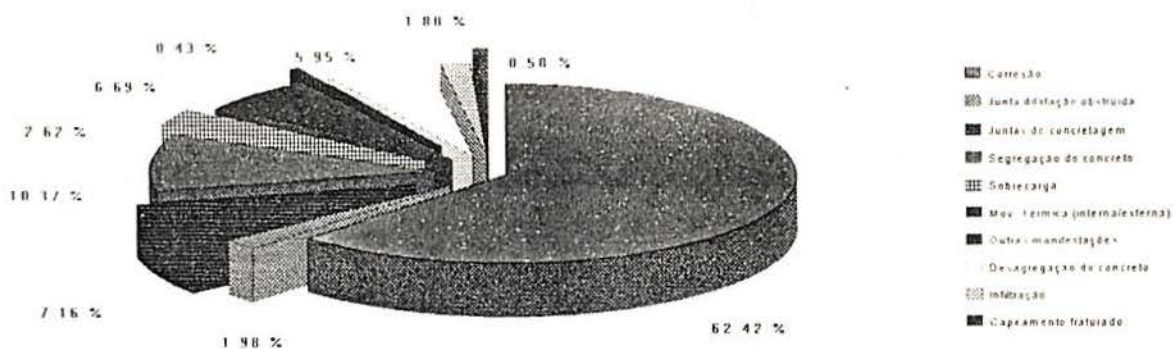


Figura 5.7 - Principais manifestações patológicas em pontes, viadutos e trapiches

No grupo ESP-E -estádios de futebol, ginásios e vila olímpica- verificou-se que a maioria das manifestações patológicas teve origem na etapa de utilização, ver item 4.2.2.2., caracterizando a inexistência de qualquer plano de manutenção das mesmas (fotos 5.5 e 5.6). A corrosão das armaduras, com o percentual de 49.02%, a movimentação térmica (interna/externa), 26.68%, a infiltração, 13.65% e a segregação do concreto com, 5.00%, foram as manifestações predominantes, cabendo às demais manifestações índices por volta de 1.00%, conforme figura 5.8.

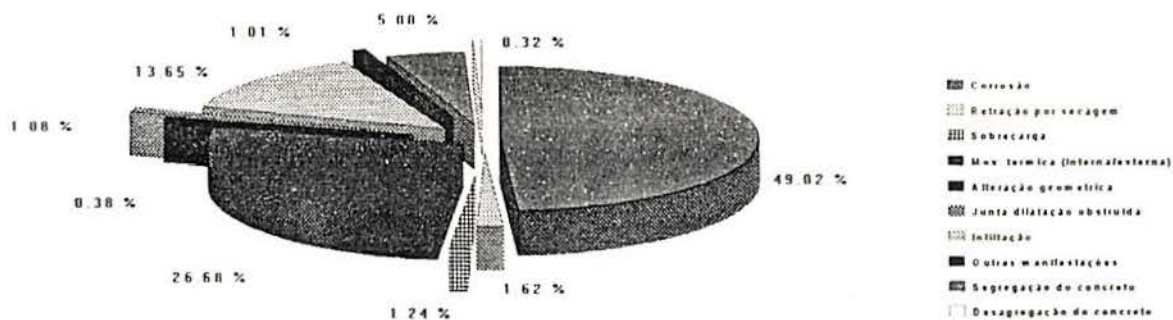


Figura 5.8 - Principais manifestações patológicas em edificações esportivas

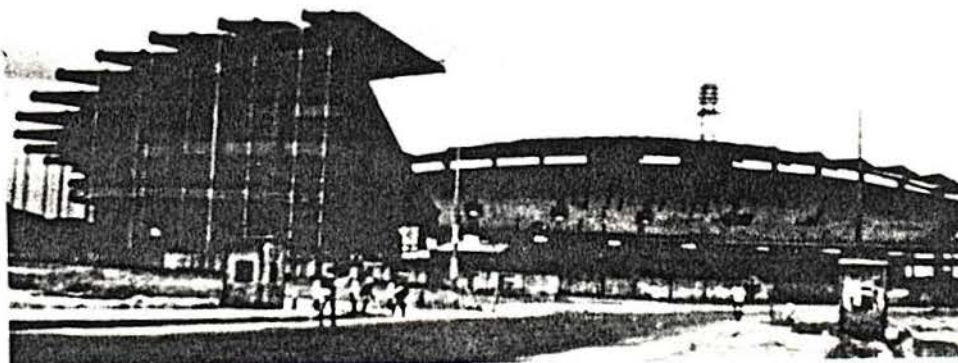


Foto 5.5 - Vista geral do estádio de futebol com deficiente estado de manutenção



Foto 5.6 - Detalhe do tirante e viga protendidos da laje de cobertura (vão de 42 metros de balanço), onde pode-se observar cobrimentos insuficientes das armaduras, infiltrações, fungos, falta de manutenção das juntas de dilatação e corrosão das armaduras

A análise do grupo ESP-P, reservatórios elevados, cisternas e piscinas (figura 5.9), possibilitou verificar que:

- a) a maioria das manifestações patológicas teve origem na etapa de execução, ver item 4.2.2.2., identificando-se segregação do concreto, 8.69%, fissuras por retração (assentamento plástico/superficial), 6.21%, retração por secagem, 5.12% e movimentação térmica (interna/externa), 3.03%;
- b) existe grande incidência de problemas devidos à deficiência de manutenção: infiltração, 15.28% -responsável pelo segundo maior percentual de danos neste tipo de obra- e desagregação do concreto, 3.03%;
- c) a corrosão das armaduras nos reservatórios, 42.20%, está diretamente relacionada à porosidade do concreto, deficiência dos sistemas de impermeabilização e/ou manutenção, cobertura insuficiente das armaduras, segregação do concreto e fissuras de retração provocadas, principalmente, pelo estabelecimento de sistemas de cura do concreto deficientes e
- d) o elevado percentual de problemas devidos à sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras, 11.63%, pode ser explicado pelo emprego de seções de aço inferiores às estabelecidas nos projetos, fato observado em várias obras, o que pode caracterizar uma total falta de responsabilidade dos técnicos envolvidos ou despreparo para execução destas obras (foto 5.7).

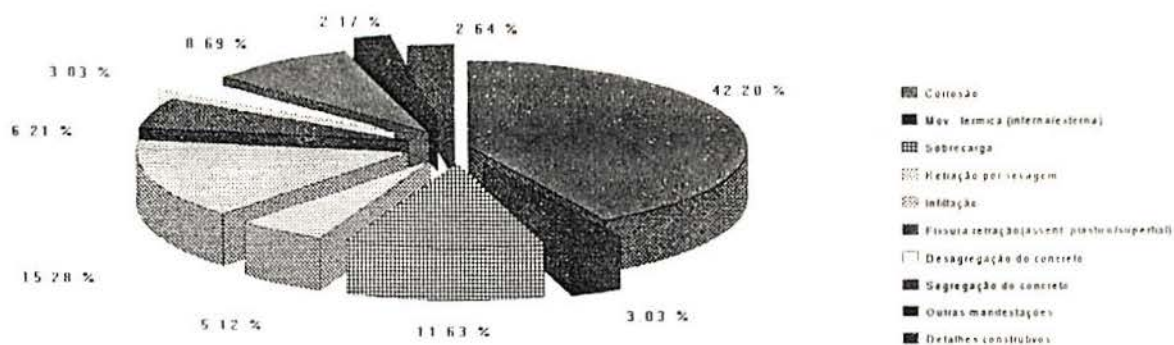


Figura 5.9 - Principais manifestações patológicas em reservatórios elevados, cisternas e piscinas

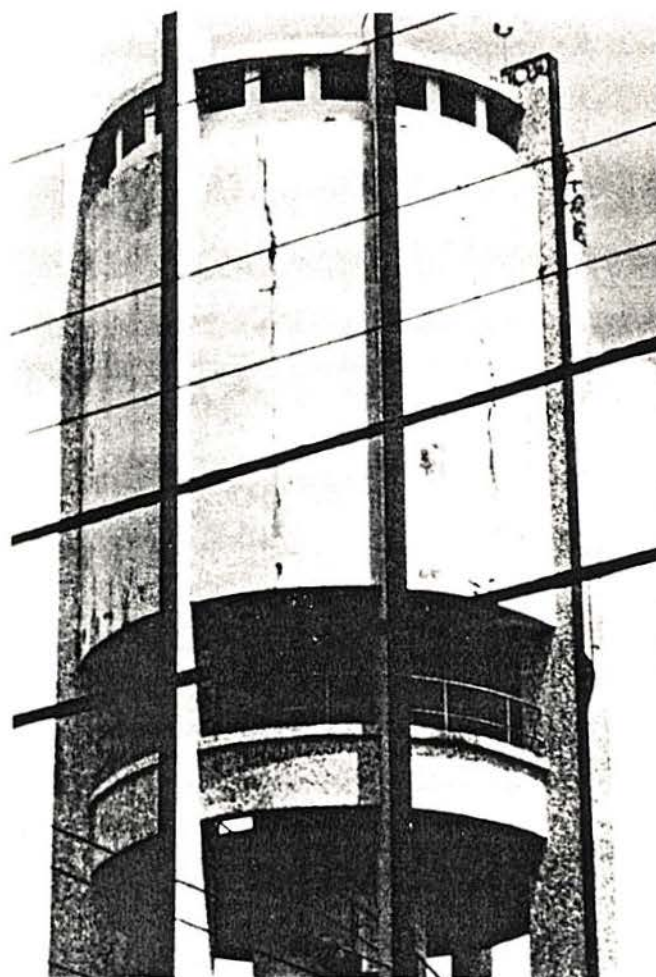


Foto 5.7 - Ocorrência de fissuras mecânicas em reservatório superior provocadas, possivelmente, pelo emprego de seções de aço inferiores às necessárias para absorção das solicitações

O grupo arrimos (ESP-A), figura 5.10, foi único grupo de obras onde não foi identificado qualquer tipo de problema relacionado à corrosão das armaduras, possivelmente pelo reduzido consumo de armadura, quando comparado a outros tipos de edificações. A segregação do concreto foi responsável pela grande maioria dos danos verificados, totalizando 83,24%. Cabe salientar que, embora a segregação do concreto seja um tipo de manifestação patológica que muito contribui para o surgimento das corrosões nas armaduras, estas não ocorreram pois tratava-se de segregação em blocos de fundação, executados com concreto ciclópico.

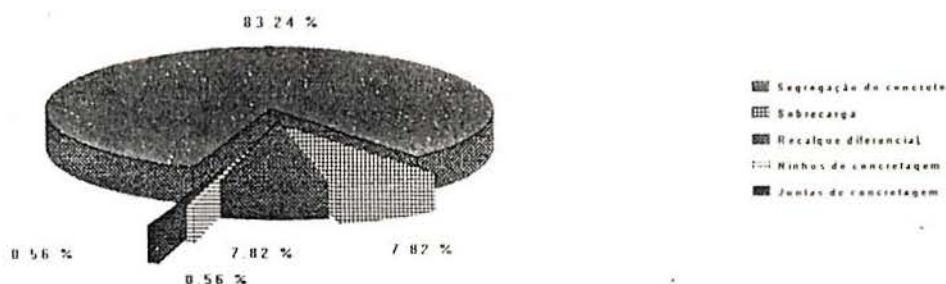


Figura 5.10 - Principais manifestações patológicas no grupo arrimos

O grupo demais obras - DO, figura 5.11, apresentou o maior percentual de incidência de corrosão das armaduras, 76.49%, dentre todos os grupos de obras analisadas. Este fato foi consequência da junção de vários fatores: nas rampas para atracação de balsas, o forte impacto das balsas sobre a estrutura provocou fraturas, fissuras e exposição das armaduras e como, em geral, não ocorreu manutenção preventiva e corretiva (instalação de defesas de madeira e substituição das mesmas periodicamente), as armaduras ficaram sem qualquer proteção, expostas a todo tipo de ataque (foto 5.8).

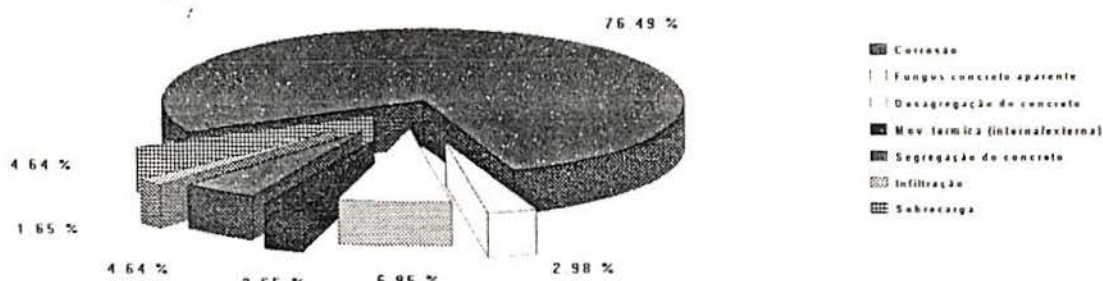


Figura 5.11 - Principais manifestações patológicas no grupo demais obras



Foto 5.8 - Rampa para atracação de balsas destruída por impactos sucessivos

5.1.3. Em função do elemento da estrutura afetado

A análise dos danos mostrou que, em obras convencionais, 40.00% das degradações estavam presentes em vigas, 23.00% em lajes, 22.00% em pilares e 15.00% nas demais peças da estrutura. Nas obras especiais observou-se que 37.00% dos problemas ocorreram em lajes, 24.00% em vigas, 11.00% em pilares, cabendo às demais peças o percentual de 28.00%.

Observando as figuras 5.12 e 5.13 pode-se identificar as principais manifestações, patológicas em função do elemento afetado, no grupo de obras convencionais e no grupo das obras especiais.

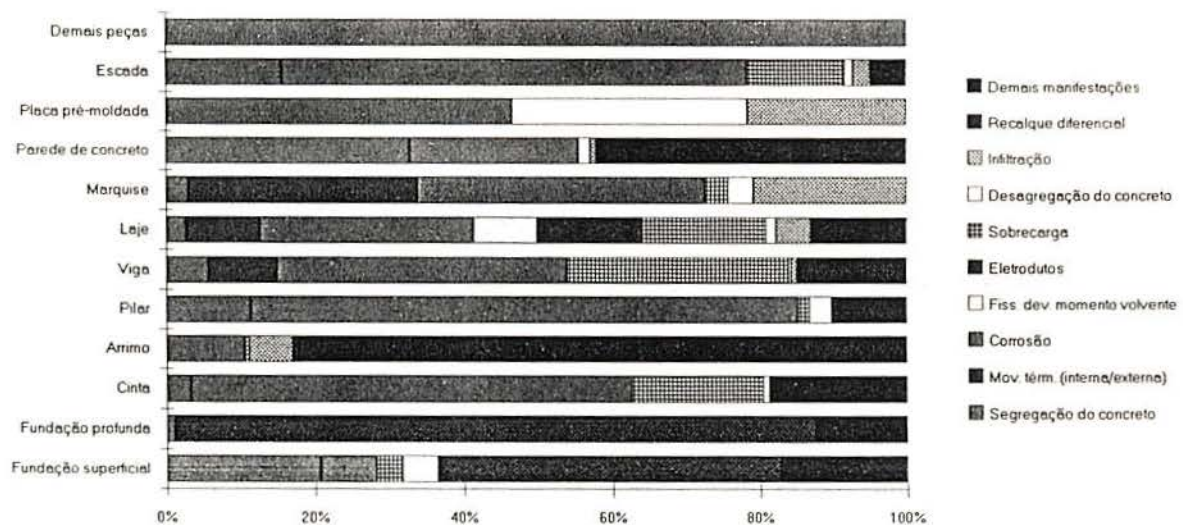


Figura 5.12 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras convencionais

Nas obras Convencionais destacam-se:

- Pilares: a patologia mais predominante foi a corrosão das armaduras, com aproximadamente 74.00%, seguida da segregação no concreto com 11.00% devido à segregação no concreto e 15.00% distribuídos nas demais patologias.
- Vigas: corrosão das armaduras com 39.00%, seguida pelos problemas de sobrecarga que somaram 30.90%, 8.10% devido a fissuras provenientes das movimentações térmicas e 22.00% nas demais patologias.
- Lajes: corrosão das armaduras com 29.00%, 17.00% atribuídos a sobrecargas, 14.00% devidos ao posicionamento deficiente dos eletrodutos, aproximadamente 9.00% provocados por solicitação de momentos volventes e 31.00% distribuídos em outras patologias.

Nas obras especiais verificou-se:

- Pilares: corrosão das armaduras, 68.00%, segregação no concreto, 24.00% e 3.80% nas demais patologias.
- Vigas: corrosão das armaduras, 69.00%, segregação do concreto, 9.00%, movimentação térmica, 9.00% e 13.00% nas demais patologias.

c) Lajes: corrosão das armaduras, 41.00%, movimentação térmica, 30.00%, infiltração, 15.00% e 14.00% nas demais patologias.

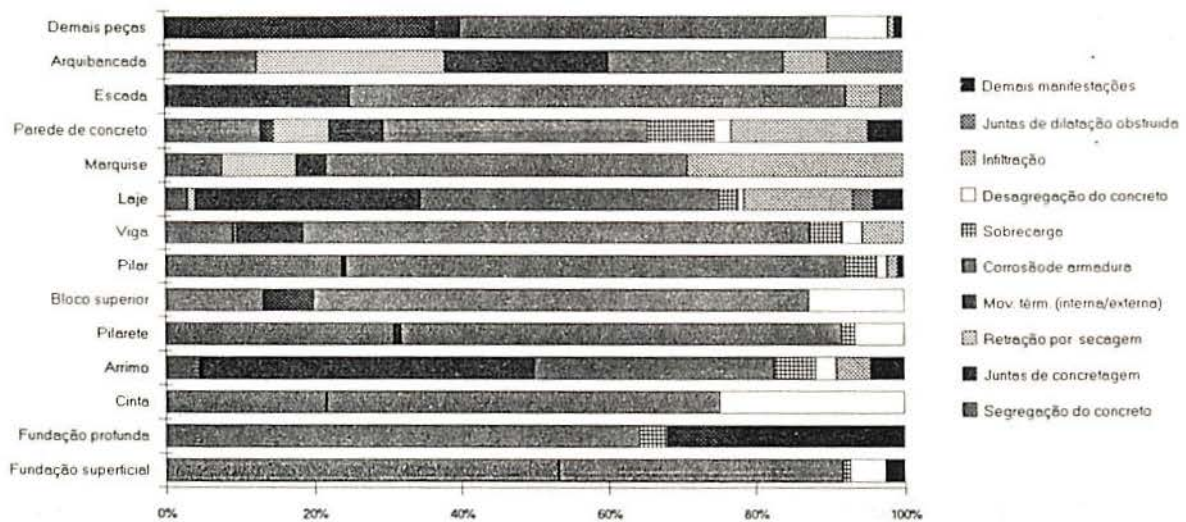


Figura 5.13 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras especiais

5.1.3.1. Obras Convencionais: residenciais, comércio/serviço e institucionais

No grupo edificações residenciais (RES-U-1, RES-U-2, RES-M-3 e RES-M-4), figura 5.16 e tabela B.20, pode-se verificar que:

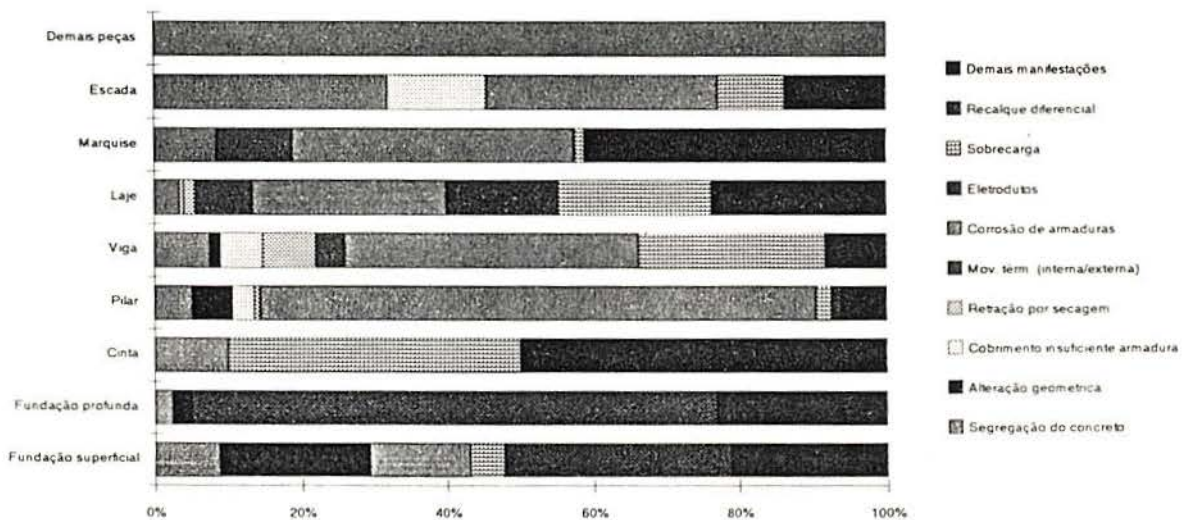


Figura 5.14 - Distribuição das manifestações patológica, em função do elemento afetado, em edificações residenciais

a) as peças mais afetadas foram, respectivamente, vigas, 33.34%, lajes, 24.66% e pilares com 32.06%. Nos pilares os danos mais predominantes estavam relacionados a problemas de corrosão das armaduras, 76.12%, segregação do concreto e alteração geométrica do elemento estrutural que somaram 5.19% e 5.38%, respectivamente. Pode-se constatar, ainda, que a segregação do concreto tem se constituído na manifestação mais grave nestes elementos,

colocando em risco boa parte da estrutura (foto 5.9). Esta acertiva pode ser comprovada pelos inúmeros reforços efetuados junto à base dos pilares, e como procedimentos inadequados estabelecidos, durante a concretagem dessas peças, pode-se citar:

a.1) na presença d'água, devido ao nível elevado do lençol freático, não foram adotados cuidados suficientes para impedir a lavagem do concreto, tendo sido observada a remoção parcial ou quase total do aglomerante e

a.2) ocorreu grande densidade de armadura, o que contribuiu para a segregação do concreto, possibilitando o surgimento de concreto bastante heterogêneo.

A associação dos problemas descritos possibilitou a exposição das armaduras a todo tipo de agressão, tendo como consequência o início do processo corrosivo e a flambagem das barras.

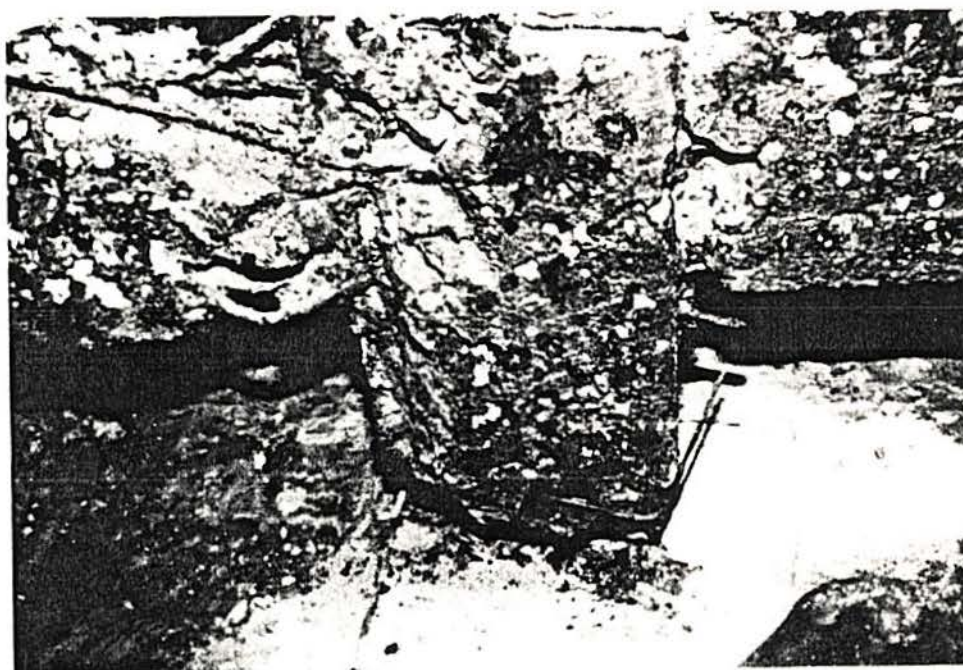


Foto 5.9 - Aspecto de um pilarete e cintamento constituídos de concreto de baixa resistência, presença de segregações, ninhos de concretagem e armadura flambada

b) nas fundações superficiais, profundas e nos cintamentos, contabilizou-se 6.56% do total dos danos. As principais manifestações observadas foram:

b.1) nas fundações superficiais: 31.11% das ocorrências foram produzidas por recalques diferenciais, 20.22% por alteração da geometria das peças, 8.89% por segregação no concreto, enquanto a corrosão somou 14.00%. Em geral, os danos observados nas fundações superficiais estavam associados aos problemas comentados nos itens "a.1" e "a.2", cabendo ressaltar que acrescidos aos problemas de recalque foram, quase sempre, de elevada gravidade.

b.2) nas fundações profundas: 71.86% do total de danos estavam relacionados aos recalques diferenciais. Deve-se ressaltar que, em geral, estavam associados à deficiência na investigação do subsolo, e que, possivelmente, as soluções mais difíceis e arrojadas se dão neste tipo de problema. Pode-se citar, para exemplificar a acertiva, o

reforço de fundação efetuado em um edifício residencial - figura 5.15-, com 12 pavimentos, onde para se executar a estabilização e o retorno do edifício ao prumo teve-se que:

- 1 - cravar estacas e calçar com treliças metálicas os pontos P25, P26, P27 e P28;
- 2 - cravar estacas sem calços nos pontos P29, P30, P31, P32 e P33;
- 3 - efetuar medições do prumo até constatar a eliminação da torção;
- 4 - calçar com treliças os pontos P29, P30, P31, P32 e P33;
- 5 - cravar estacas sem calços nos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10, P11 e P12;
- 6 - instalar treliças nos pontos acima obedecendo a diferença de nível necessária para retorno ao prumo;
- 7 - calçar as treliças;
- 8 - vibrar as estacas e/ou proceder a lavagem das mesmas para provocar retorno ao prumo;
- 9 - calçar as treliças;
- 10 - observar o nível de recalque;
- 11 - constatar a estabilização do recalque;
- 12 - observar o prumo do edifício;
- 13 - o edifício não retornou ao prumo;
- 14 - corte das estacas para retorno ao prumo;
- 15 - retornou ao prumo;
- 16 - concretagem das treliças;
- 17 - conclusão dos reforços periféricos;
- 18 - início do reforço de fundação das demais áreas
- 19 - reforço das áreas centrais do edifício e observação dos recalques;
- 20 - reforço dos pontos já calçados e observação dos recalques;
- 21 - reforço dos pontos junto aos elevadores e observação dos recalques;
- 22 - observação dos níveis de recalque;
- 23 - observação do prumo do edifício;
- 24 - não retornou ao prumo,
- 25 - corte das estacas para retorno ao prumo;
- 26 - o edifício retornou ao prumo;
- 27 - concretagem das treliças e
- 28 - entrega dos reforços.

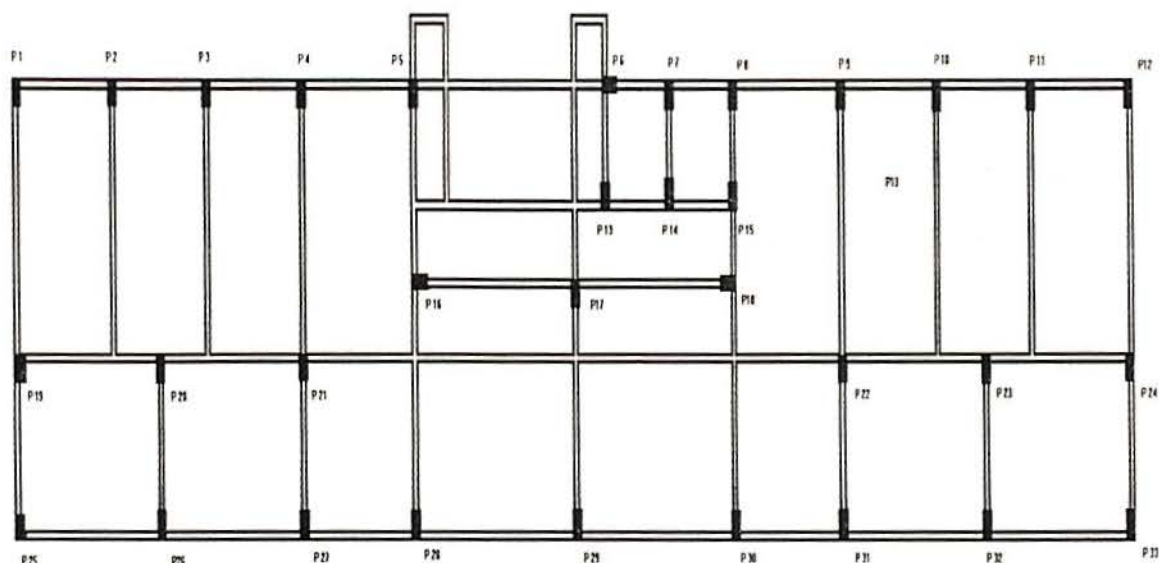


Figura 5.15 - Planta esquemática, nível cintamento, de um edifício residencial com 12 pavimentos

O exemplo descrito comprova que este tipo de problema pode ocorrer durante a execução das obras -o edifício encontrava-se nas fases finais de acabamento-, ou na fase de utilização, como em outro caso observado -edifício residencial com 15 pavimentos, habitado há aproximadamente 8 anos. De qualquer forma, o custo para reparação dos danos, nestes tipos de ocorrências, é bastante elevado, além de ser muito sério o trauma gerado nos proprietários dos imóveis.

Nas edificações comerciais/serviços -DIV-CS-1, DIV-CS-2, DIV-CS-3 e DIV-CS-4, figura 5.16, pode-se verificar, que:

a) em geral, as peças mais afetadas foram: vigas com 41.71%, lajes com 19.77%, pilares com 16.14% e placas pré-moldadas de concreto com 8.40%. As demais peças somaram 13.98%. Nos pilares, as principais manifestações foram corrosão das armaduras, 55.58%, e problemas de segregação do concreto com 26.24%. Nas vigas, verificou-se sobrecargas, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras com 40.05%, movimentação térmica (interna/externa), 33.49%, e 17.11% de danos atribuídos à corrosão das armaduras. Nas lajes, o maior percentual das manifestações, 36.76%, foi devido aos problemas de sobrecargas, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras. Pode-se verificar, ainda, uma distribuição percentual bastante regular entre diversas outras manifestações -eletrodutos, 14.67%, movimentação térmica, 10.62%, retração, 11.46%, momento volvente, 8.77% e corrosão com 8.92%- o que pode indicar, possivelmente, a predisposição destas peças à ocorrência de danos diversos, pelas próprias características geométricas das lajes;

b) no subgrupo DIV-CS-1 pode-se observar que os problemas de recalque diferencial nas fundações superficiais, 42.18%, e nas profundas, 21.19%, são bem mais significativos que os problemas em pilares, vigas e lajes. Esta constatação, mais uma vez, reflete a pouca preocupação quanto à investigação do subsolo, na Região, em obras térreas;

c) nos subgrupos DIV-CS-2 e DIV-CS-3 não se verificou qualquer alteração em relação ao tipo de peça e manifestações predominantes;

d) no subgrupo DIV-CS-4, embora não se verifique alteração em relação aos tipos de peças mais afetadas, pode-se observar ser a movimentação térmica (interna/externa), 30.07%, a manifestação patológica mais predominante, seguida pela corrosão das armaduras, 22.30%, e sobrecargas com 18.39%.

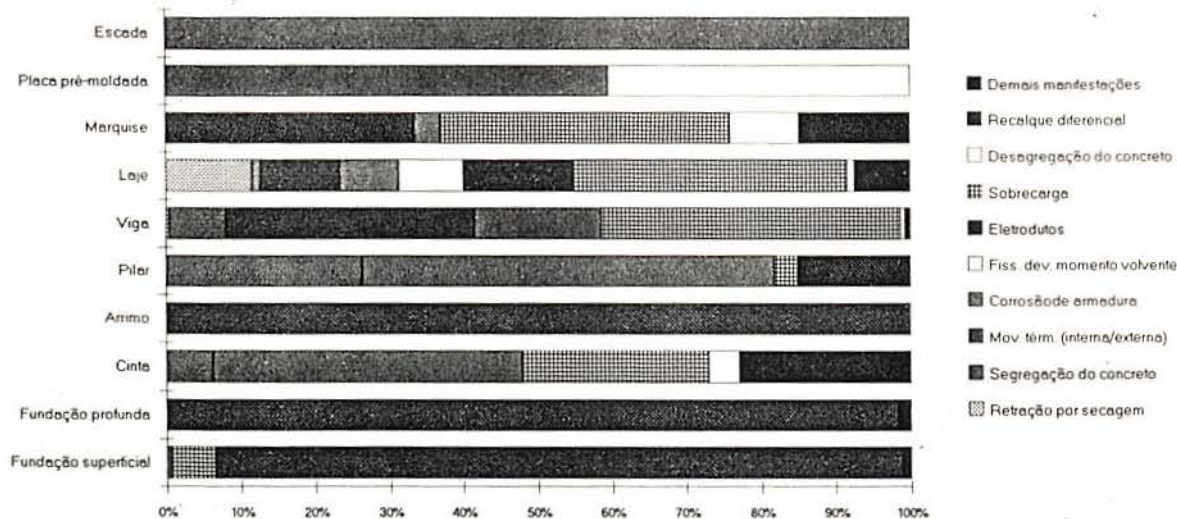


Figura 5.16 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras destinadas a atividades comerciais/serviço

No grupo de obras pertencente a instituições públicas - DIV-OP-1, DIV-OP-2, DIV-OP-3 e DIV-OP-4, figura 5.17, verificou-se que:

a) as manifestações patológicas foram mais frequentes nas vigas, 45.54%, nas lajes, 22.86%, nos pilares, 16.52%; e nas marquises com 4.52%, enquanto nas demais peças identificou-se o percentual de 10.56%. Como principais danos nas vigas pode-se observar a corrosão das armaduras, com 43.22%, e sobrecargas, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras com 30.63%. Nas lajes, além da corrosão das armaduras, 35.42%, destacaram-se: fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos, 12.66%, movimentação térmica (interna/externa), 11.92%, e as fissuras de retração e por sobrecargas que somaram 9.37% e 8.40%, respectivamente. Nos pilares, 74.40% do total das ocorrências foram devidas à corrosão das armaduras, 18.00% à segregação do concreto, cabendo às demais manifestações apenas 7.60%. Neste grupo de obras, pode-se novamente verificar que, em pilares, os maiores percentuais de manifestações patológicas estão relacionados a procedimentos inadequados no lançamento e adensamento do concreto. Em geral, observou-se cobertura das armaduras em desacordo com o estabelecido nos projetos ou inadequados ao tipo de exposição da estrutura, fato que, se não suficiente, muito contribui para o início do processo corrosivo. Quanto aos 4.52% observados nas marquises, 43.25% são devidos às fissuras por movimentação térmica(interna/externa) e 41.68% aos problemas de corrosão das armaduras;

b) nos subgrupos DIV-OP-1, DIV-OP-2 e DIV-OP-4, não ocorreu qualquer alteração em relação aos percentuais observados no grupo de obras das instituições públicas, em relação às principais peças afetadas e tipos de manifestações predominantes nas peças e

c) no subgrupo DIV-OP-3, as marquises foram responsáveis pelo terceiro maior percentual de danos, 18.85%, estando diretamente relacionado, este percentual, ao elevado índice de corrosão observado nestas peças.

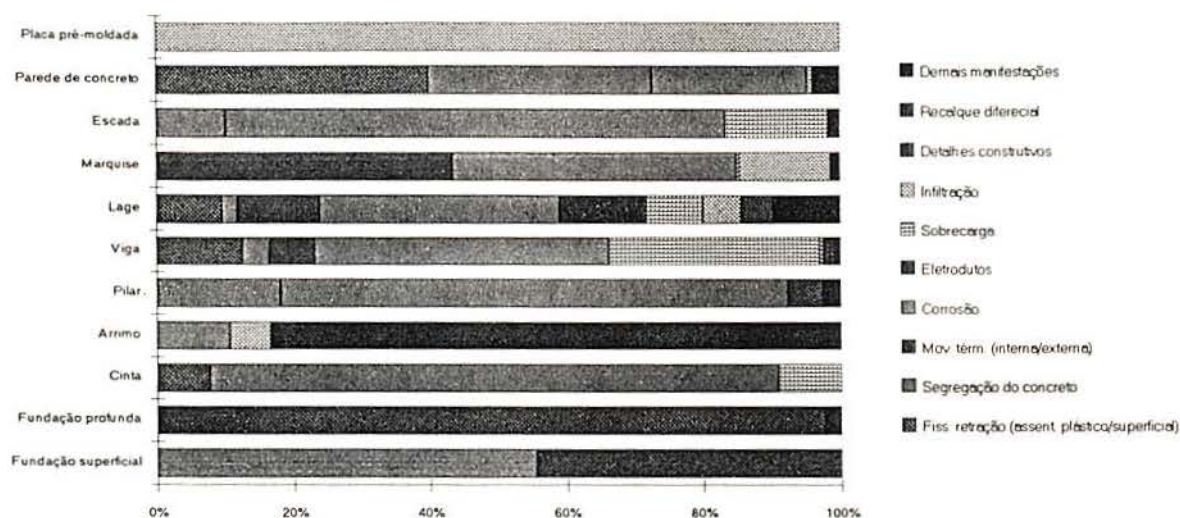


Figura 5.17 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em edificações de instituições públicas

5.1.3.2. Obras especiais: indústrias, pontes, praças esportivas e reservatórios

No grupo de obras industriais, DIV-I-1 e DIV-I-2, pode-se verificar que os pilares, 67.26 % (figura 5.18), foram os elementos estruturais mais afetados.

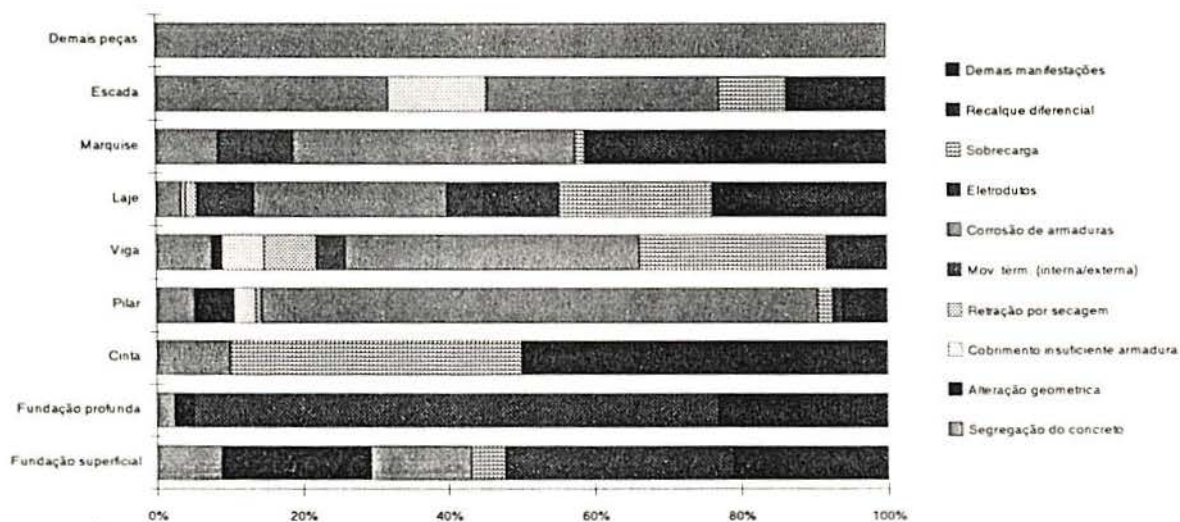


Figura 5.18 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em obras industriais

Cabe ressaltar que embora o número de obras vistoriadas não seja significativo, possivelmente pelas próprias características das edificações industriais -em geral galpões com estrutura mistas (concreto e metálica)-, não deva ocorrer incidência de manifestações muito superior à observada. Isto pode ser devido ao fato de, ser pouco poluente o parque industrial na Região, ou ainda as indústrias inspecionadas serem pouco poluentes e se situarem em meio não agressivo.

As manifestações mais predominantes nos pilares foram corrosão das armaduras -junto às bases das peças-, 38.64%, e segregação no concreto -saída dos pilares, junto aos blocos e cintas-, 35.17%. Esses casos tiveram origem no estabelecimento dos mesmos procedimentos inadequados comentados nas edificações residenciais - item 5.3.1 (a.1)-.

Pela análise da figura 5.19, grupo ESP-PV (pontes, viadutos e trapiches), constatou-se que as peças mais afetadas foram: lajes com 28.08%, vigas, 27.03%, fundação superficial, 5.53%, e bloco superior com 5.02%. Em todas as peças com maiores índices de ocorrências, verificou-se ser a corrosão das armaduras, disparadamente, a patologia mais predominante (fotos 5.10 e 5.11).

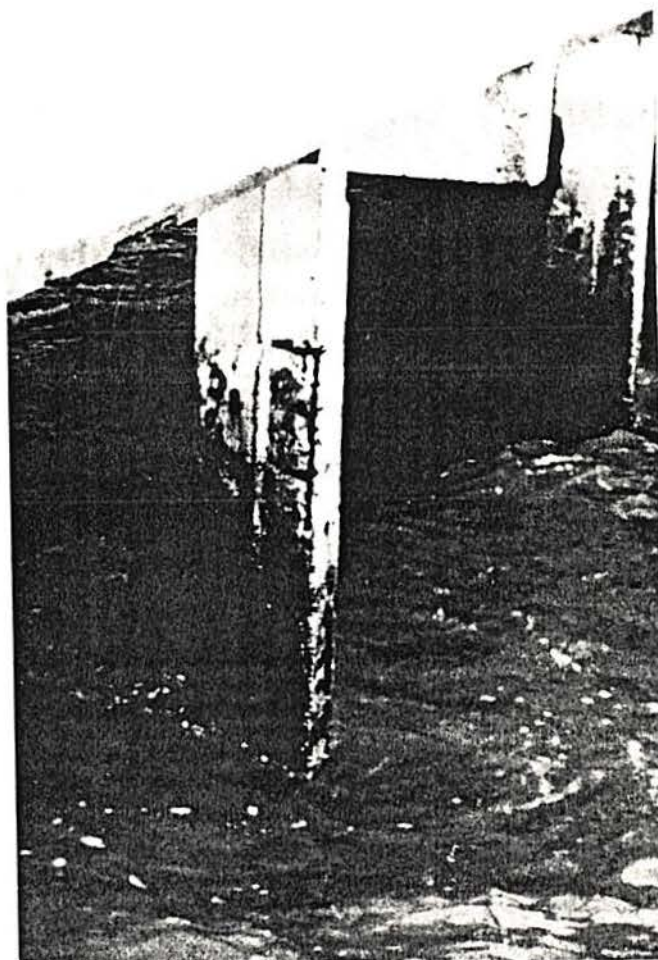


Foto 5.8 - Corrosão de armaduras em pilares de um trapiche na zona de transição das marés

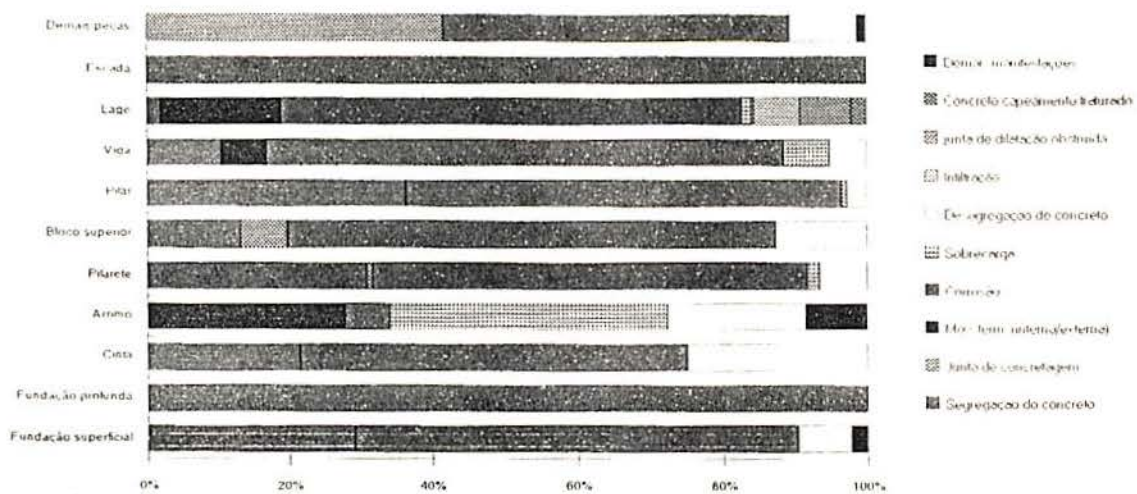


Figura 5.19 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, em pontes, viadutos e trapiches

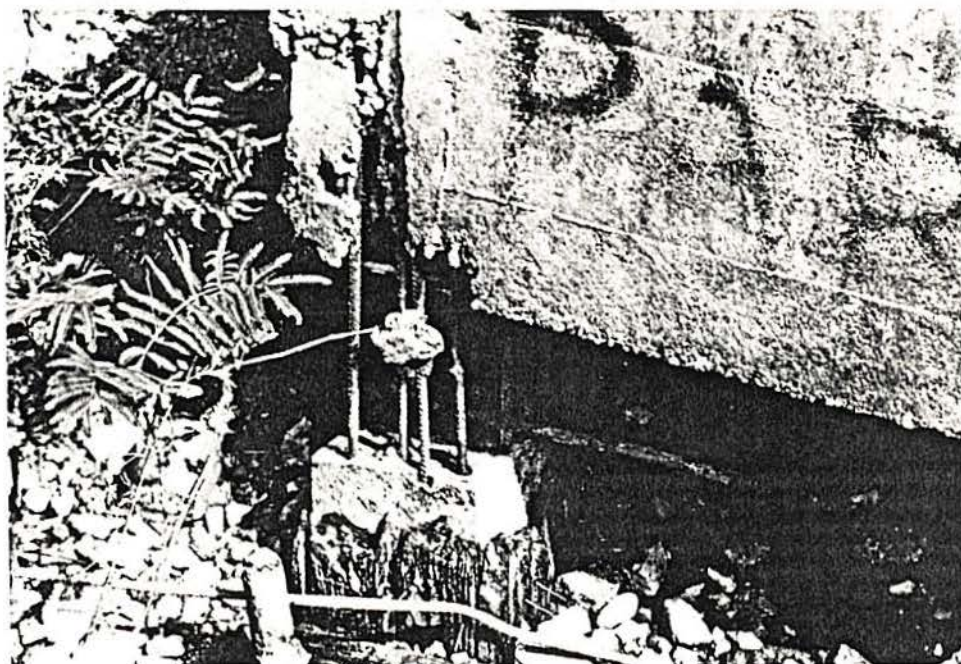


Foto 5.11 - Segregação e ninho de concretagem na ligação pilar/viga de um trapiche

A figura 5.20, ESP-R, apresenta a distribuição das principais manifestações patológicas das peças mais afetadas nos reservatórios elevados, cisternas e piscinas. Como já era esperado inicialmente, as paredes de concreto e as lajes apresentaram os maiores percentuais de danos, 52.37% e 28.78%, respectivamente. Os pilares somaram 8.92%, as vigas 5.74% e por último as escadas com 4.19%.

Nas paredes de concreto e nas lajes pode-se identificar como principais manifestações corrosão das armaduras, 29.48% e 36.93%, e infiltrações, 22.22% e 12.67%. Cabe chamar atenção para o fato de que os problemas de corrosão, conforme comentado no item 5.2.2 (grupo ESP-R), estão relacionados, principalmente, ao

descuido quanto aos cobrimentos das armaduras, presença de concretos permeáveis e deficiência e/ou ausência de manutenções.

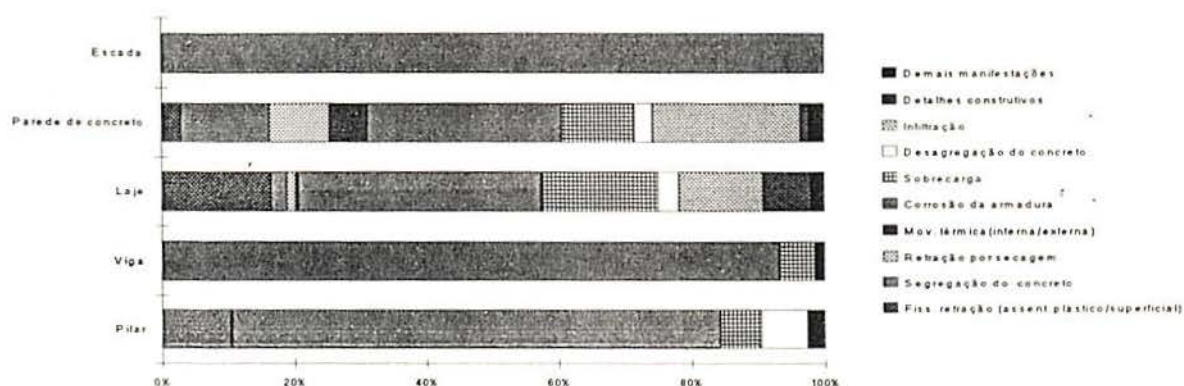


Figura 5.20 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, nos reservatórios elevados, cisternas e piscinas

Nas obras esportivas (ESP-E), estádios, ginásios e vila olímpica, figura 5.21, identificou-se como peças mais afetadas: lajes com 48.28%, vigas com 28.02% e pilares com 9.42%. Nas lajes, os maiores percentuais deveram-se à corrosão das armaduras, 31.14 %, movimentação térmica (interna/externa), 40.16% e às infiltrações com 19.34%. Nas vigas observou-se que 69.66% das manifestações foram devidas à corrosão das armaduras, 10.06% às infiltrações e 10.47% às fissuras provocadas pela movimentação térmica (interna/externa). Nos pilares, 86.20% do total das manifestações deveram-se à corrosão das armaduras. Os tipos de manifestações observados neste grupo de obras, geralmente, estão relacionados à etapa de execução por deficiência no lançamento e cura do concreto, possibilitando a ocorrência de cobertura insuficiente das armaduras, a fissuras térmicas e durante a etapa de utilização -falta de manutenção- a infiltrações generalizadas.

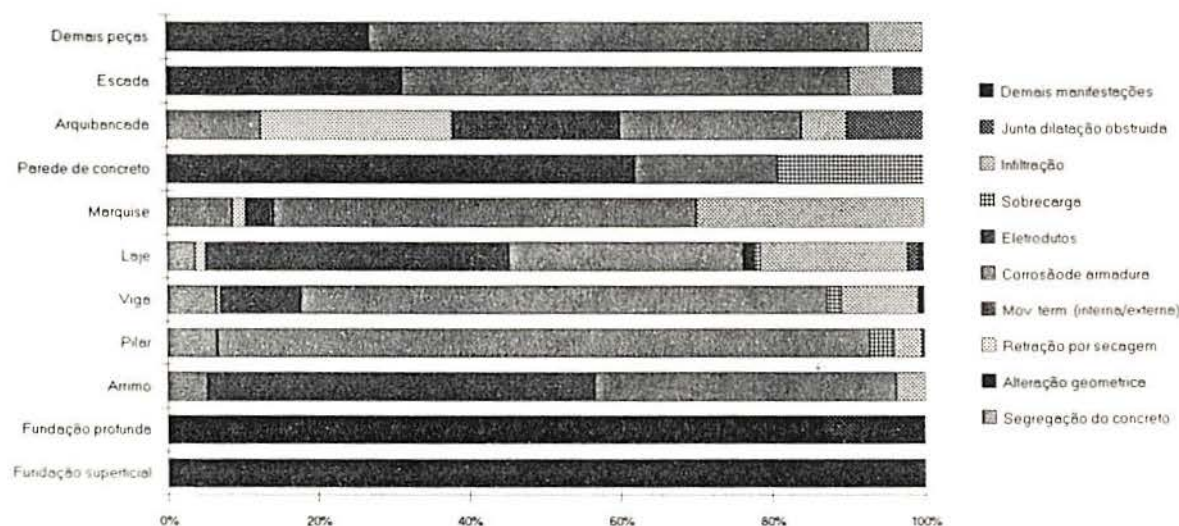


Figura 5.21 - Distribuição das manifestações patológicas, em função do elemento afetado, nas edificações esportivas

6. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE REPAROS E TIPOS DE REFORÇOS APLICADOS NA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NA REGIÃO AMAZÔNICA

A análise dos sistemas de reparos e tipos de reforços aplicados na recuperação das estruturas, na Amazônia, é realizada, neste capítulo, através das figuras 6.1 a 6.19, baseadas nas tabelas 1 a 22 (anexo C). Os sistemas de reparos e tipos de reforços são analisados quanto ao tipo de obra e por elemento da estrutura reparado ou reforçado.

Para facilitar a compreensão dos resultados, dividiu-se as terapias em três grupos -sistemas de reparos, reforços estruturais e reforços de fundação-. O primeiro grupo -sistemas de reparos- compreende as ações nas quais não ocorreu incorporação de novo elemento estrutural ou incremento das seções de aço e/ou concreto na estrutura existente. Trata-se, portanto, da simples reposição das condições originais das peças ou tratamento visando o acréscimo ou restabelecimento da vida útil da estrutura. No segundo grupo, denominado reforços estruturais, as ações têm por finalidade o aumento da capacidade resistente ou a reposição das condições de estabilidade da estrutura, em sua totalidade ou em partes localizadas. O terceiro grupo, reforços de fundação, compreende as ações para o incremento da capacidade portante das fundações ou para a redução da taxa de solicitação, junto ao subsolo, por meio do aumento das seções das fundações originais.

6.1. PRINCIPAIS SISTEMAS DE REPAROS UTILIZADOS NA AMAZÔNIA

6.1.1. Sistemas de reparos nas edificações convencionais

6.1.1.1. Sistemas de reparos em edificações residenciais

No histograma mostrado na figura 6.1 e na tabela C.1, apresentam-se os sistemas de reparos empregados nas obras residenciais na Amazônia. Neste grupo de obras, observou-se que:

a) os sistemas de reparos mais empregados na região foram: argamassa expansiva projetada a ar comprimido (foto 6.1), 29.93%, colmatagem superficial, 27.66%, e micro concreto projetado a ar comprimido, 25.04%. A larga utilização dos sistemas com projeção a ar comprimido é facilmente justificado, quando se verifica serem os problemas de cobrimento insuficiente e corrosão das armaduras as manifestações mais predominantes na Amazônia. As colmatagens superficiais -com resina epoxídica e com argamassa expansiva- foram empregadas na reparação de fissuras passivas, com aberturas inferiores a 0.3 mm.

b) o elevado percentual de grampeamentos, 10.32%, pode ser explicado pela grande incidência de fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos, observada no subgrupo RES-M-4. Esta técnica consiste na fixação de grampos (CA-60) com resina epóxi, espaçados e contrafiados, e da aplicação de argamassa expansiva projetada a ar comprimido para recobrimento das armaduras.

c) as injeções nas estruturas somaram 4.82%. Nas obras residenciais observou-se o emprego de resinas epoxídicas e de calda expansiva de cimento. Pode-se verificar, ainda, que as caldas expansivas de cimento foram

aplicadas, principalmente, com a intenção de se evitar o elevado custo das injeções à base de epóxi, tendo sido aplicadas inclusive para reposição da ligação entre blocos de coroamento e tubulões na presença de grandes brocas. As injeções à base de epóxi foram aplicadas para restituição do monolitismo das peças que apresentavam fissuras passivas, com abertura superior a 0.3 mm.

d) o graute com lançamento convencional, 1.12%, foi empregado para repor o cobrimento de armaduras do terço inferior de pilares do nível garagem. Embora o emprego do graute possa indicar um elevado custo, existem situações plenamente justificáveis, tais como: necessidade da liberação das áreas tratadas no menor espaço de tempo possível, a limitação do aumento das seções que devem atender as exigências da arquitetura - principalmente quanto à funcionalidade- e possibilidade de não utilização de agregados.

e) as impermeabilizações, 0.80%, e o tratamento das juntas de dilatação, 0.21%, embora correspondam a percentuais pouco significativos se comparados aos demais tratamentos, foram necessários, em grande parte, por falhas executivas quando da construção das edificações.

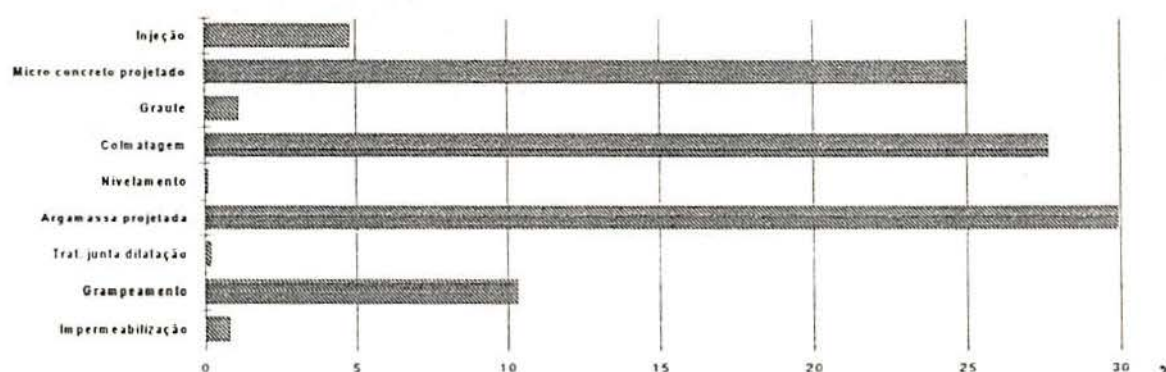


Figura 6.1 - Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações residenciais



Foto 6.1 - Projeção de argamassa a ar comprimido -processo via úmida- em pilar

6.1.1.2. Sistemas de reparos em edificações comerciais/serviço

A figura 6.2 e a tabela C.2 apresentam os sistemas de reparos aplicados na reparação das estruturas de concreto armado nas edificações comerciais e serviços. Observa-se que:

a) os sistemas de reparos mais utilizados foram: colmatagem superficial -resina epoxí e argamassa expansiva-, 48.26%, argamassa expansiva projetada, 31.83%, grampeamento, 8.24%, e as injeções -resina epoxí, calda expansiva de cimento e graute- com 7.35%. A utilização, em larga escala (48.26%), das colmatagens deve-se, principalmente, ao elevado índice de fissuras provocadas por sobrecargas e/ou posicionamento incorreto das armaduras nas vigas do subgrupo DIV-CS-4. Os demais sistemas -argamassa projetada, grampeamento e injeções- foram utilizadas na reparação dos danos comentados no subgrupo das edificações residenciais.

b) os demais sistemas utilizados foram: micro concreto projetado, 2.09%, tratamento de juntas de dilatação, 1.16%, graute -convencional e projetado-, 0.60% e as impermeabilizações com 0.47%.

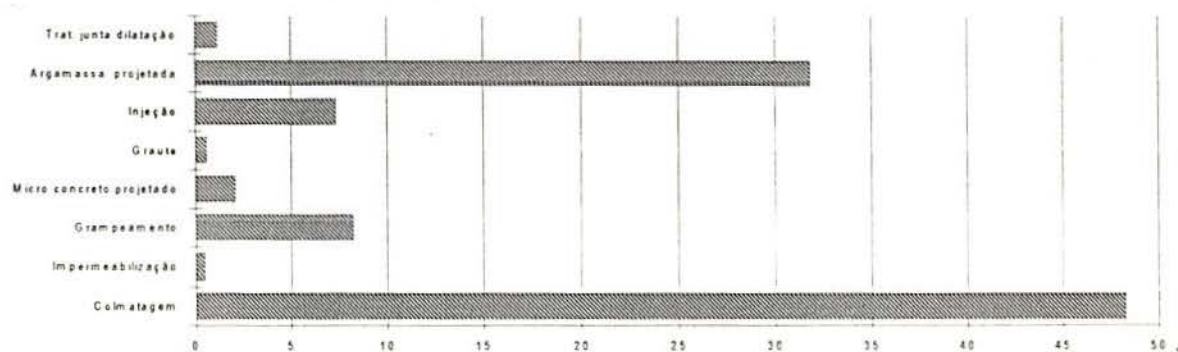


Figura 6.2 - Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações comerciais/serviço

6.1.1.3. Sistemas de reparos em edificações de instituições públicas

A observação da figura 6.3 e da tabela C.3, distribuição dos sistemas de reparos em edificações pertencentes a instituições públicas, permite observar que:

a) a projeção de argamassa a ar comprimido, 41.99%, foi o tratamento mais utilizado neste grupo de edificação. Da mesma forma como observado nos grupos residenciais e comerciais, a elevada utilização dessa técnica pode ser justificada pelos altos percentuais de danos devidos à corrosão das armaduras. Verificou-se, ainda, que as peças mais afetadas foram: as vigas (41.84%), as lajes (27.27%), os pilares (17.89%) e as marquises (5.29%). As demais peças -cintas, escadas e paredes de concreto- somaram 7.71%.

b) o segundo maior percentual, colmatagem superficial -resina epoxí, argamassa expansiva e mastique eslástico- somou 36.05%. As colmatagens com mastique elástico foram empregadas para o tratamento de fissuras ativas/cíclicas -térmicas-, presentes em vigas e lajes do nível forro.

c) as injeções foram responsáveis por 9.30% dos tratamentos efetuados. Os materiais injetados, neste grupo de edificações, foram: resinas à base de epoxi (79.67%), caldas expansivas de cimento (19.56%) e graute (0.77%).

As injeções de graute foram empregadas para o tratamento de grandes vazios existentes em pilares e vigas. O emprego do graute em injeções é justificado, principalmente, pela garantia da obtenção de elevadas resistências quando comparado às obtidas com o emprego das caldas expansivas, sem uso de cimento de alta resistência, pela boa fluidez do produto e por possuir custo bastante inferior ao das injeções de resinas à base de epóxi.

d) o grampeamento das fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos (5.96%) foi empregado com maior frequência na reparação dos danos ocorridos no subgrupo DIV-OP-4 (48.49%). Isto pode indicar um acréscimo nas ocorrências à medida em que o edifício possui maior número de pavimentos, possivelmente, devido à associação dos problemas gerados a partir dos gradientes térmicos nas lajes.

e) a reduzida utilização da projeção de micro concreto, 0.79%, possivelmente possa ser explicada pela necessidade de se evitar a presença de névoa produzida pelo rebote do material projetado (processo via seca). O micro concreto projetado foi preterido, em muitos casos, optando-se pelo emprego das argamassas expansivas projetadas pelo processo via úmida. Portanto, é fator determinante a necessidade de compatibilização dos serviços de reparo com o funcionamento dos órgãos públicos. Devem ser consideradas, ainda, situações nas quais é impossível empregar qualquer produto que possa gerar névoa ou umidade. Esta foi a justificativa apresentada para o emprego de sistema de proteção através de pintura protetora à base de epóxi, 0.50%, para o tratamento parcial da estrutura do edifício sede da Telepará -Telecomunicações do Pará S.A., mais precisamente de peças com problemas de corrosão nas salas dos circuitos dos terminais telefônicos da capital paraense.

f) além dos sistemas já mencionados, foram empregados, em menor escala, os seguintes tratamentos: aplicação de graute, 1.63%, tratamento de juntas de dilatação, 0.40%, impermeabilização, 2.36%, e instalação de aparelhos de apoio com 0.14%. Cabe salientar que 100% das intervenções efetuadas nos aparelhos de apoio deveram-se à necessidade de substituir placas de madeira e/ou compensado -instaladas em total desacordo com as especificações do projeto estrutural. Esta constatação pode consistir num lamentável equívoco ou, o que é ainda pior, verdadeira falta de responsabilidade do construtor.

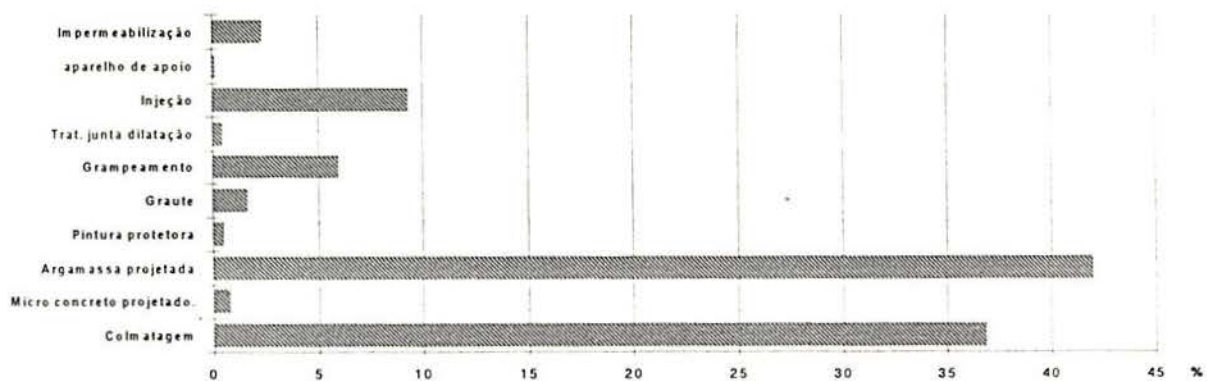


Figura 6.3 - Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações de instituições públicas

6.1.2. Sistemas de reparos nas edificações especiais

6.1.2.1. Sistemas de reparos em edificações industriais

No grupo das edificações industriais - DIV-I-1 e DIV-I-2 - observou-se a aplicação dos seguintes sistemas para reparação dos danos: graute projetado, 39.53%, colmatagem superficial com resina epoxidica, 21.71%, injeção de diversos materiais, 18.99%, argamassas expansivas projetadas, 10.08%, e grampeamento de lajes com 9.69%, conforme ilustrado na figura 6.4 e na tabela C.4.

O elevado emprego do graute projetado - subgrupo ESP-I-2 - deveu-se à necessidade da utilização de produto capaz de adquirir endurecimento poucas horas após a aplicação -em geral antes de duas horas após o lançamento do produto^x, e que possibilitasse a liberação, no menor tempo possível, das áreas tratadas, frente aos problemas operacionais das fábricas.

Para realizar as injeções, foram empregadas: resinas epóxi, 71.43%, graute, 26.53%, e caldas expansivas de cimento, 2.04%. O uso do graute, como material injetado, foi justificado pela presença d'água e pela necessidade de obter-se elevadas resistências iniciais.

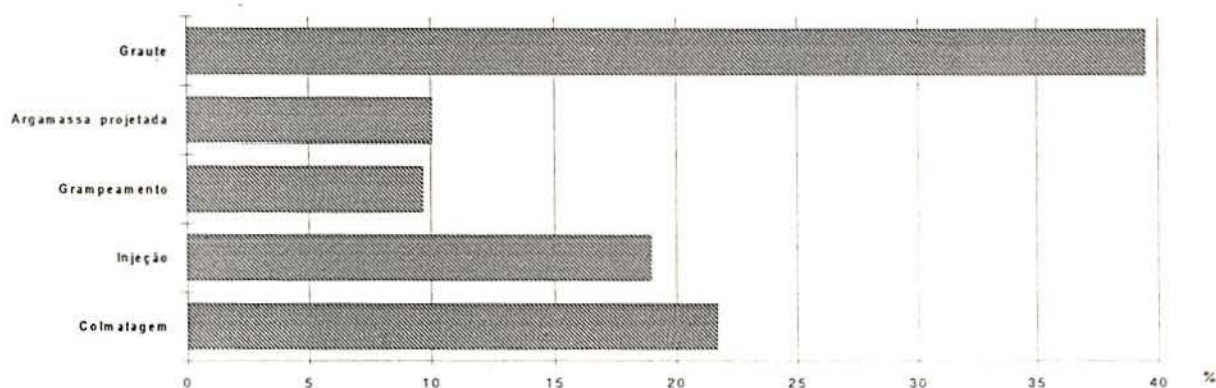


Figura 6.4 - Distribuição dos sistemas de reparos aplicados em edificações industriais

6.1.2.2. Sistemas de reparos em edificações esportivas

Nas obras destinadas a atividades esportivas -estádios de futebol, ginásios polivalentes e vila olímpica- pela análise da figura 6.5 e da tabela C.5, que apresentam a distribuição percentual dos sistemas de reparos empregados para a reparação das degradações das estruturas- pode-se verificar que:

a) quase 87.00% dos sistemas utilizados para sanar os danos das estruturas tiveram por finalidade repor as proteções física e química das armaduras, através da aplicação de argamassas expansivas projetadas (foto 6.2), e de colmatagem das fissuras existentes. As argamassas expansivas projetadas a ar comprimido foram empregadas em 54.34% dos casos, enquanto as colmatagens superficiais, com o emprego de resinas à base de epóxi, calda expansiva de cimento e graute, foram empregadas em 32.65%.

^x Outra possibilidade reside no emprego de concreto de alta resistência, com emprego de cimento ARI. Cabe ressaltar que, na Região, nem sempre encontra-se com facilidade este tipo de aglomerante.

b) os demais sistemas de reparo aplicados -injeções, 3.91%, graute projetado, 3.61%, micro concreto projetado, 2.71%, tratamento das juntas de dilatação, 1.38%, grampeamento de fissuras coincidentes à direção de eletrodutos, 0.84% e as impermeabilizações, 0.56%,- somaram apenas cerca de 13.00%.

c) além da inexistência de qualquer plano de manutenção preventiva, em geral as obras esportivas, na Amazônia, já nascem predestinadas a degradações de toda ordem, por deficiência na etapa de execução.

d) o tratamento das juntas de dilatação, em grande parte, tornou-se necessário tanto pela falta de manutenção preventiva, como por equívocos na execução ou ausência de detalhamento adequado e especificação -material apropriado ao tipo de solicitação a que estão submetidas as juntas- ainda na etapa de projeto.

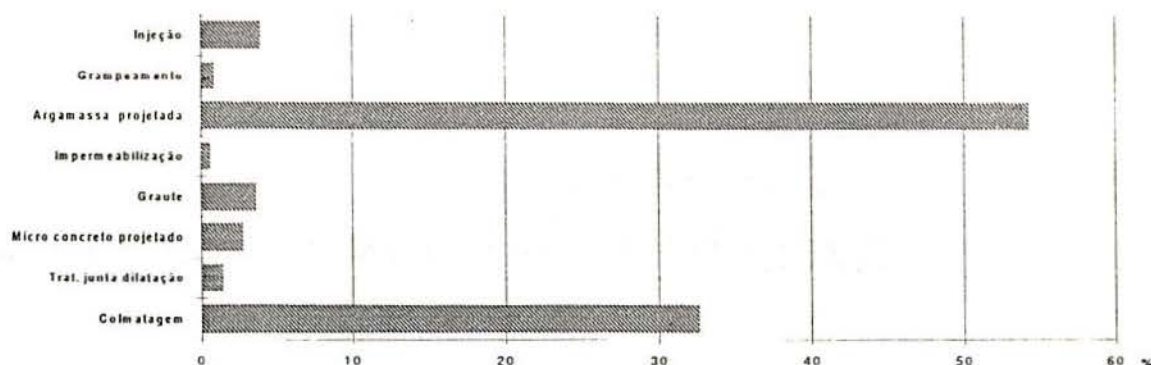


Figura 6.5 - Distribuição dos sistemas de reparos em edificações esportivas



Foto 6.2 - Sistema de cura com emprego de saco de sarrapilha (aniagem) umedecido

6.1.2.3. Sistemas de reparos em pontes, viadutos e trapiches

No grupo de obras ESP-PV (pontes, viadutos e trapiches), através da visualização da figura 6.6 e da tabela C.6, pode-se verificar os principais tratamentos aplicados para reparar as degradações das peças

estruturais. Constatou-se, novamente, serem os sistemas de reparo destinados a sanar os processos de degradação provenientes da corrosão (foto 6.3) os mais empregados. Pode-se observar também que:

a) os micros concretos projetados foram empregados em 41.46% dos casos, as argamassas expansivas projetadas somaram 33.70%, as colmatagens superficiais, 13.79%, os micros concretos projetados, 41.46%, os tratamentos das juntas de dilatação, 4.18%, a recomposição dos capeamentos fraturados, 1.18%, as aplicações de graute, 0.34% e, com menor emprego, os grampeamentos de fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos -lajes de trapiches- com 0.04%.

b) as argamassas expansivas projetadas foram utilizadas para corrigir danos nas peças com as seguintes proporções: lajes, 37.92%, vigas, 32.92%, pilares, 11.76%, blocos -inferior e superior- 9.89% e cintas com 7.13%.

c) as colmatagens superficiais com uso das resinas epoxídicas foram empregadas para o fechamento das fissuras passivas presentes em lajes, 70.95%, e em vigas, 29.05%.

d) os micros concretos projetados foram aplicados na reparação de peças que apresentavam corrosão nas amaduras e no concreto. Pode-se constatar ação erosiva -destacamento do concreto, principalmente pela alta permeabilidade do mesmo- em algumas peças das estruturas de vários trapiches. As peças tratadas, quase sempre, estavam submetidas à molhagem e secagem em função do nível d'água dos rios, tendo sido observada a necessidade da aplicação de micro concreto projetado nas peças: cintas, 20.09%, vigas, 28.13%, e nas lajes, 50.89%. A não aplicação de micro concreto projetado em pilares, na presença dos mesmos agentes de degradação, deveu-se a dois fatores: encontrarem-se parcialmente submersos e devido ao nível de comprometimento das peças já ter atingido patamar tão elevado, não sendo mais possível a aplicação de simples reparos e sim o reforço estrutural das mesmas.

e) nas pontes, quase sempre os perfis das juntas de dilatação -metálicos ou de borracha- foram substituídos por materiais mais apropriados -com maior vida útil-, enquanto que em muitos trapiches, embora importantes, as juntas simplesmente não existiam.

f) a substituição dos aparelhos de apoio, 4.59%, deu-se quase sempre após a degradação total dos mesmos, o que indica não haver qualquer preocupação quanto à vida útil dos mesmos.

g) as injeções, que somaram 2.19%, foram realizadas para repor a integridade das peças, tendo sido empregados os materiais: resina epóxi, 71.15%, em vigas; calda expansiva, 3.85%, em pilares e 17.31% nos arrimos; e as injeções de micro concreto, 7.69%, na presença de grandes fraturas em arrimos. Quanto à escolha do tipo de material a ser injetado, além dos aspectos técnicos, mostrou-se determinante o custo do produto em função do volume a ser injetado, daí a opção por outros materiais em substituição às resinas epoxídicas.

h) a substituição parcial ou total do capeamento das pistas de rolagem das pontes foram realizadas devido ao próprio desgaste natural a que estão submetidas, enquanto o das lajes dos trapiches deveram-se à necessidade de repor o nível das lajes que encontravam-se com deformações excessivas, quase sempre provocadas por recalque nas fundações (foto 6.4).

i) os reparos efetuados através da aplicação de graute projetado foram realizados sempre em blocos inferiores, possivelmente pelo elevado grau de erosão do concreto e pela presença d'água devido ao ciclo das marés.

j) os grampeamentos das fissuras coincidentes à direção dos eletrodutos foram realizados em lajes de trapiches. Embora possa parecer estranho a presença de eletrodutos nas lajes de trapiches, é muito comum na Região a existência de trapiches com mais de um nível devido à elevada variação das marés.

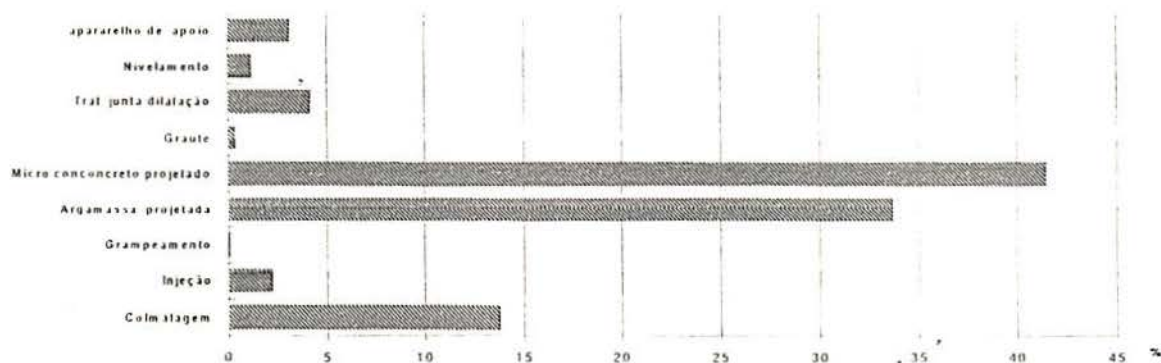


Figura 6.6- Distribuição dos sistemas de reparos em pontes, viadutos e trapiches

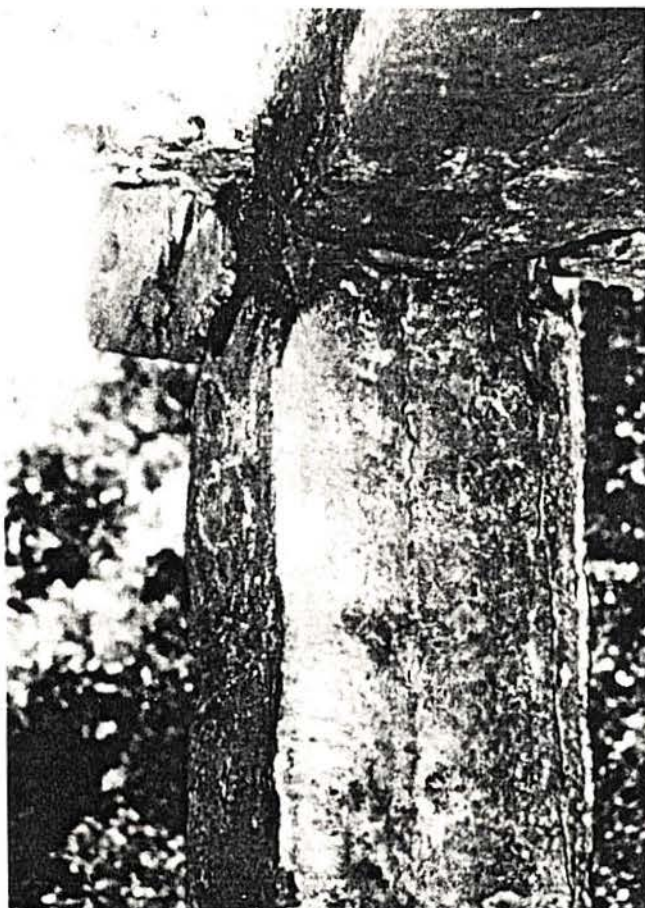


Foto 6.3 - Aspecto de um pilar e vigas de um trapiche na presença de corrosão das armaduras com lascamento dos cantos do concreto do pilar devido às elevadas tensões geradas pelo processo corrosivo.

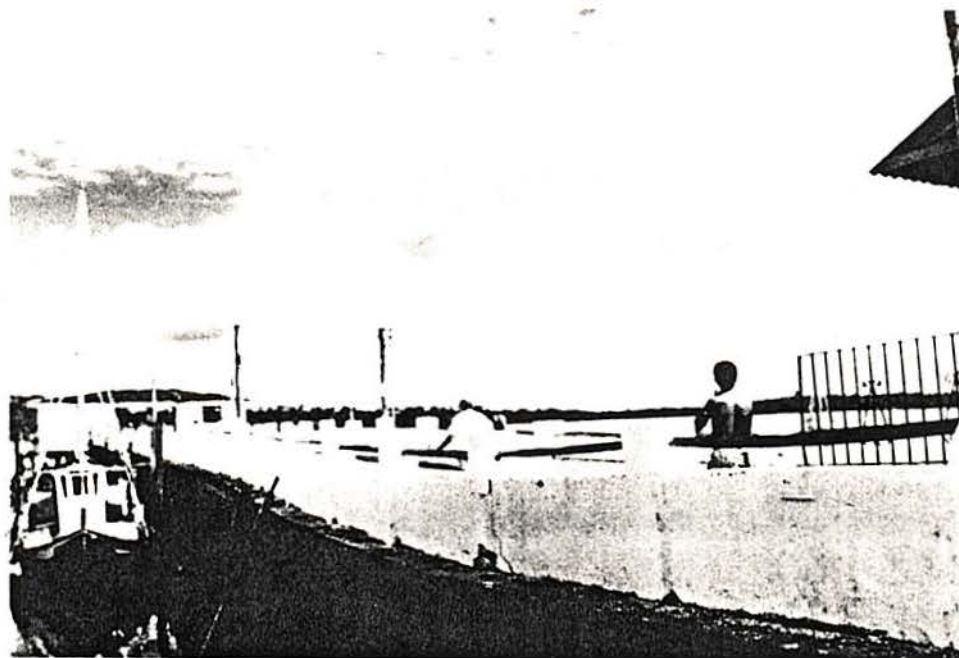


Foto 6.4 - Aspecto da laje de um trapiche apresentando deformação excessiva

6.1.2.4. Sistemas de reparos em reservatórios elevados, cisternas e piscinas

No histograma da figura 6.7 e na tabela C.7 pode-se verificar os sistemas de reparos empregados para eliminação das patologias presentes nas estruturas dos reservatórios elevados, cisternas e piscinas - grupo ESP-R - Neste grupo de obras, observou-se que:

a) além das argamassas expansivas projetadas, 31.14%, que foram empregadas para recompor cobrimentos insuficientes (foto 6.5) e para tratamento das armaduras corroídas, foram utilizadas as injeções com o mesmo percentual de uso, 31.14%. Cabe salientar que as injeções foram empregadas na presença de fissuras mecânicas, após o devido reforço das paredes dos reservatórios, tendo sido aplicados os materiais: resina epóxi, 77.22%, graute, 19.44% e calda expansiva de cimento, 3.33%. A escolha do tipo de material a ser injetado foi estabelecida em função da abertura das fissuras (epóxi ou calda expansiva de cimento), e pela existência de concreto segregado e/ou ninhos de concretagem ao longo das fissuras (graute). Quanto às peças que receberam esse tratamento, verificou-se que as lajes somaram 36.11% e as paredes de concreto responderam com 63.89% do total das injeções aplicadas. As argamassas projetadas foram empregadas em pilares, 11.67%, vigas, 18.33%, lajes, 10.00%, escadas e paredes de concreto atingindo 30.00% cada grupo.

b) as colmatagens superficiais com resina epoxidica, 28.20%, foram empregadas na reparação de fissuras passivas, em lajes (40.49%) e nas paredes de concreto (59.51%).

c) as impermeabilizações, que somaram 3.12%, foram empregadas, em muitas obras, para repor a estanqueidade das caixas perdida ao longo da vida útil ou, simplesmente, para solucionar danos advindos da falta de qualidade do concreto (concretos segregados, permeáveis) e presença de juntas de concretagens.

d) os grampeamentos das fissuras, 2.94%, foram utilizados, principalmente, para corrigir as fissuras coincidentes à direção dos barrões -reservatórios cilíndricos com uso de forma deslizante-. Nestes casos, além do grampeamento -aço CA-60 e manchão de concreto, com lançamento convencional ou projetado- eram executadas injeções com resina epoxi e/ou calda expansiva de cimento ao longo da fissura. Pode-se observar ainda que, embora o percentual da aplicação desse tipo de reparo seja relativamente baixo, em geral a solução é extremamente demorada e nem sempre se consegue a estanqueidade total do reservatório. Isto poderia ser obtido através da execução de uma camisa de concreto, ao longo de todas as paredes e fundo da caixa. Porém nem sempre é possível tal solução, devido aos fatores tempo e custo.

e) o micro concreto projetado, 2.94%, foi empregado para o tratamento de pilares, 47.06%, vigas, 47.06%, e 5.88% em lajes, na presença de armaduras em processo corrosão e/ou com cobertura insuficiente.

f) a aplicação de graute com lançamento convencional, 0.52%, foi empregado para reparar lajes que apresentavam brocas profundas (ninhos de concretagem). O emprego do graute foi justificado pela necessidade de obter-se altas resistências iniciais devido à presença d'água do lençol freático.

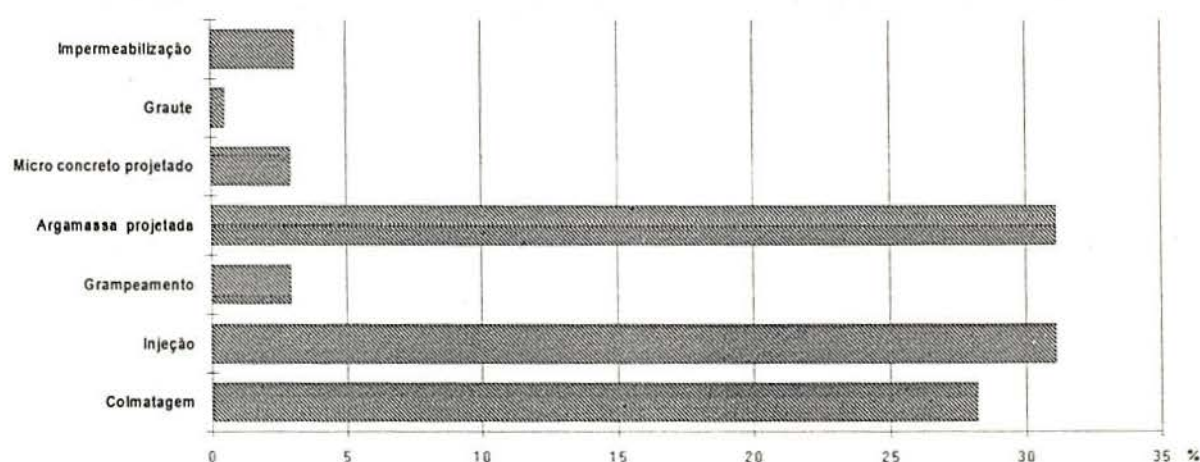


Figura 6.7- Distribuição dos sistemas de reparos em reservatórios elevados, piscinas e cisternas

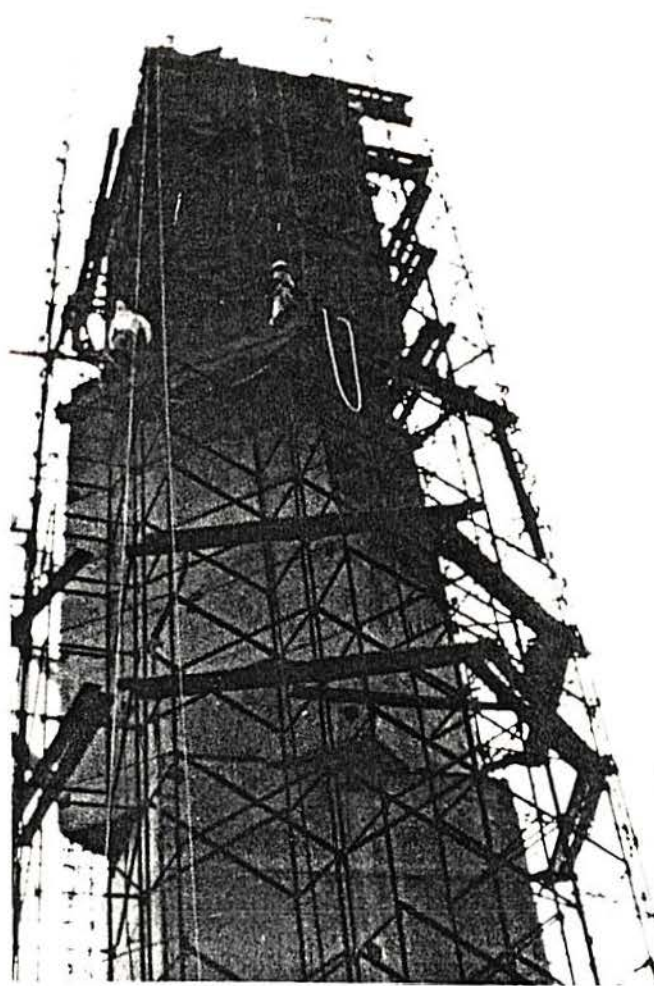


Foto 6.5 - Vista geral de um reservatório elevado durante operação de projeção de argamassa expansiva, para reposição da proteção física das armaduras

6.2. PRINCIPAIS TIPOS DE REFORÇOS APLICADOS NA AMAZÔNIA

6.2.1. Reforços nas edificações convencionais

6.2.1.1. Reforços em edificações residenciais

O histograma mostrado na figura 6.8 apresenta as técnicas empregadas para o reforço de obras residenciais. O aumento das seções de aço e de concreto somaram mais de 80.00% do total dos reforços aplicados. Pela análise da referida figura e da tabela C.8, pode-se verificar, ainda, que:

a) os encamisamentos, com concreto projetado e com concreto convencional, foram responsáveis pelos maiores percentuais dos reforços aplicados, respectivamente, 55.94% e 24.94%.

b) o concreto projetado foi largamente empregado no reforço de pilares, 83.46%, e de vigas, 14.56%, enquanto em lajes só foi usado em 1.98%. Pode-se verificar, ainda, que 98.78% das peças reforçadas com essa técnica pertencem ao subgrupo RES-M-4, enquanto os subgrupos RES-U-2 e RES-M-3 responderam com 1.22% das aplicações. No subgrupo RES-M-4, a grande maioria dos reforços aplicados, nos pilares, foram realizados através da projeção de concreto a ar comprimido, possivelmente pela possibilidade de se reduzir o tempo de execução -

dispensa o uso de formas e cimbramentos- e pela possibilidade de diluir-se o custo dos equipamentos, frente ao volume a ser aplicado e número de peças a serem reforçadas.

c) os reforços com concreto -lançamento convencional- estão presentes em todos os quatro subgrupos das edificações residenciais, sendo a técnica mais empregada para a execução dos reforços das lajes. A distribuição percentual, por peça, situou-se da seguinte forma: vigas, 33.33%, lajes, 31.39%, pilares, 28.43% (foto 6.6) e cintas, 6.85%. Embora se verifique que 60.58% dos reforços tenham sido aplicados nas edificações do subgrupo RES-M-4, esta constatação, possivelmente, só reflete o maior número de peças existentes neste subgrupo, não revelando nenhuma tendência quanto à preferência pelo emprego dessa técnica.

d) a técnica encamisamento com concreto à base de graute foi responsável por 0.59% do total dos reforços aplicados nas estruturas residenciais. Esta técnica só é justificada em situações muito específicas -quando se requer elevadas resistências nas primeiras idades- pois o custo é extremamente elevado quando comparado a outros tipos.

e) o incremento de novo elemento estrutural, 17.28%, foi o terceiro maior percentual de utilização. Esta técnica consiste na incorporação de novas peças, em geral para se reduzir os vãos de lajes e vigas, como forma de minimizar as deformações ou suportar acréscimos de carregamento -não previstos no projeto ou simplesmente para alteração de uso-.

f) as chapas coladas, 0.62%, e os perfis metálicos, 0.11%, foram utilizados para reforço de vigas. O restrito emprego dessas técnicas possivelmente possa ser justificado pelos cuidados especiais requeridos quanto ao uso das resinas, preparo cuidadoso das superfícies e mão de obra bastante qualificada.

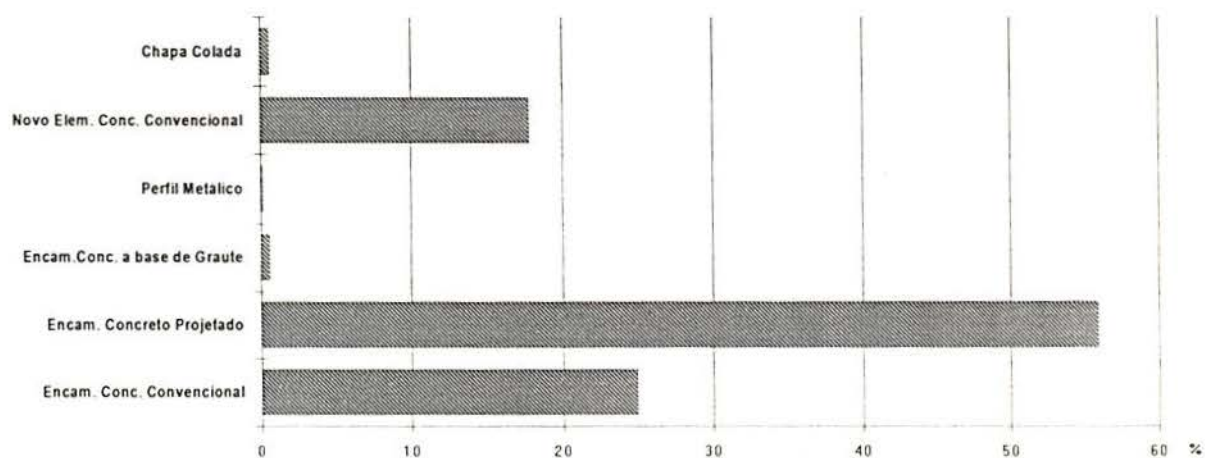


Figura 6.8- Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações residenciais

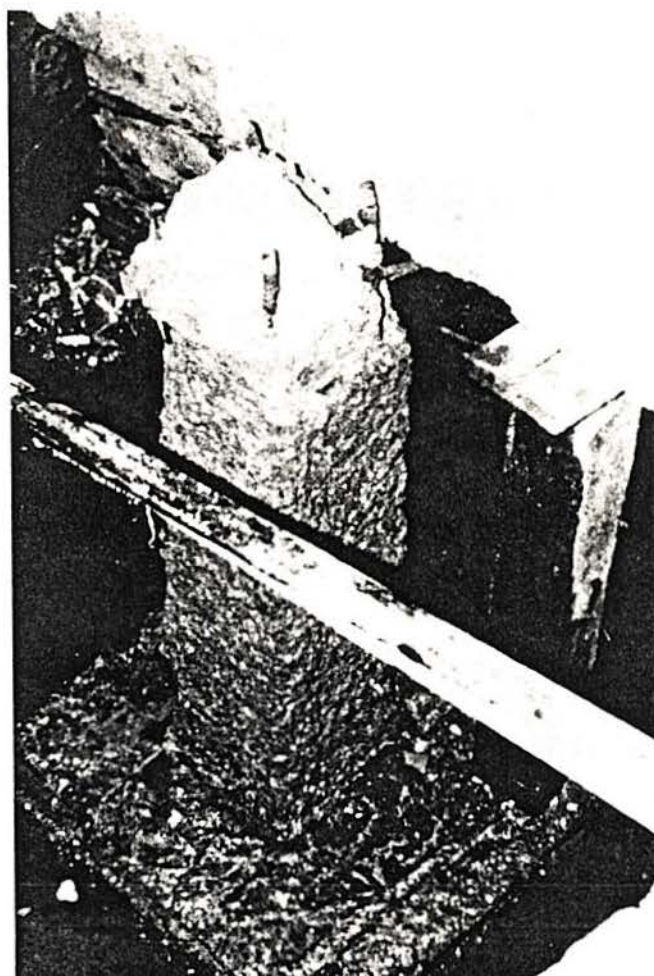


Foto 6.6 - Vista de bloco e pilarete de fundação deslocados em relação ao eixo do cintamento. Para repor as condições de projeto procedeu-se o encamisamento do pilarete com concreto convencional

6.2.1.2. Reforços em edificações comerciais/serviço

Pela análise da figura 6.9 e da tabela C.9, pode-se identificar os principais tipos de reforços aplicados nas edificações comerciais/serviço na Amazônia, constatando-se que:

a) a incorporação de novo elemento estrutural, 55.96%, foi responsável pela maior parcela dos reforços aplicados, cabendo aos subgrupos DIV-CS-1 e DIV-CS-2 quase 93.00% do total dos reforços realizados. Este fato pode ser explicado pela necessidade de proceder-se o reforço de vários elementos de fundação, pela instalação de blocos para transferência dos esforços e pela criação de panos de lajes (lajes e vigas) em obras que não possiam laje de piso, e encontravam-se assentes em solos compressíveis, tendo-se observado acomodações que inviabilizavam a utilização das edificações.

b) os encamisamentos foram realizados através do emprego de concreto projetado, 7.57%, e concreto convencional, 34.97%. Os concretos projetados só foram empregados nos subgrupos DIV-CS-2 (39.69%) e DIV-CS-4 (60.31%), não tendo sido identificado nenhuma tendência relacionada a estas ocorrências, acreditando-se ser simplesmente uma consequência do tipo de análise e não uma tendência do grupo comercio/serviço. Pode-se

verificar que, da mesma forma como observado nas edificações residenciais, as peças mais reforçadas, com o concreto projetado, foram os pilares com 50.33% e as vigas com 42.75%.

c) nos encamisamentos, com uso de concreto armado e lançamento convencional, 61.82% dos reforços aplicados foram realizados nas vigas, 14.55% nos cintamentos, 11.24% nas lajes, 6.61% nos pilares, 5.29% nas marquises e 0.49% nas demais peças. A maioria das peças reforçadas, com essa técnica, pertencem ao subgrupo DIV-CS-2 (52.40%); possivelmente esta constatação reflita apenas a existência de grande número de obras com até dois pavimentos, não tendo sido identificado outro fator para explicar este fato.

d) os reforços com emprego de concreto protendido, 0.58%, foram empregados para o reforço de lajes nervuradas, no subgrupo DIV-CS-4, que se encontravam com excessiva deformação, já tendo provocado a rotulação das vigas de contorno e pilares adjacentes. Para retorno das lajes ao nível de projeto foram executadas vigas em concreto armado e posterior aplicação da protensão. Cabe ressaltar que, embora o percentual de utilização dessa técnica seja bastante reduzido, ocorrem situações onde a utilização da protensão pode vir a ser uma excelente solução, por possibilitar o retorno de níveis evitando, quase sempre, grandes agressões aos espaços internos frente ao reduzido acréscimo das seções das peças, dispensando o descarregamento da estrutura.

e) os reforços com perfil metálico, 0.17%, foram empregados para o reforço de três vigas do subgrupo DIV-CS-2.

f) os reforços efetuados através da incorporação de novos elementos em concreto ciclópico -sem armaduras- são mais empregados na recuperação de fundações. O emprego do concreto ciclópico (0.75%) foi para execução de um arrimo (7.69%) e para o reforço de algumas cintas (92.31%). O uso dessa técnica, em cintamentos, é justificada na presença de pequenas deformações, e pela simplicidade da solução. Através de incorporação de blocos simples, reduz-se os vãos, resultando numa solução de muito baixo custo.

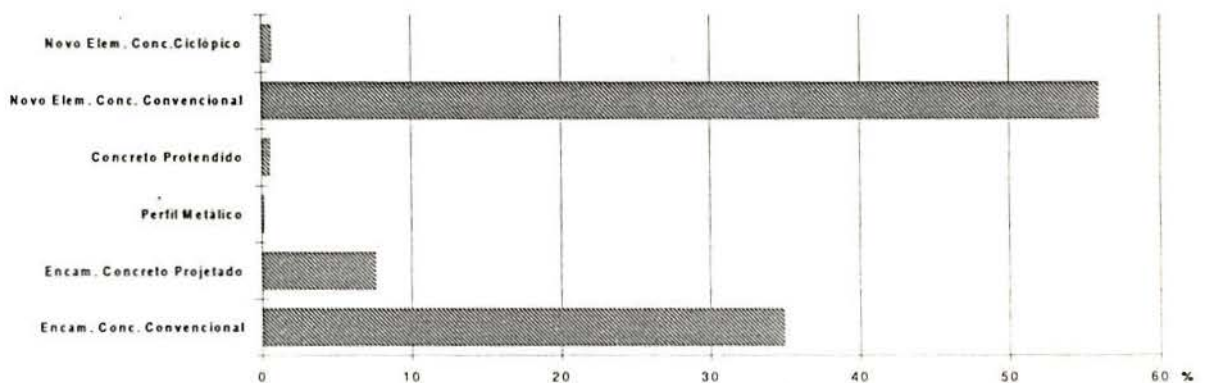


Figura 6.9- Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações comerciais/serviço

6.2.1.3. Reforços em edificações de instituições públicas

Através da análise dos levantamentos efetuados (tabela C.10) e da figura 6.10, observa-se a distribuição percentual dos tipos de reforços aplicados nas estruturas do grupo das edificações pertencentes às instituições públicas, tendo-se constatado que:

a) quase 77.00% dos reforços efetuados nas estruturas foram realizados por meio de encamisamento -aberto e/ou fechado- das seções originais. Outra constatação efetuada, de que grande concentração dos reforços ocorreram nos subgrupos DIV-IOP-1 e DIV-OP-2 (97.77%), pode ser tão somente um reflexo do maior número de obras existentes nesses subgrupos (81.08%), não havendo outra ocorrência que possa explicar a predominância dos reforços nesses grupos.

b) os encamisamentos com concreto convencional corresponderam a 39.12% do total dos reforços aplicados, sendo 51.06% aplicados em vigas, 25.58% nos pilares, 12.74% nas lajes, 7.99% nos cintamentos, e 2.63% nas demais peças. Pode-se observar que os maiores percentuais estão presentes nos subgrupos DIV-OP-1 (29.52%) e DIV-OP-2 (69.57%).

c) nos encamisamentos com uso do concreto projetado (35.68%), da mesma forma que observado nos encamisamentos convencionais, os subgrupos DIV-OP-1 (13.19%) e DIV-OP-2 (83.04%) tiveram um número muito superior aos demais subgrupos. A distribuição percentual das peças reforçadas correspondeu a 54.77% nas vigas, 38.80% nos pilares, 5.88% nas lajes e 0.55% nas escadas. Esta verificação reflete a necessidade da execução de inúmeros reforços de vigas e de pilares. Em várias obras o concreto apresentava baixíssima qualidade -resistência à compressão inferior a 9 MPa, alta permeabilidade, armaduras em processo de corrosão e sem proteção química, devido à carbonatação do concreto-.

d) o emprego de encamisamento com concreto a base de graute, 1.54%, foi utilizado para o reforço de alguns pilares pertencentes ao subgrupo DIV-OP-2, pela necessidade de obter-se elevadas resistências iniciais devido à presença de água.

e) a recuperação de estruturas através do incremento de novos elementos de concreto armado, com lançamento convencional (21.80%), foi responsável pelo terceiro maior percentual de utilização. O elevado uso dessa técnica pode ser explicado pelos mesmos motivos comentados no item b, sendo que os pilares somaram quase 50.00% das novas peças inseridas nas estruturas.

f) o incremento de novos elementos estruturais em concreto ciclópico, nos cintamentos, soma 0.51%. Houve a incorporação de pequenos blocos simples com a mesma intenção comentada na incorporação de novos elementos no grupo edificações residenciais.

g) os perfis metálicos, 1.19%, foram utilizados na recuperação de pilares dos subgrupos DIV-OP-2 (66.67%) e DIV-OP-3 (33.33%). As chapas coladas, com apenas 0.16% de utilização, reforçaram algumas vigas do subgrupo DIV-OP-3.

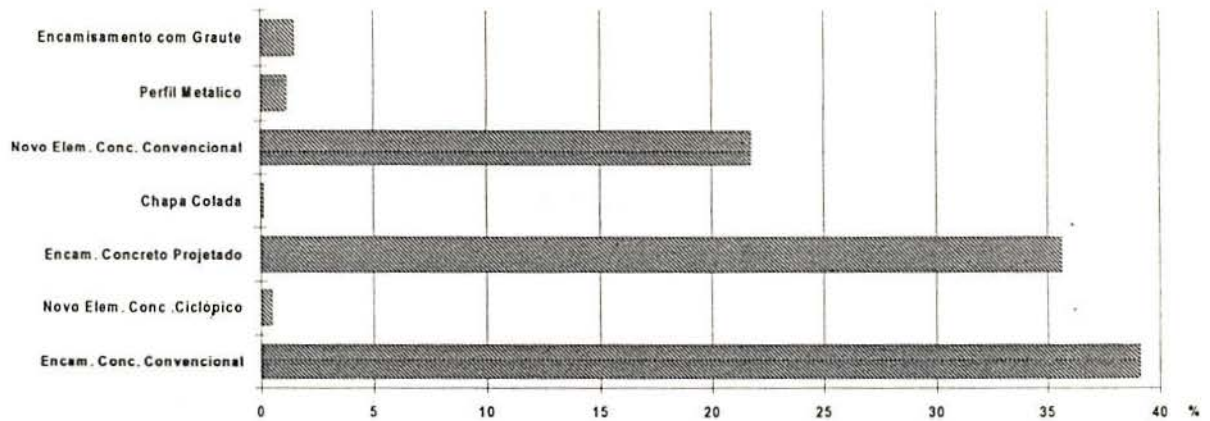


Figura 6.10- Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações de instituições públicas

6.2.2. Reforços nas edificações especiais

6.2.2.1. Reforços em edificações industriais

Nos grupos ESP-I-1 e ESP-I-2, pela análise da figura 6.11 e da tabela C.11, pode-se verificar que o encamisamento das seções, com emprego de concreto convencional, é o tipo de reforço mais empregado, tendo somado 84.77% do total das intervenções realizadas. As peças mais reforçadas foram os pilares (85.72%) e as vigas (11.98%), enquanto as lajes sofreram intervenção em apenas 2.30%. Esta constatação -grande percentual de intervenção nos pilares- possivelmente possa ser explicada pelas características arquitetônicas das obras industriais, em geral grandes pavilhões, poucas lajes e uso de estrutura mista (concreto e metálica).

O incremento de novos elementos estruturais -concreto convencional- correspondeu a 12.11% dos reforços aplicados, sendo quase sempre através do incremento de novos panos de lajes (90.32%). A incorporação de novas lajes tornou-se necessário por dois motivos. Em primeiro lugar tratava-se da reposição de elementos que foram demolidos para efetuar-se o reforço de pilarêtes e blocos e, o outro, prende-se à alteração de utilização da edificação.

Observou-se um pequeno percentual, 3.12%, de reforços através do uso de perfis metálicos para a recuperação de algumas vigas.

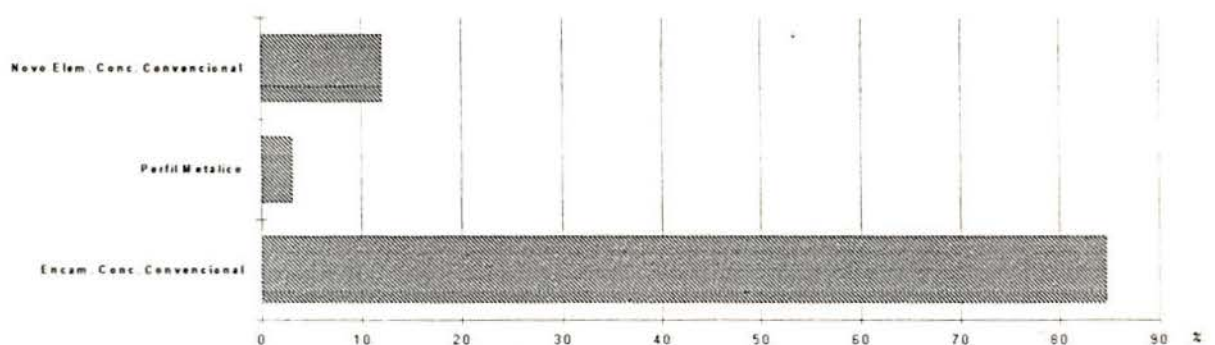


Figura 6.11- Distribuição dos tipos de reforços aplicados nas edificações industriais

6.2.2.2. Reforços em edificações esportivas

Nas obras destinadas a atividades esportivas -estádios de futebol, ginásios e vila olímpica- pode-se verificar, através da análise da figura 6.12 e da tabela C.12, que:

a) os tipos de reforços mais aplicados consistiram no aumento das seções das peças, através de encamisamentos, com o emprego de concreto com lançamento convencional (45.41%) e com aplicação de concreto projetado (26.61%).

b) os encamisamentos com concreto convencional foram utilizados, principalmente, no reforço das lajes (62.63%). Em vigas somaram 24.24%, em lajes das arquibancadas 10.10% e em pilares apenas 3.03%.

c) os encamisamentos com concreto projetado foram aplicados para o tratamento dos pilares (72.42%), das vigas (13.79%) e das lajes (13.79%).

d) os perfis metálicos (8.93%) foram empregados para afastar a frequência própria da estrutura da frequência de solicitação à mesma, eliminando a possibilidade de ocorrência de ressonância na estrutura. O motivo que orientou a escolha por esse tipo de reforço foi a característica arquitetônica do estádio, evitando-se agressão à arquitetura original. Para detectar esse tipo de problema -risco de ressonância-, é necessária a execução de uma série de ensaios, de forma a possibilitar a leitura das frequências das estruturas, o que, além de requerer equipamentos especiais, requer a interação de diversos profissionais qualificados, como forma de garantir a correta delimitação do problema, estudo da melhor adequação estrutural, aplicação dos reforços necessários e reavaliação da estrutura através da repetição dos ensaios após a conclusão dos serviços de reforço (foto 6.7).

e) a incorporação de novos elementos à estrutura correspondeu à 18.81% dos reforços aplicados, tendo sido identificados 53.19% de novos consoles, 17.02% de novos cintamentos, 12.77% de novos pilares, 12.77% de novos rufos e 4.25% de novas vigas.

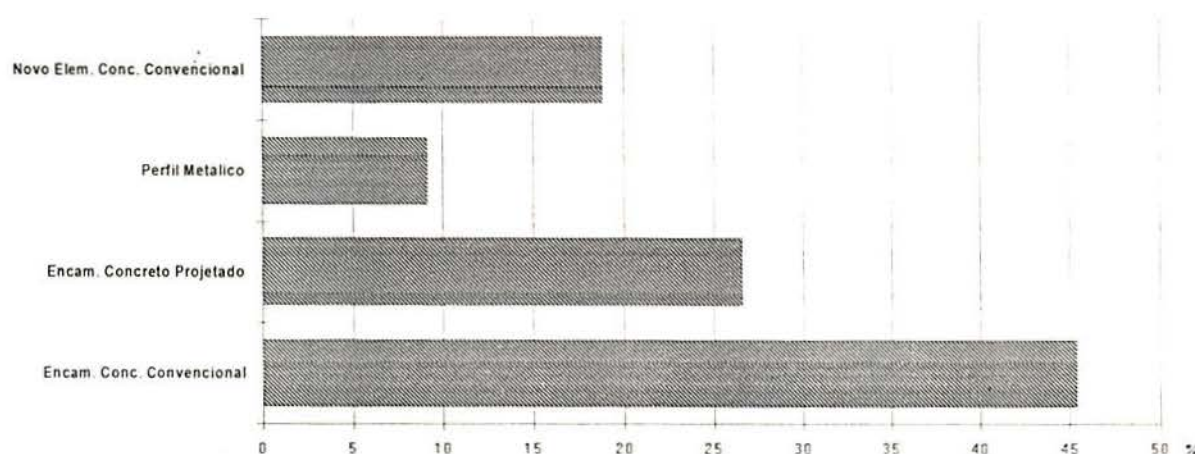


Figura 6.12- Distribuição dos tipos de reforços aplicados em edificações esportivas

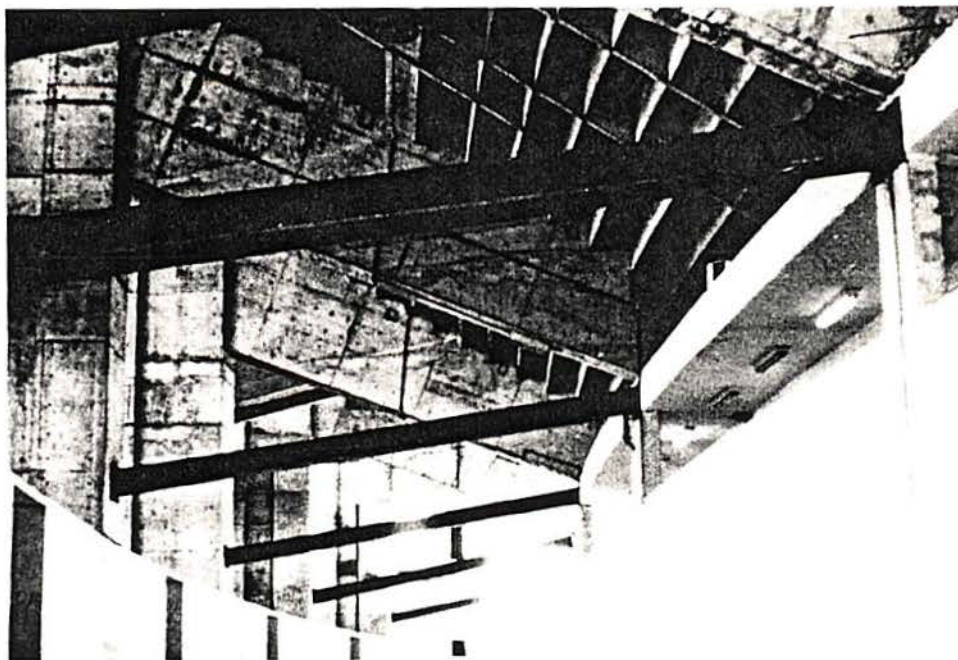


Foto 6.7 - Adequação estrutural das arquibancadas de um estádio de futebol através da incorporação de vigas caixa metálicas, fixadas à estrutura de concreto -vigas e pilares- por meio de parafusos com luva expansora

6.2.2.3 - Reforços em pontes, viadutos e trapiches

Os tipos de reforços aplicados nas pontes, trapiches e viadutos são apresentados na figura 6.13 e na tabela C.13 (grupo de obras ESP-PV). As técnicas mais empregadas para o reforço dessas estruturas foram os encamisamentos -aberto e/ou fechado- com o emprego de concreto projetado (44.52%) e de concreto armado com lançamento convencional (44.61%). A execução de novos elementos em concreto armado, com lançamento convencional, foi responsável pelo reforço de 10.63% das estruturas; e os novos elementos estruturais incorporados em concreto ciclópico, por apenas 0.19%. Além dos percentuais acima, pode-se observar que:

a) mais de 83% dos trapiches -contidos no banco de dados- sofreram alguma intervenção de reforço, e todos eles pertenciam a instituições públicas -governos estaduais ou prefeituras municipais-. Esta constatação revela alguns fatos importantes. Em primeiro lugar, ausência de manutenção preventiva (37.50%) -com frequência as defenças de madeira encontravam-se danificadas, permitindo choque de embarcações com a estrutura dos trapiches, gerando fraturas em algumas peças, o que poderia ser evitado através da reposição periódica das defenças, ou uso de defenças com maior durabilidade-. Outro aspecto relevante é a falta de qualidade do concreto produzido em muitas obras (37.50%) -presença de grandes brocas (ninhos de concretagem), concreto segregado, cobrimento insuficiente das armaduras, além de alta permeabilidade. Todos estes fatores possibilitaram a rápida degradação das estruturas, o que pode indicar uma séria deficiência nas fiscalizações, principalmente por parte dos técnicos dos governos -municipal, estadual e federal- que não deveriam atestar a conclusão das obras diante de deficiências tão evidentes. Por último, porém não menos importante, a ação erosiva das marés que acaba solapando as contenções, o que pode indicar a necessidade de estudos mais cuidadosos quanto à ação das marés sobre as estruturas, bem como a falta de estabelecimento de planos de manutenção periódica como forma de identificar, prevenir e possibilitar a reparação dos danos nas primeiras idades.

b) 76.92% das pontes que compõem o banco de dados sofreram algum tipo de intervenção visando o reforço de alguma peça. Para facilitar a identificação dos motivos que provocaram as intervenções de reforço, nas pontes, procedeu-se ao agrupamento destas, em função da dimensão de seus vãos, em:

- grupo 1 - pontes com até 100 metros de extensão,
- grupo 2 - pontes de 101 a 500 metros de extensão e
- grupo 3 - pontes com mais de 501 metros de extensão.

Pela classificação efetuada pode-se verificar que:

- b.1) no *grupo 1*, 100% das pontes sofreram algum tipo de reforço;
- b.2) no *grupo 2*, 33.33% das pontes foram reforçadas e
- b.3) no *grupo 3*, 50.00% das pontes foram reforçadas.

As origens dos danos do grupo 1 foram atribuídas: 37.50% à etapa de execução -sendo 66.67% relacionados a procedimentos inadequados -deficiente cobrimento das armaduras (foto 6.8)- que contribuíram para o ataque das armaduras (pontes situadas em áreas salinas); 37.50% à etapa de projeto -em geral relacionadas à ausência de projeto, deficiência de detalhamento (pontes mistas -concreto e madeira-); e 25.00% à etapa de utilização -relacionando-se à ausência de manutenção e a choques provocados por toras de madeira-.

No grupo 2, pontes com até 500 metros de extensão, encontra-se registrado o caso mais grave: deficiência de projeto estrutural e processo executivo -descuido quanto ao cobrimento das armaduras-. Como esta obra situava-se em área salina, a agressão nas armaduras mostrou-se bastante acentuada.

No grupo 3, pontes com vão superior à 500 metros de extensão, pode-se verificar que 50.00% dos danos tiveram origem na etapa de execução das obras, estando diretamente relacionados, principalmente, aos cobrimentos inadequados das armaduras; e os outros 50.00%, originaram-se da falta de manutenção.

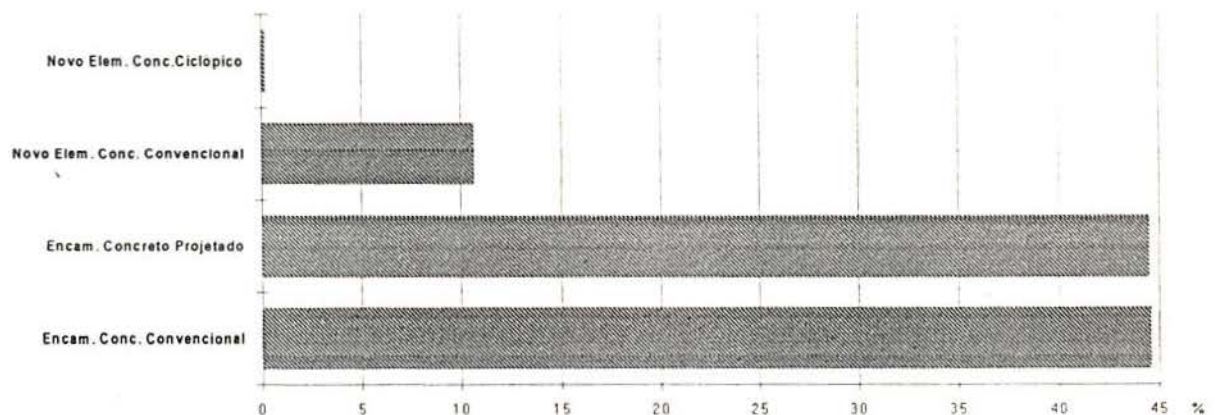


Figura 6.13 - Distribuição dos tipos de reforços aplicados em pontes, viadutos e trapiches

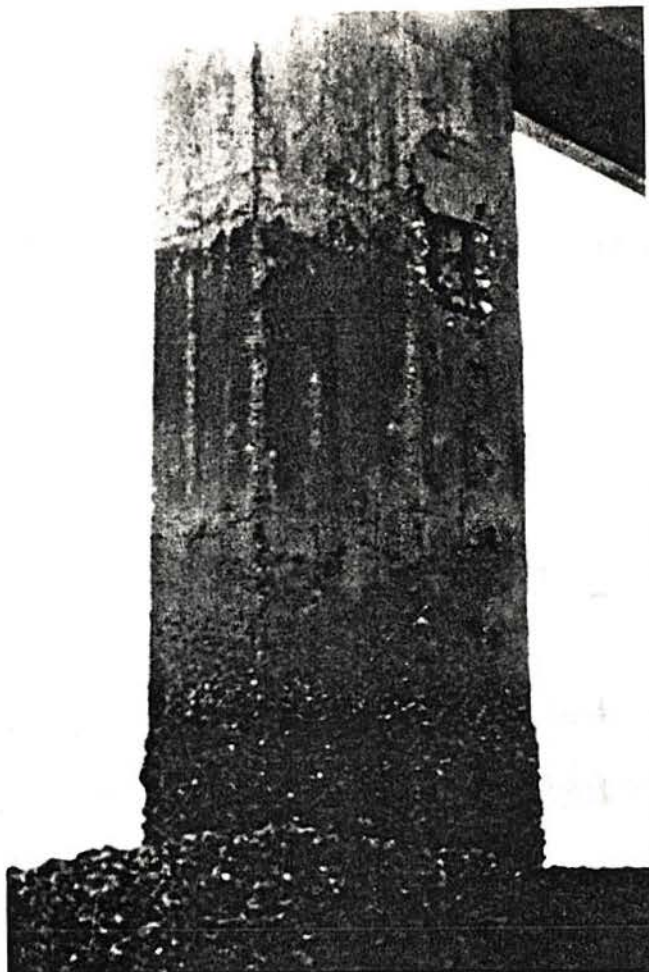


Foto 6.8 - Vista do pilar de uma ponte situada em ambiente salino. Pode-se observar destacamento do cobrimento das armaduras devido ao elevado nível de corrosão localizada.

6.2.2.4. Reforços em reservatórios elevados, cisternas e piscinas

No grupo de obras ESP-R -reservatórios elevados, cisternas e piscinas- observou-se, através da análise dos levantamentos efetuados (tabela C.14) e da figura 6.14, ser o encamisamento -concreto com lançamento convencional e projetado- a técnica mais empregada, tendo-se constatado ainda que:

- a) a aplicação do concreto projetado foi responsável pelo reforço de 64.73% das peças recuperadas. O emprego do projetado ocorreu nas seguintes proporções: 75.86% nas paredes de concretos, 11.03% nas vigas, 10.35% nas lajes e 2.76% nos pilares.
- b) os encamisamentos, efetuados com o emprego de concreto com lançamento convencional, corresponderam a 33.48% do total dos reforços aplicados, distribuídos entre as peças: 57.33% nas lajes, 30.67% nas paredes de concreto, 10.67% nos pilares e 1.33% nas vigas.
- c) 82.70% dos reforços utilizados em paredes de concreto foram realizados através da aplicação de concreto projetado a ar comprimido, possivelmente pela rapidez de execução -elimina-se a necessidade do uso de fôrmas-, e pela baixa permeabilidade dos concretos produzidos através dessa técnica.
- d) a incorporação de novos elementos, 1.79%, foi empregada para reposição quatro laje.

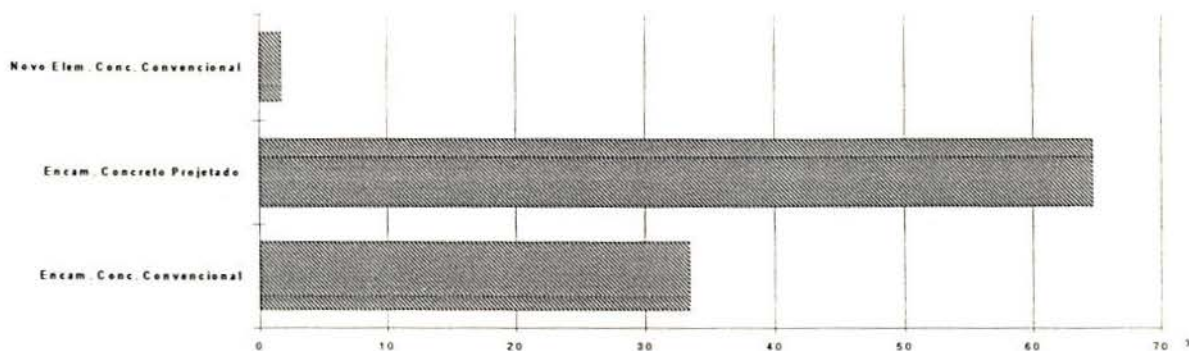


Figura 6.14- Distribuição dos tipos de reforços em reservatórios elevados, cisternas e piscinas

6.3. PRINCIPAIS TIPOS DE REFORÇOS DE FUNDAÇÃO APLICADOS NA REGIÃO AMAZÔNICA

6.3.1. Reforços de fundações em obras convencionais

6.3.1.1. Reforços de fundação em edificações residenciais

A análise realizada, a partir da figura 6.15 e da tabela C.15- reforços de fundações em edificações residenciais-, permitiu concluir que:

a) os tipos de reforços nas fundações superficiais ou com emprego de fundações superficiais foram responsáveis por 62.90% das intervenções aplicadas nas obras do grupo residencial. No subgrupo RES-U-1, pode-se verificar que esse percentual é ainda maior, atingindo quase 84.00% do total das intervenções realizadas nas fundações. Essa constatação pode sinalizar uma pequena preocupação quanto à investigação do subsolo, tanto pelas reduzidas cargas atuantes nesse subgrupo de obras, como pelo fato de serem, em sua grande maioria, fundações superficiais, e serem obras de valor mais baixo.

b) ao se desenvolver, separadamente, a análise dos quatro subgrupos, verificou-se uma redução dos reparos nas fundações superficiais e o acréscimo dos reparos nas fundações profundas a medida que elevava-se o número de pavimentos. Esta observação pode indicar que a medida em que são acrescidas as cargas, torna-se necessário o aprofundamento das fundações.

c) nas fundações superficiais as técnicas mais empregadas foram encamisamento com concreto convencional, 27.94%, largamente empregado para reforçar blocos e sapatas, e o encamisamento com concreto ciclópico, 16.04%, utilizado, em maior escala, para os reforços dos alicerces corridos.

d) nas fundações profundas, a execução de estacas raízes, 16.57%, e a cravação de perfis mega de concreto, 14.38%, foram os reforços mais empregados. Pode-se justificar a opção por estes tipos de reforços por dois motivos: em geral, o pé direito das obras não permite o acesso de bate estacas para cravação das estacas convencionais e, em muitos casos, o nível de instabilidade da estrutura não suportaria as vibrações provocadas pela cravação convencional. Há de ser considerado, ainda, que a possível opção pela cravação de perfis metálicos esbarra no elevado custo dos perfis. Portanto, além das questões meramente técnicas, quanto à escolha do tipo de estaca a ser utilizada, o custo da estaca mostrou ser um fator determinante.

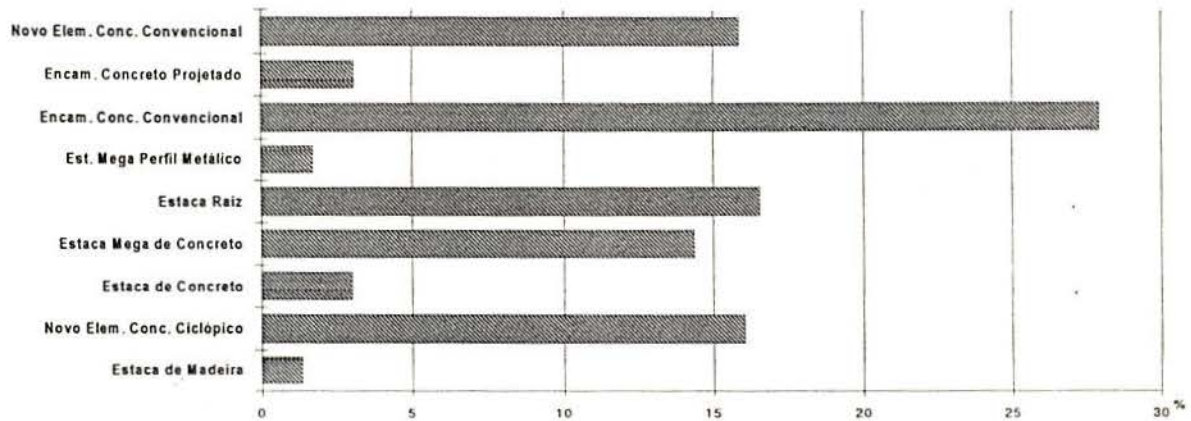


Figura 6.15 - Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações residenciais

6.3.1.2. Reforços de fundações em edificações comerciais/serviços

No grupo de obras - DIV-CS -comerciais/serviço-, a partir da figura 6.16 e da tabela C.16, pode-se verificar os tipos de reforços mais comuns nas fundações, tendo-se observado que:

a) os tipos de reforços nas fundações superficiais ou com emprego de fundações superficiais foram responsáveis por 67.63% das intervenções, não havendo diferença significativa quanto aos valores observados nas fundações residenciais.

b) embora nos subgrupos DIV-CS-3 (0%) e DIV-CS-4 (6.92%) não tenham ocorrido percentuais razoáveis de reforços aplicados, pelo comportamento observado nos subgrupos DIV-CS-1 (27.11%) e DIV-CS-2 (65.97%), tudo indica que, nas obras comerciais/serviço, o comportamento quanto à redução dos problemas nas fundações superficiais se comporte de forma análoga ao observado no grupo de obras residenciais.

c) nas fundações superficiais, as técnicas mais empregadas foram: instalação de novas peças em concreto armado, 35.18%, instalação de novas peças em concreto ciclopico, 19.94%, e encamisamento das fundações existentes através de envelopamento aberto -em geral em uma ou nas duas laterais e fundo- com 15.51%. As incorporações de novas peças -em concreto convencional e concreto ciclopico- foram, em sua maior parcela, efetuadas na forma de novos blocos, 77.49%, observando-se ainda: em sapatas (14.92%), em alicerces (6.02%) e, em menor percentual, em tubulões (1.57%). Os encamisamentos com concreto convencional foram empregados com maior frequência nos blocos, 43.75%, e nas sapatas, 49.11%, enquanto nos alicerces corridos apenas 7.14% dos reforços foram aplicados com essa técnica.

d) as estacas convencionais de concreto (12.88%) e estacas megas de concreto (12.88%) foram os tipos mais utilizados para o reforço das fundações profundas. Além delas, observou-se o uso de megas de perfis metálicos, 1.39%, e a execução de estacas raízes com 2.22%.

e) ao se analisar, separadamente, os tipos de estacas empregados nos reforços das fundações, das obras comerciais/serviço, pode-se verificar que 44.81% são do tipo estaca de concreto cravadas à percussão com uso de bate estacas; 47.64% são estacas de concreto cravadas por reação na própria estrutura, com o emprego de

macacos hidráulicos; e 7.55% são estacas raízes, executadas a partir da perfuração do solo com emprego de brocas rotativas. Pelas observações efetuadas fica mais uma vez demonstrado que o tipo de estaca a ser usado para o reforço de uma edificação está diretamente relacionado às características arquitetônicas da obra -o uso de estacas de concreto cravadas com emprego de bate estacas só foi possível devido a boa parte das obras comerciais/serviço possuírem pé direito superior à 5 metros, o que permitiu o acesso de bate estaca-, ao nível de estabilidade da obra e às imposições técnicas e econômicas.

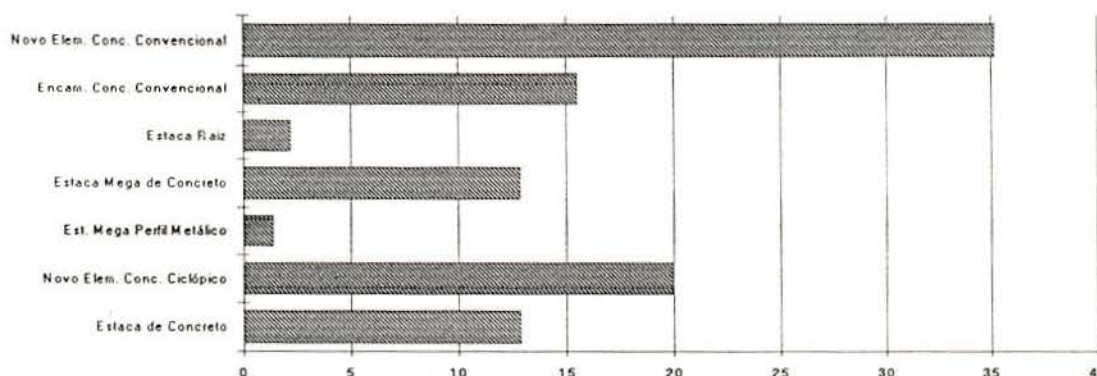


Figura 6.16- Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações comerciais/serviço

6.3.1.3. Reforços de fundação em edificações de instituições públicas

Através da análise da figura 6.17 e pelos dados dos levantamentos efetuados (tabela C.17), pode-se identificar os principais tipos de reforços aplicados nas fundações do grupo de obras DIV-OP -instituições públicas-, sendo observado que:

- os tipos de reforços nas fundações superficiais ou com emprego de fundações superficiais responderam com mais de 75% dos reforços aplicados nas obras que pertencem às instituições públicas. As peças mais reforçadas e/ou as peças mais empregadas para reforçar as fundações foram os blocos com 74.93%, os alicerces corridos com 18.88% e as sapatas com apenas 6.19%.
- as fundações profundas foram responsáveis pelo reforço de quase 25.00% das fundações. O tipo de solução mais utilizada foi a estaca mega de concreto, com quase 80.00%, a execução de novos tubulões a céu aberto, 15.00%, e a execução de novas estacas raízes com menos de 1.00%.
- pela análise em separado dos quatro subgrupos de edificações, ocorre um decréscimo significativo do número de ocorrências dos reforços nas fundações -DIV-CS-1 (56.99%), DIV-CS-2 (37.92%), DIV-CS-3 (5.09%) E DIV-CS-4 (0%)- com o acréscimo do número de pavimentos. Esta constatação pode, a primeira vista, indicar um maior cuidado quanto à investigação do subsolo e na própria execução das fundações, a medida em que se executa obras de maior porte; porém, pela observação da tabela 2.1 -número de obras vistoriadas-, onde se verifica que o número de obras que compõe o banco de dados (obras comerciais/serviço) decresce também sensivelmente, com o acréscimo do número de pavimentos -DIV-CS-1 (44.59%), DIV-CS-2 (36.49%), DIV-CS-3 (9.46%), e DIV-CS-4 (9.46%)-, a assertiva pode simplesmente refletir a redução do número de obras vistoriadas com menor número de pavimentos, não tendo sido possível chegar a uma conclusão definitiva quanto a essa tendência.

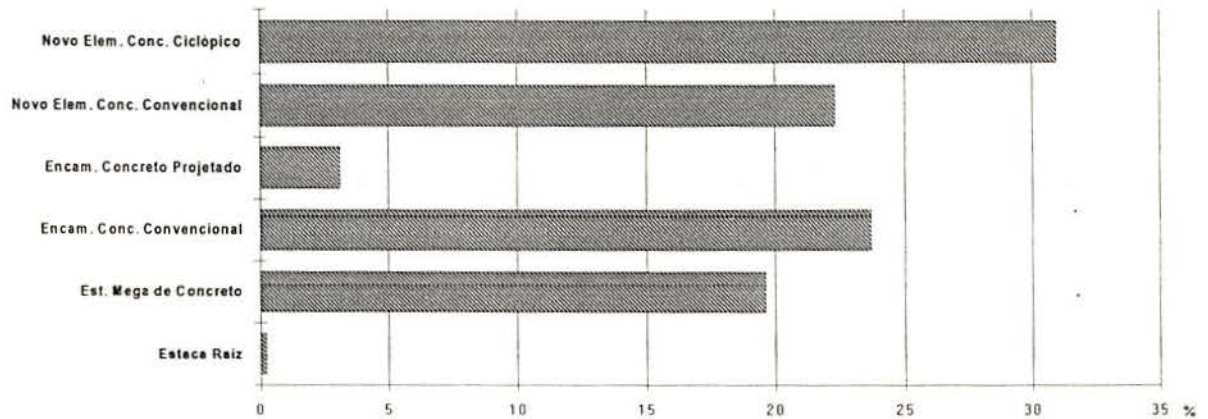


Figura 6.17- Distribuição dos tipos de reforços em fundações aplicados em edificações de instituições públicas

6.3.2. Reforços de fundação em edificações especiais

6.3.2.1. Reforços de fundações em edificações destinadas a atividades esportivas

O histograma mostrado na figura 6.18 -estádios de futebol, ginásios e vila olímpica- apresenta os tipos de reforços aplicados nas fundações nesse grupo de obras.

Pela análise da tabela C.18, pode-se verificar que os reforços das fundações, das obras esportivas, representaram um percentual de pouco mais de 1.00% do total dos reforços efetuados nesse grupo de obras. A análise da figura 6.18 permiti verificar que 78.13% dos reforços das fundações foram executados através do emprego de estacas raizes, 9.37% por meio de encamisamento com concreto convencional (100% executados em blocos) e 12.50% por meio da instalação de novos blocos de fundação em concreto armado convencional.

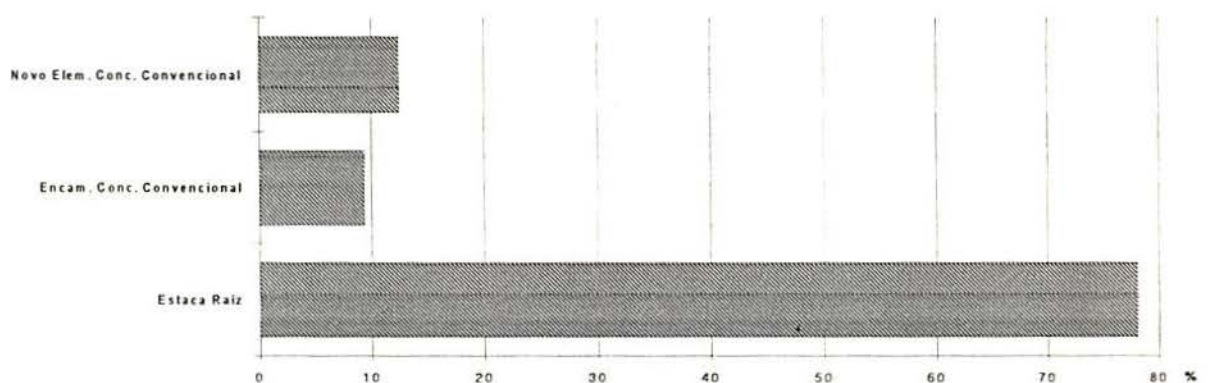


Figura 6.18- Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em edificações esportivas

6.3.2.2. Reforços de fundação em pontes, viadutos e trapiches

O histograma mostrado na figura 6.19 -pontes, viadutos e trapiches- e a tabela C.19 apresentam os tipos de reforços executados nas fundações desse conjunto de obras.

O tipo de reforço mais empregado consistiu no encamisamento com concreto convencional, 87.35%, executado para encamisamento de blocos de fundação e para envelopar estacas metálicas em uma única ponte, que apresentava processo de corrosão acelerado e deficiência na ligação com os blocos -concreto bastante segregado-. O segundo maior percentual, 8.32%, deveu-se à execução de tirantes protendidos para fixação dos blocos de fundação de uma ponte -após brusco choque provocado por toras de madeira, quando ocorreu o deslocamento de vários blocos e parte da meso e super estrutura da ponte (ponte mista concreto e madeira)-.

Nos trapiches as únicas ocorrências estão relacionadas aos reforços efetuados pelo encamisamento dos blocos de fundação.

Em geral, pode-se observar que nas pontes, salvo casos muito específicos, não se tem identificado a necessidade de reforços nas fundações.

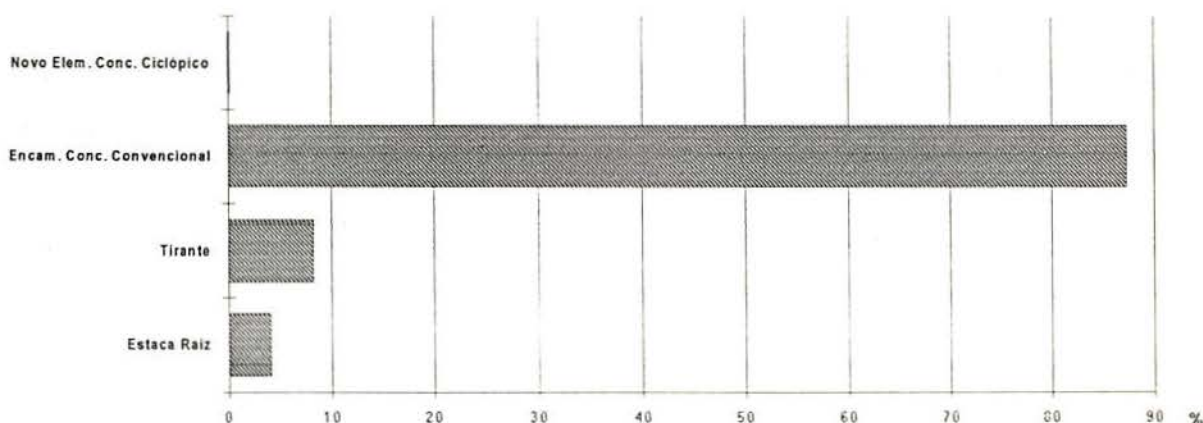


Figura 6.19 - Distribuição dos tipos de reforços de fundação aplicados em pontes, viadutos e trapiches

7. CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS RECURSOS APLICADOS NA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Os valores apresentados neste capítulo, apoiado na acertiva de FIGUEIREDO⁶⁶, podem ser considerados bastante incompletos, pois não englobam, dentre outros, os custos relacionados à perda dos revestimentos, à reposição dos acabamentos, o custo social -paralisação das atividades desenvolvidas nas áreas sob intervenção- e os desperdícios. Considerando, entretanto, a quase inexistência de levantamentos que apresentem os valores aplicados na reparação das estruturas no Brasil e, principalmente, na Região Amazônica onde, seguramente, é o primeiro estudo realizado, os valores por hora relacionados revestem-se de especial importância para uma reflexão junto ao meio técnico-científico da Região.

7.1. Distribuição dos recursos aplicados em função do tipo de obra analisada

Na tabela 7.1 apresenta-se os valores aplicados em serviços de recuperação estrutural na Amazônia, em 293 obras do banco de dados do presente trabalho, ao longo de quase 17 anos, em função do tipo de utilização da edificação. Analisando-se os recursos aplicados, pode-se verificar que:

a) nas obras com estruturas convencionais -residenciais, comerciais/serviço e institucionais- foram aplicados aproximadamente 53.00% dos recursos, e nas obras com estruturas especiais, 47.00%. Esta verificação pode induzir à inexistência de grande diferença, quanto aos valores alocados para reparação das estruturas em função do tipo de estrutura -convencional ou especial-. Entretanto, ao observar-se o número de obras reparadas que possuem estrutura do tipo convencional, 74.72%, e as obras com estruturas do tipo especial, 25.28%, pode-se concluir que a recuperação das estruturas especiais necessitaram um volume de recursos bastante superior, quando comparado aos necessários para recuperação das estruturas convencionais;

b) as obras pertencentes ou sob jurisdição de órgãos públicos -institucionais; viadutos, pontes e trapiches; e praças esportivas- tiveram participação em 62.55% dos recursos alocados, enquanto que os custos para recuperação das obras pertencentes a particulares ou da iniciativa privada representaram 37.45%. Observando a distribuição percentual do número de obras pertencentes a cada grupo - órgãos públicos (31.32%) e particulares (68.68%)- pode-se verificar que as obras pertencentes aos órgãos públicos, além de necessitarem de um volume de recursos bastante superior para sua recuperação, o custo médio por obra é também mais elevado quando comparado à média observada nas obras particulares;

c) os valores das médias -custo levantado por grupo de obras dividido pelo número de obras de cada grupo- observadas, principalmente nos grupos residenciais, comerciais/serviço e institucionais, podem indicar a tendência de acréscimo do volume de recursos necessários à reposição das condições originais das estruturas à medida em que é acrescido o número de pavimentos de cada obra e

d) os valores médios observados nos grupos de obras pontes, viadutos e trapiches; e das praças esportivas, revelaram, dentre outros fatos, a necessidade das maiores somas de recursos para recuperação de suas estruturas. Nestes dois grupos de obras foram aplicados perto de 38.00% do total dos recursos levantados.

As constatações descritas nos itens *a*, *b* e *d*, permite inferir ainda que, possivelmente, a falta de manutenção, a falta de controle na execução e de fiscalização das obras públicas são fato presente, o que pode explicar os elevados percentuais observados, dentre outras possibilidades;

Diante das constatações efetuadas, pelo menos duas questões devem ser levantadas: *qual o volume de recursos aplicados em função da idade das edificações na época dos eventos ? e, qual a idade das edificações quando da realização das intervenções?*

Tabela 7.1 - Distribuição dos recursos aplicados, em dólares, na recuperação estrutural das obras na Amazônia, em função do tipo de obra vistoriada

Natureza das Edificações					
Estrut	Uso		Nº obras.	Recursos (US\$)	Média (US\$)***
C* O N V E N C	R E S	RES-U-1	16	111.139,16	6.946,19
		RES-U-2	27	248.978,99	9.221,44
		RES-M-3	15	570.171,46	38.011,43
		RES-M-4	41	1.343.572,58	32.770,06
	D I V	DIV-CS-1	16	134.865,61	8.429,10
		DIV-CS-2	19	721.276,16	37.961,90
		DIV-CS-3	7	29.985,79	4.283,68
		DIV-CS-4	6	664.543,63	110.757,27
		DIV-OP-1	29	1.025.366,01	35.357,44
		DIV-OP-2	25	881.316,70	35.252,66
		DIV-OP-3	6	1.099.084,83	183.180,80
		DIS-OP-4	7	334.057,93	47.722,56
		E** S P	E S P	ESP-I-1	4
ESP-I-2	4			48.798,36	12.199,59
ESP-PV	18			2.659.689,24	147.760,51
ESP-R	28			767.025,56	27.393,77
ESP-A	4			51.081,06	12.770,26
ESP-E	15			2.471.834,63	164.788,97
ESP-DO	6			357.511,11	59.585,18
Total			293	13.542.919,74	46.221,56

* Obras com estruturas convencionais

** Obras com estruturas especiais

*** Média = Total de recursos aplicados por grupo de obra dividido pelo número de obras de cada grupo

7.2. Distribuição dos recursos aplicados em função da idade das obras analisadas e da época do evento

A partir do histograma apresentado na figura 7.1, distribuição das intervenções realizadas em função da idade das edificações frente a data das intervenções, pode-se verificar que:

a) quase 43.00% das intervenções realizadas se deram em obras que não possuíam 5 (cinco) anos de idade. Cabe ressaltar que 5.41% ocorreram em obras ainda na etapa de execução e

b) ao extender-se a análise para um período inferior aos 10 (dez) primeiros anos, o percentual de recuperação atinge quase 58.00% das intervenções. Para um período inferior aos 15 (quinze) primeiros anos o percentual acumulado atinge 73.32% e, para os 20 (vinte) anos iniciais, alcança nada menos que 88.18%.

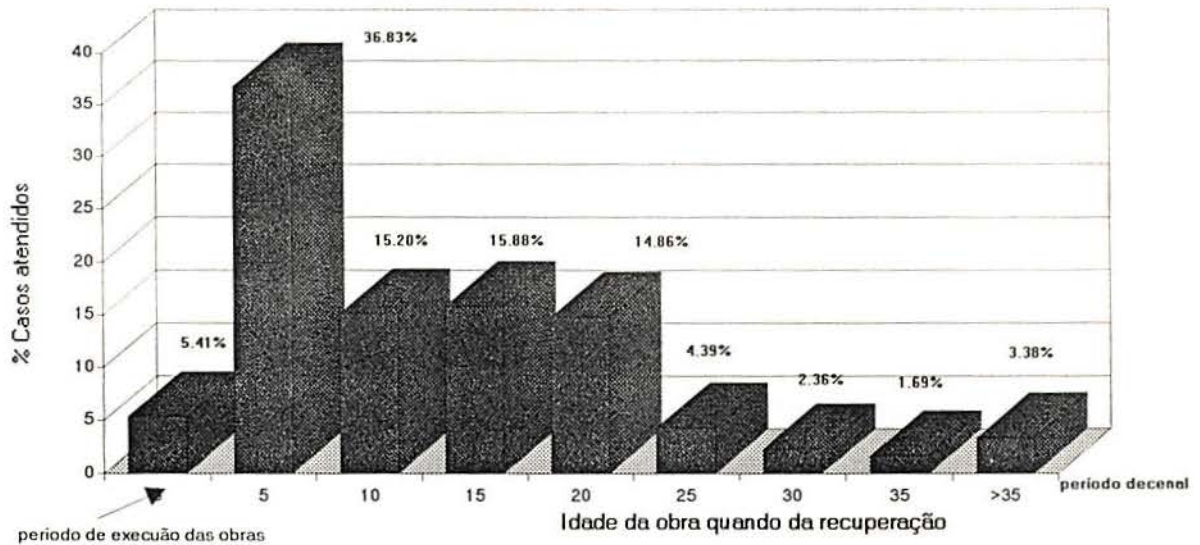


Figura 7.1 - Distribuição das intervenções nas estruturas em função da idade das obras na época do evento

A partir do histograma mostrado na figura 7.2, distribuição dos recursos aplicados para recuperação das estruturas em função da idade das edificações na época do evento, pode-se verificar que:

a) as recuperações efetuadas ainda na etapa de execução das obras representaram menos de 2.00% dos recursos levantados e

b) até os 5 (cinco) primeiros anos, foram aplicados 17.63%; nos 10 (dez) primeiros anos 37.43%; nos 15 (quinze) primeiros anos 53.40%; e nos 20 (vinte) primeiros anos 70.45%.

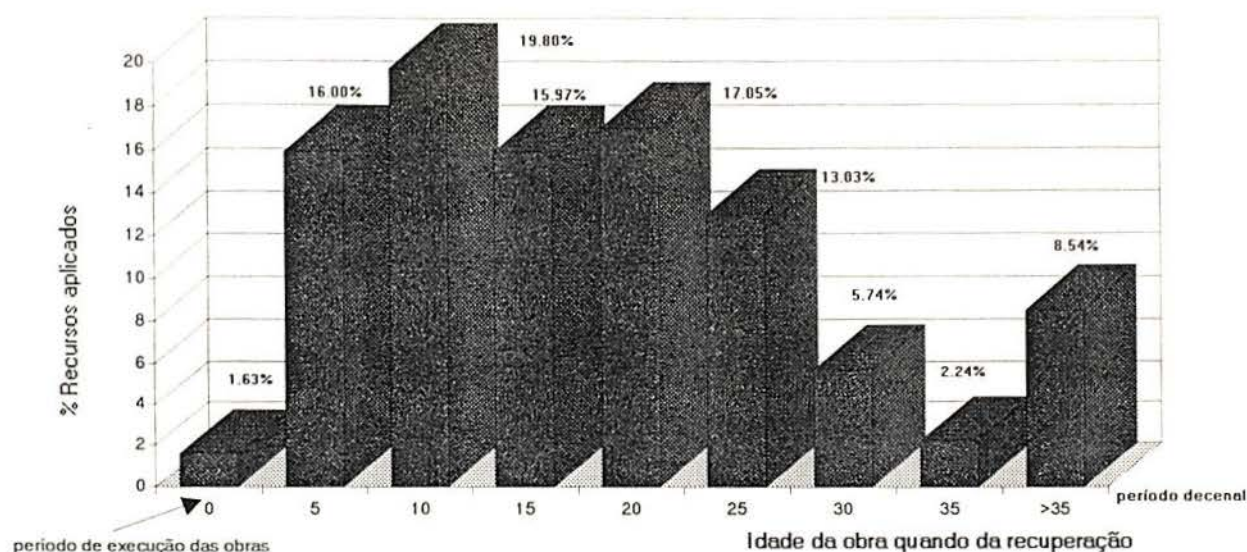


Figura 7.2 - Distribuição dos recursos aplicados em função da idade das obras

7.3. Recursos aplicados para recuperação das estruturas das edificações em função do número de pavimentos

Na tabela 7.2 apresentam-se os custos por metro quadrado aplicados para recuperação -reparos e/ou reforços- das estruturas dos diversos subgrupos de edificações térreas. A análise dos demais subgrupos ficou prejudicada pelo fato de ter-se efetuado o levantamento das áreas totais das edificações, as quais, em geral, superam significativamente as áreas das intervenções, gerando grande distorções nos resultados. Acredita-se que este tipo de estudo, cálculo dos valores médios aplicados por metro quadrado, deva ser realizado considerando-se apenas a área do pavimento onde foram realizadas as intervenções. Por esta razão deixa-se de apresentar o custo médio por metro quadrado para os demais subgrupos de obras.

Pela análise dos valores médios apresentados na tabela 7.2 pode-se inferir que:

- o custo para recuperação das estruturas do grupo de obras ESP-PV, pontes, viadutos e trapiches, foi o mais elevado (US\$ 72,23/m²) Esta constatação, possivelmente, possa ser explicada pelo fato dessas obras não receberem qualquer tipo de manutenção, ao longo das primeiras idades. Quando da realização das intervenções para recuperação dos danos, os processos de deterioração encontravam-se bastante avançados. Outra possibilidade reside no elevado custo dos equipamentos (andaimes, plataformas, etc...) necessários para o acesso das áreas a serem tratadas;
- o segundo maior valor observado (US\$ 56,56/m²), para as obras pertencentes às instituições públicas, reforça mais uma vez a assertiva levantada no item 4.4.2.2 quanto à deficiência da fiscalização e/ou falta de controle da execução das obras desse subgrupo;

c) o terceiro maior custo, US\$ 43.04/m², observado no grupo de obras residenciais unifamiliares térreas, pode ratificar as hipóteses levantadas quanto à deficiência de investigação do sub-solo onde encontravam-se assentes as fundações, à ausência de projetos da estrutura e ao estabelecimento de procedimentos equivocados e/ou descuido quando da execução das fundações e das estruturas;

d) os subgrupos DIV-CS-1 (US\$ 17,69/m²) e ESP-I-1 (US\$ 30.46/m²) apresentaram os menores custos para recuperação das estruturas. Este fato, possivelmente, possa ser explicado pelas próprias características arquitetônicas dessas obras, em geral, galpões com emprego de estruturas mistas (aço e concreto) e

e) o valor médio levantado no grupo obras esportivas, em torno de US\$ 40,00/m², pode ser explicado pelos mesmos motivos comentados no grupo ESP-PV. Em geral a recuperação dos danos das estruturas são efetuadas após decorridos muitos anos do início do processo de deterioração, e quase sempre quando as condições de utilização estão comprometidas devido à redução dos coeficientes de segurança da estrutura.

Tabela 7.2 - Custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo de obra

Subgrupo	Nº obras	Recursos (US\$)	Área (m ²)	Custo/m ²
RES-U-1	16	111.139,16	2.581,80	43,04
DIV-CS-1	15	129.384,08	7.313,00	17,69
DIV-OP-1	29	1.025.366,01	18.128,52	56,56
ESP-I-1	4	22.620,93	742,45	30,46
ESP-PV	18	2.659.689,24	36.819,59	72,23
ESP-E	15	2.471.834,63	62.205,60	39,73
Amazônia	97	6.420.034,05	127.790,96	50,24

Na tabela 7.3 e na figura 7.3 encontram-se agrupados os custos, por metro quadrado, empregados na reabilitação das estruturas, em função da idade da edificação, quando da realização das intervenções. Pela análise dos valores observados, pode-se inferir que:

a) no subgrupo residencial (RES-U-1)

- o elevado custo médio observado, ainda na etapa de construção da obra (US\$ 175,25/m²), pode ser explicado pela execução de reforços na fundação e na estrutura em consequência de alterações efetuadas na arquitetura sem autorização dos projetistas, o que gerou a necessidade de execução dos reforços mencionados.

- os custos observados nas obras com idade até cinco, dez, quinze e vinte anos foram quase sempre associados aos danos nas fundações e degradação evolutiva da estrutura.

- o baixo custo observado na edificação pertencente à faixa de idade até vinte e cinco anos corresponde a serviços de reparos localizados.

- em geral, as intervenções são realizadas nas primeiras idades (menos de quinze anos), e estão relacionadas quase sempre a deficiências nos sistemas de fundação, e como as correções não são realizadas no

início dos processos de deterioração, o custo médio de reparação tende a ser cada vez maior, com o passar dos anos.

b) no subgrupo DIV-CS-1

- o elevado custo, ainda na etapa de execução das obras, pode ser explicado pelos mesmos motivos descritos no item a (subgrupo RES-U-1).

- a dispersão dos custos médios, nas diversas idades das edificações, não permite concluir a respeito da evolução dos custos de recuperação das obras.

c) no subgrupo DIV-OP-1

- o elevado custo médio de recuperação, observado nas edificações com idade superior a trinta e cinco anos (US\$ 92,14/m²), pode ser justificado pela necessidade de intervenções profundas com o objetivo de repor a estabilidade estrutural de edificações seculares que encontravam-se totalmente abandonadas.

- ocorre uma tendência de decréscimo no valor do custo médio de recuperação. Esta constatação reflete a necessidade da realização de intervenções profundas ainda nas primeiras idades, principalmente, devido a não observação aos projetos e pelo estabelecimento de procedimentos impróprios na etapa de execução.

d) no subgrupo DIV-I-1

- existe uma tendência evolutiva dos custos médios de recuperação. Embora o número de obras analisadas seja bastante reduzido, acredita-se que esta tendência possa refletir, dentre outros aspectos, o possível desgaste das estruturas na presença de ambientes mais agressivos. Como, em geral, não é dada a atenção devida aos serviços de manutenção, o custo de recuperação tende a ser acrescido, significativamente, com o passar dos anos.

e) no subgrupo ESP-PV

- ocorre uma tendência de crescimento do custo médio de recuperação até os 20 (vinte) anos de idade. Possivelmente, esta constatação reflita a falta de inspeção de rotina nas obras, e a não execução dos serviços de reparação nas primeiras idades após a instalação dos processos de deterioração. A associação dessas condutas faz com que o custo médio das intervenções cresça rapidamente, conforme pode ser observado.

f) no subgrupo ESP-E

- existe uma forte evolução dos custos médios de recuperação. Esta verificação é perfeitamente aceitável quando observa-se que, na região, as intervenções nas estruturas somente são realizadas quando existe risco de acidentes ou o grau de deterioração torna-se insustentável; como consequência tem-se o aumento dos custos médios com o passar dos anos.

Tabela 7.3 - Distribuição do custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo e idade da obra, frente a época das intervenções.

USO	RES-U-1		DIV-CS1		DIV-OP-1		ESP-I-1		ESP-PV		ESP-E	
	N*	US\$/m ² **	N	US\$/m ²	N	US\$/m ²	N	US\$/m ²	N	US\$/m ²	N	US\$/m ²
0	1	175.23	2	108.16					1	7.69		
5	5	15.57	6	27.04	13	85.95	1	14.22	1	57.74		
10	2	23.13			5	64.65			2	19.10		
15	5	62.22	2	4.83	2	49.14	1	21.92	1	134.88	8	37.81
20	2	36.44			6	22.94			4	276.89	1	22.85
25	1	3.25	1	0.85			1	82.04	2	62.05	3	45.87
30			1	0.77					5	154.23		
35									1	209.49		
>35			2	5.37	3	92.14	1	80.26	1	30.26	1	48.05

* N = número de obras

** US\$/m² = dólares por metro quadrado

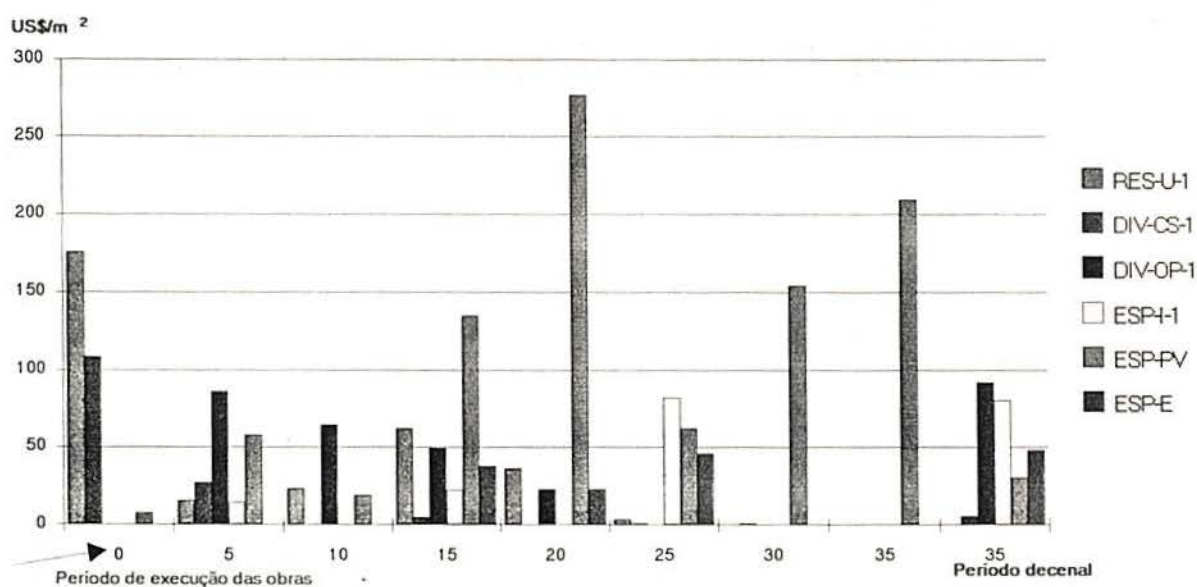


Figura 7.3 - Custo médio, em dólares, por metro quadrado aplicado na recuperação das estruturas, em função do tipo e idade da obra, frente à época das intervenções

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

8.1. Considerações quanto às manifestações patológicas

Analisando-se os 348 casos levantados no presente trabalho, observou-se que cerca de 70.00% das manifestações patológicas ocorridas nas estruturas tiveram origem nas etapas de projeto/planejamento e execução, estando relacionadas quase sempre a procedimentos inadequados no que concerne aos cobrimentos das armaduras, aos descuidos nas concretagens e à inexistência de sistemas de cura do concreto, dentre outros. CARMONA e MAREGA³⁸, baseado no estudo de 520 casos patológicos ocorridos em diferentes regiões do Brasil, chegaram ao mesmo percentual. BUENO²⁷, consubstanciado em estudos realizados por diversos pesquisadores, mostra que o percentual das origens dos danos, nestas etapas, varia de 58.00% a 88.00%, em países europeus.

Quanto aos índices levantados pelo tipo de obra, na Amazônia, e se comparados aos observados por CARMONA e MAREGA³⁸, figura 8.1, pode-se verificar grandes alterações percentuais. Na Amazônia, o recordista de danos é o grupo de obras pertencente ao poder público -municipal, estadual e federal, atingindo quase 30.00% do total dos casos levantados. Cabe observar que o número de obras públicas responde apenas pelo terceiro maior número de obras inspecionadas, podendo-se tirar uma conclusão bastante importante: a tendência de aparecimento de manifestações patológicas em obras do poder público é maior que nos demais grupos de edificações, o que permite inferir que a fiscalização das obras públicas, na Região, é inexistente ou extremamente negligenciada. No Brasil, CARMONA e MAREGA observaram maior incidência de danos em obras industriais.

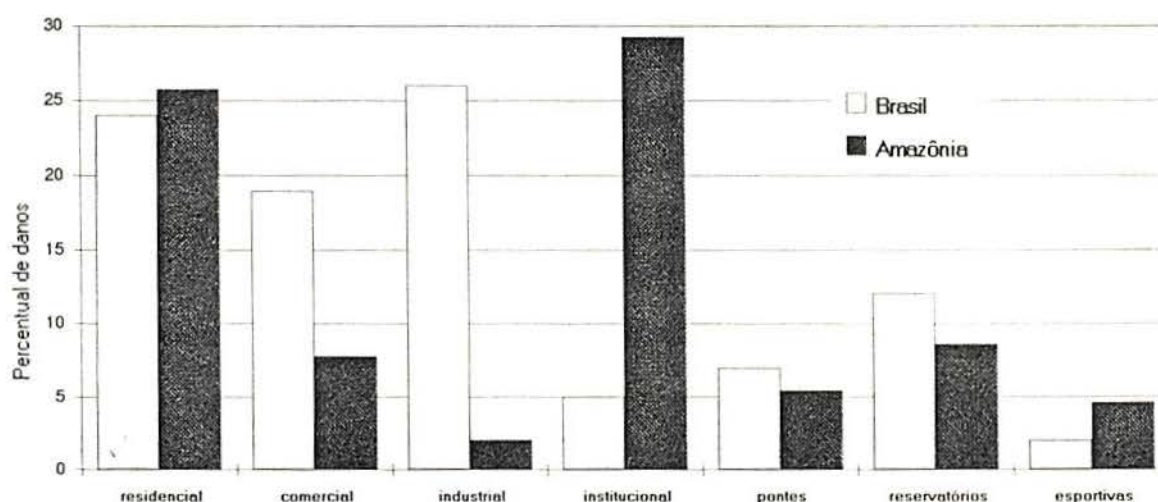


Figura 8.1 - Distribuição dos percentuais de recuperação estrutural, em função do tipo de obra, no Brasil e na Amazônia

Outro aspecto importante reside na falta de uniformidade da coleta e da forma de apresentação dos resultados dos levantamentos de casos patológicos. Esta característica dificulta uma análise comparativa

entre os diversos levantamentos efetuados no Brasil. DAL MOLIN³⁵, oportunamente, sugeriu em 1988 que estes estudos deveriam ser realizados a partir de critérios uniformizados para todo o país.

Quanto aos tipos de manifestações mais freqüentes pode-se verificar ser a corrosão de armaduras, disparadamente, o dano de maior predominância na Região. Esta constatação possivelmente seja a maior contribuição do trabalho à nível nacional, pois é o primeiro levantamento que situa a corrosão de armaduras como a patologia mais significativa. Isto foi possível devido ao tipo de método empregado para a quantificação do número de danos, conforme exposto no capítulo 4. É fato presente, pelo menos na Amazônia, que ao realizar-se qualquer tipo de inspeção às estruturas de concreto armado, se localize diversos pontos onde o processo corrosivo já tenha iniciado.

No levantamento realizado por DAL MOLIN³⁵, analisando 275 casos ocorridos no Rio Grande do Sul, a pesquisadora observou que a corrosão de armaduras, em função da gravidade do dano provocado, é responsável pelos maiores índices registrados. Na maioria dos casos, o fenômeno corrosivo, por ser um processo evolutivo e de rápida propagação, pode representar grandes riscos às estruturas.

Na Amazônia, da mesma forma como observado, nas demais regiões brasileiras, por CARMONA e MAREGA, é premente enfatizar o controle da qualidade da execução das obras, bem como não medir esforços na direção de treinamento da mão de obra e do corpo técnico. O treinamento da mão de obra pode ser feito através de cursos técnicos à nível executivo, e do corpo técnico, por meio de cursos de atualização e de conscientização. Nesse sentido acredita-se ser vital a participação das universidades amazônicas, não apenas por meio da docência, mas também no desenvolvimento de atividades de extensão e de pesquisa. Cabe salientar que, em geral, disciplinas como patologia das edificações, controle da produção do concreto e qualidade das construções, dentre outras, na grande maioria das universidades da Região não fazem parte das grades curriculares dos cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura. Nestas disciplinas, quando o conteúdo programático é efetivamente desenvolvido, muito contribui-se para a formação de novos profissionais qualificados e mais conscientes de suas responsabilidades.

8.2. CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS SISTEMAS DE REPAROS E TIPOS DE REFORÇOS

Os sistemas de reparos e de reforços mais freqüentemente aplicados na recuperação de estruturas na Amazônia, por tipo de obra e elemento estrutural recuperado, encontram-se dispostos ao longo das análises efetuadas no capítulo 6. Infelizmente, não foi possível efetuar uma análise comparativa, por tipo de obra reparada ou reforçada, visto que inexistem trabalhos no país que abordem o assunto quanto ao tipo de obra e elemento recuperado.

Para poder-se efetuar algum tipo de análise comparativa, elaborou-se a figura 8.2 a partir da tabela C.22 (anexo C) e do levantamento efetuado por CARMONA e MAREGA³⁸ quanto ao tipo de soluções adotadas. Entretanto, ressalta-se ser mais oportuno o desenvolvimento de estudos em separado, quanto aos

tipos de reparos, tipos de reforços das estruturas e das fundações, pois os mesmos possuem objetivos bastante diferenciados.

Pela visualização da figura 8.2 pode-se verificar que à nível nacional as resinas epoxídicas desempenham importante papel na recuperação das estruturas. O concreto projetado assume a dianteira como tipo de reforço mais empregado, embora os sistemas tradicionais -concreto armado convencional- ainda sejam largamente empregados, representando o terceiro maior índice de utilização. Na Amazônia verifica-se pouca diferença percentual quanto à forma de lançamento do concreto -projetado e convencional-. O maior percentual, entretanto, corresponde à aplicação de argamassa projetada, o que pode ser facilmente justificado pela não observação dos cobrimentos das armaduras estabelecidos em projeto ou inadequação ao tipo de exposição da estrutura e pelo elevado índice de corrosão de armaduras, o dano de maior incidência na Região.

Quanto ao tipo de estaca empregada para o reforço das fundações, na Amazônia, cabe salientar que mais de 80.00% (tabela C.22) dos casos são resolvidos com o emprego de estaca mega de concreto (47.60%) e estaca raiz ou presso injetadas (33.70%).

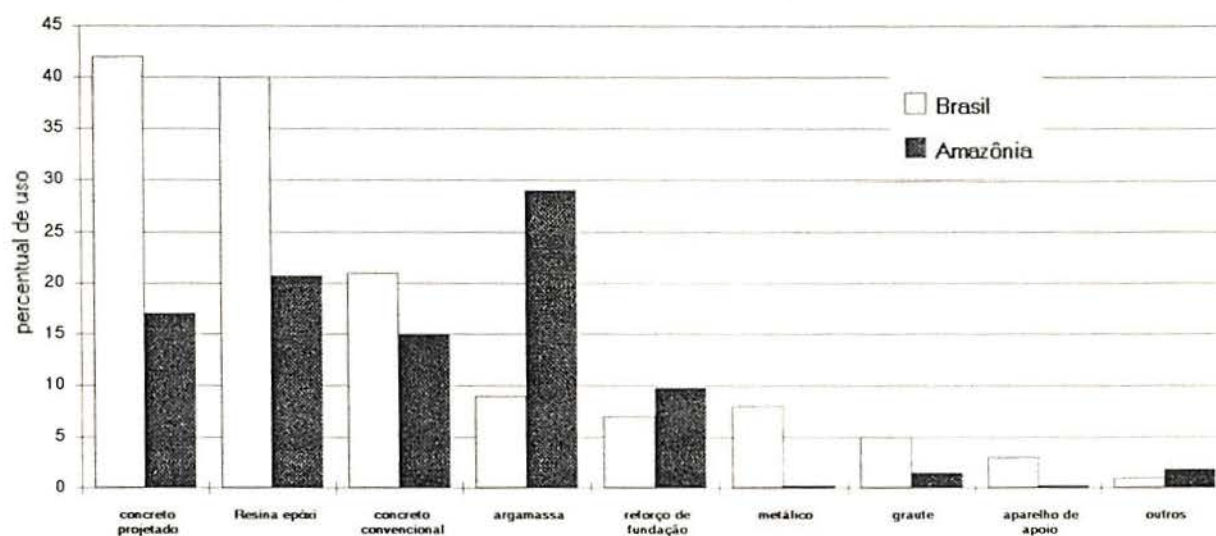


Figura 8.2 - Distribuição dos tipos de soluções adotadas para recuperação estrutural, no Brasil e na Amazônia

8.3. CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS RECURSOS PARA RECUPERAÇÃO

Como foi salientado no capítulo 7, os valores discutidos não englobaram os custos indiretos que, inevitavelmente, surgem a cada intervenção para reparo ou reforço de uma estrutura. Embora possam surgir críticas quanto aos critérios adotados, para quantificar e analisar os custos aplicados na recuperação das estruturas na Amazônia, o presente trabalho serve como ponto de partida. Reforça-se, mais uma vez, que pouco ou quase nada no Brasil tem sido pesquisado nesta direção, daí a relevância dos valores por ora apresentados.

Pela análise desenvolvida fica claro que as obras sob jurisdição de órgãos públicos têm sido responsáveis pelos maiores montantes aplicados na recuperação das estruturas na Região.

A análise dos casos de recuperação de 293 obras, que compõem o banco de dados do presente trabalho, permitiu observar que cerca de 60.00% dos serviços de recuperação de estruturas ocorreram em obras com idade inferior a 10 anos, o que reforça a assertiva quanto à deficiência do controle de qualidade na execução das estruturas. CALAVERA²², através da catalogação de diversos casos atendidos pelo Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, na Espanha, apresenta valores bastantes diferentes e bem mais diluídos.

A figura 8.3, elaborada a partir da tabela C .23 e do dados apresentados por CALAVERA, permite verificar que:

- ♦ na Amazônia o número de casos de recuperação das estruturas, durante a etapa de execução (5.41%), à nível percentual, corresponde a menos da metade dos casos atendidos na Espanha (11.00%). Esta verificação, diante da "pouca" preocupação revelada ao longo das análises desenvolvidas na pesquisa quanto ao controle de execução das estruturas, pode, possivelmente, significar que os danos nesta etapa não sejam solucionados de forma adequada, sendo encobertos por qualquer tipo de revestimento (item 5.1.1).
- ♦ o elevado percentual observado nos primeiros 10 anos de idade das estruturas (52.03%), quando comparado ao mesmo período das obras espanholas (24.00%), mostrou-se extremamente elevado. Esta constatação pode demonstrar, dentre outros aspectos, a necessidade de realização de intervenções para reforço ou reparos bastantes extensivos nas estruturas já nas primeiras idades das estruturas.

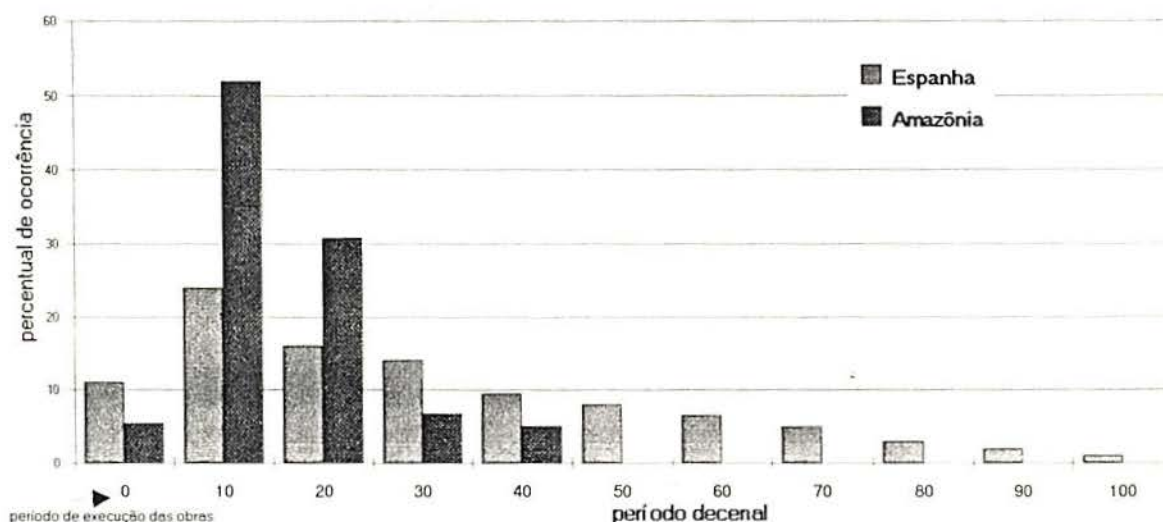


Figura 8.3 - Distribuição percentual das ocorrências, em função da época do evento, na Amazônia e na Espanha.

Quanto aos recursos aplicados pode-se constatar, em função da idade do evento, que 37.43% do total levantado foram gastos nas obras com idade inferior a 10 anos. Ao extender-se a análise para um período

de até 20 anos, este percentual atinge nada menos que 71.57% do total dos recursos aplicados. Infelizmente, também não se dispõe de levantamentos que abordem estes aspectos, o que impede o estabelecimento de análise comparativa às outras regiões; de qualquer forma, parecem extremamente elevados os valores aplicados na Amazônia, no que se refere à época das intervenções. Segundo HELENE⁴⁵, a expectativa de vida útil de uma estrutura deve situar-se entre 50 e 100 anos, dependendo do tipo de edificação, das condições de utilização e tipos de exposição. Há de ser questionado como as estruturas inseridas na Amazônia haverão de responder a estes longos períodos de uso.

8.4. CRÍTICAS E SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS

Nada mais oportuno que a crítica sincera e construtiva. Neste sentido pode-se verificar ser muito difícil estabelecer análise comparativa entre os diversos levantamentos realizados em nosso país, devido à adoção de métodos diversos para coleta e apresentação dos resultados e, principalmente, em geral não descritos ao longo dos trabalhos. Na tentativa de contribuir para a elucidação das dúvidas que possam surgir quanto aos critérios adotados e forma de apresentação dos resultados, apresenta-se, nos anexos, diversas tabelas por grupo e subgrupos de obras analisadas, as quais deram origem a todas as análises desenvolvidas no corpo da pesquisa.

Uma crítica que deve ser colocada na pesquisa efetuada consiste na delimitação do banco de dados. Ao estudar-se conjuntamente quase todos os tipos de obras -convencionais e especiais- teve-se que proceder uma análise o mais geral possível e, como o tempo disponível para desenvolvimento do trabalho e o número máximo de páginas permitido pelo curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS (150 páginas) foi rapidamente consumido, tornou-se impossível desenvolver e apresentar outras análises pormenorizadas, como por exemplo, a influência do entorno, a gravidade dos danos, o custo dos serviços de reparos e reforços em separado, dentre outros. Cabe ressaltar, entretanto, que pelo caráter pioneiro que se reveste o presente estudo, na Amazônia, acredita-se que esta seria a melhor forma para iniciar-se os estudos de forma sistemática dos processos de deterioração das estruturas. Desta forma, removeu-se os primeiros obstáculos, convocando-se o meio técnico local para, conjuntamente, com as universidades, centros de pesquisas e instituições afins, assumirem a longa batalha com vistas à melhoria da qualidade das estruturas de nossas edificações.

Por fim, cabe salientar a necessidade de prosseguimento e aprofundamento do estudo, na busca de maiores informações que possam auxiliar o meio técnico na prevenção e correção das manifestações patológicas nas estruturas de concreto, para que se possa atingir um nível mais satisfatório. Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se relacionar:

- ♦ Estabelecimento de método sistemático de catalogação e apresentação de dados oriundos de levantamentos de manifestações patológicas, sistemas de reparos, reforços em estruturas e reforços de fundações.

- ♦ Levantamento e análise de estruturas já recuperadas na Amazônia.

- ♦ Eficiência das técnicas e dos materiais utilizados na recuperação das estruturas.

- ♦ Estabelecimento de curvas de desempenho ao longo da vida útil das estruturas, a partir da análise das diversas intervenções efetuadas com vistas à manutenção preventiva e corretiva das mesmas.

- ♦ Análise comparativa dos custos aplicados no reparo e no reforço das estruturas, considerando-se os diversos tipos de obras, as condições de exposição, o número de pavimentos, a idade das intervenções e a área da edificação (pavimento recuperado), para estabelecimento de custo médio de recuperação por metro quadrado em função dos diversos parâmetros relacionados acima.

- ♦ Influência da carbonatação do concreto na corrosão das armaduras em estruturas de concreto na Amazônia.

- ♦ Possibilidades de produção de concretos de alto desempenho na Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ADDLESON, L. **Buiding failures - a guide to diagnosis remedy and prevencion.** London: Thid, 1992. 167 p.
2. ALMEIDA, I.R.; CORDEIRO T.J.R.; COSTA, J.P.M. **Recuperação estrutural em concreto projetado com microssilica: estudo de casos.** In: 34ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1992, Curitiba, Rs. Anais... Curitiba: IBRACON, 1992, 2v., v.1, p.477-490.
3. ALONSO, M.C.; ANDRADE, M.C. **Patologia de materiais. Problemas patologicos de los materiales hormigon y acero y su relacion con la durabilidad de la estructura.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 38 p.
4. ALUCCI, M.P.,FLAUZINO, W.D.; MILANO, S. **Bolor em edificios: causas e recomendações.** São Paulo: Tecnologia de edificações, IPT/Pini, 1988, p.565-570.
5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard recommended pratice for developing short-term accelerated test for prediction of the service life building components and materials: E 632/78,** Philadelphia, 1980.
6. ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão.** São Paulo: Pini, 1992. 104 P.
7. ANDRADE, C. **Vida útil de estruturas de hormigon armado: obras nuevas y deterioradas.** In: Simpósio internacional EPUSP/FOSROC sobre patologia das estruturas de concreto - uma visão moderna, 1992, São paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1992, 17 p.
8. ANDRADE, C. **Tendencias actuales en la investigacion sobre corrosion de armaduras. Informes de la construcción,** Madrid, v. 4, n 398, p.7-14, 1988.
9. ARANHA, P.M.S; DAL MOLIN, D.C.C. **Origem das manifestações patológicas nas etapas do processo construtivo e análise das manifestações, em edificações residenciais, na Região Amazônica.** In: I Congresso de engenharia civil, 1994, Juiz de Fora, MG. Anais... Juiz de Fora: UFJF, 1994. 2v. v.2, p.148-161.
10. ARANHA, P.M.S.; DAL MOLIN, D.C.C. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na Região Amazônica.** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994. 2v. v.1, p.25-38.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de obras de concreto: NBR6118.** Rio de Janeiro, 1978. 76p.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto: NBR 7211.** Rio de Janeiro, 1983. 9p.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vistorias de pontes e viadutos de concreto: NBR 9452.** Rio de Janeiro, 1986.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento portland comum: NBR 5732.** Rio de Janeiro, 1991. 5p.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento portland de alta resistência inicial: NBR 5733.** Rio de Janeiro, 1991. 5p.
16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento portland de alto-forno: NBR 5735.** Rio de Janeiro, 1991. 5p.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento portland pozolânico: NBR 5736.** Rio de Janeiro, 1991. 5p.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento portland resistentes a sulfatos: NBR 5737.** Rio de Janeiro, 1992. 5p.
19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência: NBR 8953.** Rio de Janeiro, 1992. 2p.
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto: NBR 12654.** Rio de Janeiro, 1992. 6p.
21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Preparo, controle e recebimento de concreto: NBR 12655.** Rio de Janeiro, 1992. 7p.
22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado: NBR 7080,** rio de Janeiro, 19 .
23. BAUER,E. **Investigação da influência da adição de escória de alto forno na corrosão das armaduras em concreto armado.** In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1993. 2v. v.1, P.85-96.
24. BIRINDELLE, L.O.; KNAPP, L.M.; BORELI,N.L.M. et al. **Desenvolvimento e implantação de planos de manutenção de reservatórios e travessias** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994. 2v. v.1, p.53-66
25. BIRINDELLE, L.O.; KNAPP, L.M.; BORELI,N.L.M. et al. **Manutenção: critério para avaliação do estado de conservação das estruturas através da análise de decisão.** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.67-74.
26. BONIN, L.C.; ABITANTE, A.L.R.. **Projeto: Estabelecimento de bases para implantação de sistemas de qualidade para obras de edificação - Estruturas de concreto armado convencionais.** Porto Alegre: UFRGS/CPGEC/NORIE, 1993. 182P.
27. BUENO, A.R. **Sistemas de reforço en sistemas estructurales de concreto armado.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 34p.
28. BUENO, A.R. **Patologia por excessiva deformabilidade de la estructura: limitacion de deformaciones en estructuras de edificacion.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 29 p.
29. BRITO, J.; BRANCO, F. **A influência do ambiente no tempo de vida das estruturas de betão armado.** In: Trabajos presentados en la jornada español y portugues sobre estructuras y materiales, 1988, Madrid. Anais... Madrid: CEDEX/ICCET, 1988, P.53-72.
30. CALAVERA RUIZ,J. **Patologia de estruturas de hormigon armado.** In: I Congreso Latino Americano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba: COMPAT, 1991, 2v. v.1, 32 p.
31. CAMPAGNOLO, J.L.;CAMPOS FILHO, A.;SILVA FILHO, L.C.P. **Técnicas de ancoragens em vigas de concreto armado reforçadas com chapas coladas.** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1,p.75-86.
32. CÂNOVAS, M.F. **Refuerzo de elementos estructurales mediante encolado de bandas de acero con resinas epoxidicas.** Madrid: IETCC/CSIC, 1985. 100 P.
33. CÂNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988. 522p.

34. CÁNOVAS, M.F. **Recomendaciones del C.E.B. sobre reparacion y refuerzo de estructuras de hormigon armado.**
In: I Congresso Latino Americano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais...
Cordoba: COMPAT, 1991, 2v. v.1, 24p.
35. CÁNOVAS, M.F. **Intervenciones en reparacion de estructuras danadas por diversas causas.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 19 p.
36. CÁNOVAS, M.F. **Intervenciones de refouezo de estructuras. Refuerzo mediante bandas de encoladas com adhesivos epoxi, otros tipos de refuerzos.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 21 p.
37. CÁNOVAS, M.F. **El hormigon proyectado como material de reparacion de estructuras.** In: II Congresso Iberoamericano de Patologia de la Construccion y IV Congresso de Control de Calidad, 1993, Baiquisimeto. Anais...
Baiquisimeto: COMPAT, 1993, 2v. v.1, p.16-32.
38. CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. **Retrospectiva da patologia no Brasil, estudo estatístico.** In: Trabajos presentados en la jornada español y portuges sobre estructuras y materiales, 1988, Madrid. Anais... Madrid: CEDEX/ICCET, 1988, p.99-124.
39. CARMONA FILHO, A. **A recuperação do Tefer - terminal de fertilizantes CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo.** In: II Congresso Iberoamericano de Patologia de la Construccion y IV Congresso de Control de Calidad, 1993, Baiquisimeto. Anais... Baiquisimeto: COMPAT, 1993, 2v. v.1, p.164-188.
40. CARMONA FILHO, A. **Siistemática de trabalho em obras com problemas patológicos.** In: II Congresso Iberoamericano de Patologia de la Construccion y IV Congresso de Control de Calidad, 1993, Baiquisimeto. Anais...
Baiquisimeto: COMPAT, 1993, 02v. v.1, p.160-164.
41. CASAS, J.R.; APARICIO, A.C. **La respuesta dinamica como metodo no destructivo de inspeccion y diagnostico de danos en estructuras.** In: Trabajos presentados en la jornada español y portuges sobre estructuras y materiales, 1988, Madrid. Anais... Madrid: CEDEX/ICCET, 1988, p. 147-166.
42. CASCUDO, O. **Contribuição ao estudo e emprego de técnicas eletroquímicas no combate da corrosão de armaduras em concreto armado.** São Paulo, 1991, 254p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo.
43. CEVALLOS, V.R.A. **Elementos de hormigon armado sometidos a condiciones agresivas producidas por ambientes marinos, riscos de falhas devido a la utilización de agregados con contido de cloruros.** In: V Jornadas Nacionales de Ingenieria estructural, 1990, Manta. Anais... Manta: Universidad Laica "Elor Altaro" de Manabi, 1990, 17p.
44. CLÍMACO, J.C.T.; NEPOMUCENO, A.A. **Parâmetros para uma metodologia de manutenção de estruturas de concreto.** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.109-120.
45. CLÍMACO, J.C.T. **Repair of strucyural concreto involving the adición of new concrete.** London, 1990, 241p. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil) - The Polytechnic of Central Londron.
46. COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **Durability of concrete structures - desing guide.** Copenhagen: Thomas Telford, 1989.112p.
47. COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **Durability of concrete structures,** Paris, 1982. (Bulletin de information, n.148).

48. COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **Durability of concrete - CEB/FIP MODEL 90 (MC-90) - final draft**, Paris, 1991. (Bulletin D'Information, n.203).
49. COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **"Diagnosis and assessment of concrete structures"**, Paris, 1989. (Bulletin D'Information, n.192).
50. CONSIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET AL DOCUMENTATION, REUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DES RECHERCHES SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS. CIB W80/RILEM 71 - PSL. **On predction of service life of building materials and components**. Rotterdam, 1983, 98 p.
51. CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre - recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. 153p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
52. DAL MOLIN, D.C.C.; CAMPAGNOLO, J. **Patologia das edificações**. Disciplina do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (CIVA50), UFRGS. Porto Alegre, 1992. Notas de aula.
53. DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1988, 220p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
54. DAL MOLIN, D.C.C.; KULAKOWSKI, M.; SCHULER, A. **Durabilidade de reparos e reforços executados com argamassas com adição de microssilica**. In: Seminário Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto, 1993, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: CPGEC/NORIE/UFRGS, 1993, p.114-125.
55. DAL MOLIN, D.C.C.; SCHULER, A. **Argamassas com adição de microssilica: estudo de suas propriedades como material para reforço e recuperação de estruturas de concreto armado**. In: XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, 1993, Montevideo. Anais... Montevideo: Instituto de Estructuras y Transporte - Univ. de la República, 1993, 4V. v.4, p.415-425.
56. DANIELLETO, C.C.; SHEHATA, I.; IBRAIM, A.E.M. **Avaliação da resistência do concreto em estruturas prontas**. In: XXIV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estructural, 1987, Porto Alegre, Rs. Anais... Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 4v. v.2, p.345-353.
57. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Inspeção e vistorias em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento nº 123**, Rio de Janeiro, 1987.
58. DIAZ, J.M.B. **Inspeccion y diagnostico de estructuras de hormigon**. In: Curso de reparacion de obras de hormigon. Bilbao, 1992. 32p.
59. ELKEM A/S CHEMICALS. **Um passo à frente em tecnologia de concreto**. Rio de Janeiro: ELKEM, 14p.[s.L.,198_].
60. ESTE INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA. **Concreto projetado - novidades: informativo técnico n.7**, São Paulo, 1991. 7p.
61. FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENSÃO. **Guide to good practice: inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures**. Londres: Thomas Telford publications, 1988. p.
62. FIGUEIREDO, A.D. **Concreto projetado fatores intervenientes no controle da qualidade do processo**. São Paulo, 1992. 284p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Universidade de São Paulo.
63. FIGUEIREDO, A.D. **Metodologia de avaliação do desempenho de grautes de base mineral**. In: Reforços, reparos e proteção das estruturas de concreto, 1989, São Paulo, SP. Anais... são Paulo: EPUSP, 1989, p.45-66.

64. FIGUEIREDO, E.J.P. **Terapia das construções de concreto. Metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinadas à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto.** Porto Alegre, 1989. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFRGS.
65. FIGUEIREDO, E.J.P.; RUIZ, A.P. **Reparo, recuperação e proteção das estruturas de concreto das indústrias de celulose e papel no Brasil.** In: I Congresso Latinoamericano de Patologia de la Construcción y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba: COMPAT, 2v. v.2, 15p.
66. FIGUEIREDO, E.J.P. **Avaliação do desempenho de revestimentos para proteção da armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas - contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado.** São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
67. FERREIRA, S.G. **A recuperação do Cristo Redentor.** São Paulo: Jatocret, 1992. 4p. Boletim informativo.
68. GALLEGOS, H.; QUESADA, G. **Corrosion del acero en concreto armado: el caso de una obra urbana.** In: XXIV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 1987, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 4v. v.1, p.307-317.
69. GRILL, L.A. **Fallas de estructuras originadas en el proyecto y su prevencion.** In: Trabajos presentados en la jornada español y portugues sobre estructuras y materiales, 1988, Madrid. Anais... Madrid: CEDEX/ICCET, 1988, P.125-146.
70. HELENE, P.R.L.; OLIVEIRA, P.S.F. **Proteção e manutenção das estruturas de concreto.** In: I Simpósio nacional sobre garantia da qualidade das estruturas de concreto, 1989, São paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1989, p. 161-203.
71. HELENE, P.R.L. **Envelhecimento das superfícies de concreto aparente e produtos de proteção.** In: I Simpósio nacional sobre garantia da qualidade das estruturas de concreto, 1989, São paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1989, p. 175-208.
72. HELENE, P.R.L. **Manual prático para reforço de estruturas de corrosão.** São Paulo: Pini, 1988, 213p.
73. HELENE, P.R.L. **Metodologia de avaliação da corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado.** In: Simpósio internacional EPUSP/FOSROC sobre patologia das estruturas de concreto - uma visão moderna, 1992, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1992, 112 p
74. HELENE, P.R.L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** São Paulo, 1993, 231p. 75 Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
75. HOBBS, D.W. **Alkali-silica reaction in concrete.** London: Thomas Telford, 1988, 183 p.
76. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa de coleta de informações: patologia na construção.** São Paulo: IPT, 1985. Relatório n. 14.754.
77. JIMÉNEZ, R.C. **Reparacion y refuerzo de estructuras.** In: Curso de reparacion de obras de hormigon. Bilbao. 30 - 31 1992. 21p.
78. JOHN, W.M, CREMONINI, R.A. **Manutenção predial : uma visão sistemática.** In: X Simpósio nacional de tecnologia da construção civil - A manutenção na construção civil, 1989, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1989, p. 115-128.
79. JOHN, W.M. **Custo de manutenção.** In: Seminário sobre manutenção de edifícios - escolas, postos de saúde, prefeitura e prédios em geral, 1987, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: CPGEC/SDO-RS, 1987, v.1, p.32-51.

80. JOHN, W.M. **Avaliação da durabilidade de materiais componentes e edificações - emprego do índice de degradação.** Porto Alegre, 1987. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.
81. JOHNSON, A.M. **Deterioro, conservacion y reparacion de estructuras.** Madrid: Blume, 1973. 334 p.
82. JOSIEL. A. **Fissuras y grietas em morteiros y hormigones.** Barcelona: Editores técnicos Asociados S.A., 1975. 175p. 2. ed.
83. JIMÉNEZ, R.C. **Reparacion y reforzo de estructuras.** In: Curso de reparacion de obras de hormigon. Bilbao. 1992. 21p.
84. KLEIN, D.L.; GASTAL, F.P.S.L.; CAMPAGNOLO, J.L. et al. **Estudo das manifestações patológicas das obras de arte de Porto Alegre.** In: I Congresso Latinoamericano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba, 2v. v.2, 11 p.
85. KULAKOWSKI, M.P.; DAL MOLIN, D.C.C. **Estudo da penetração de cloretos em argamassas de alto desempenho para reparos estruturais.** In: Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993, 2v. v.1, p.181-190.
86. KULAKOWSKI, M.P. **Argamassa com adição de microssilica para reparos estruturais - estudo da penetração de cloretos.** Porto Alegre, 1994. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.
87. KULAKOWSKI, M.P.; DAL MOLIN, D.C.C. **Estudo do teor de cloretos retidos em argamassa com adição de microssilica para reparo de estruturas.** In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.145-155.
88. LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** São Paulo, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
89. LIMA, L.J. **Comportamientos patológicos en estructuras.** In: I Congreso Latino Americano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba: COMPAT, 1991, 2v. v.1, 14p.
90. MAILVAGANAM, N. **Repair and protection of concrete structures.** Florida: CRC PRESS, 1992. 473p.
91. MAGALHÃES, C.P. **Análise da patologia das obras de arte do município de São Paulo.** In: Reforços, reparos e proteção das estruturas de concreto, 1989, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1989, p. 1-18.
92. MANUAIS DE REFERÊNCIA. II Seminário Qualidade na Construção Civil, Gestão e Tecnologia. Porto Alegre: SINDUSCON-RS/NORIE/UFRGS, 1993. 232p.
93. MESEGUER, A.G. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: SINDUSCON-SP/PROJETO/PW, 1991.
94. MESEGUER, A.G. **La fissuracion y sus causas. La fissuracion como sisntoma. Diagnostico de problemas estrucyurales à partir de fissuraciones.** In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 38p.
95. MEHTA, P.K. **Durability of concrete - fifty years of progress?** In: Seminário de Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto. Anexo aos Anais. Porto Alegre, NORIE/CPGEC/UFRGS, 1993. 33p.
96. MONTERO, R.O. **Estatística de patologias construtivas en los edificios de la Universidad Nacional de Mar del Plata - um caso piloto.** In: I Congresso Latino Americano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba: COMPAT, 1991, 2v. v.1, 9p.

97. MORENO, A.O.; SESEÑA, R.R.; VELASCO, S.R. et al. **Mantenimento de los edificios**. Madrid. 95p. [s.n., 198_].
98. MURDOCK, L.J.; BROOK, K.M.; DEWAR, J.D. **Concrete materials and practice**. London: Edward Arnold, sixth edition, 1991. 470p..
99. NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Estatísticos, 2. ed., 1989.
100. OLIVEIRA, P.S.F. **Técnicas adequadas à recuperação de estruturas de concreto**. In: Simpósio internacional EPUSP/FOSROC sobre patologia das estruturas de concreto - uma visão moderna, 1992, São paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1992, 21 p
101. ORTIZ, J.M. **Curso de rehabilitacion: la cimentacion**. Madrid: COAM, 4v. v.4, 2. ed., 1985. 117p.
102. PAILLERE, A.M.; EL JAIZARI, B. **Normativa europea**. In: Curso de reparacion de obras de hormigon. Bilbao, 1992. 8p.
103. PAILLERE, A.M.; EL JAIZARI, B. **Standarda activities for protection and repair of structures in Europe**. In: V.M. Malhotra, ed. Evaluation and Rehabilitation of Concrete Structures and Innovations in Design. Proceedings of ACI International Conference. Hong Kong, 1991. p. 741-748.
104. PERKINS, Philip H. **Repair Protección and Waterproofing of Concrete structures**. New York, Elsevier Applied Science Publishers, 1986.
105. PETRUCCI, E. **Acidentes em construção**. In: Patologia das estruturas: um desafio à engenharia, 1972, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: Clube de Engenharia, 1972.
106. PRUDÊNCIO Jr, L.P. **Durabilidade do concreto projetado**. In: Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993, 2v. v.1, p.75-83.
107. RELATÓRIO DE PROJETO DE PESQUISA: **MANUTENÇÃO DE PRÉDIOS PÚBLICOS ESCOLARES NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - Estudo de patologias** UFRGS/CPGEC/CNPq, 1987. 191p.
108. RELATÓRIO I "Pesquisa para Normalização de Materiais e Sistemas de Reparo de Estruturas de Concreto com Corrosão de Armaduras.FAPESP/USP, 1994. 37p.
109. ROSTAM, S. **Durability of concrete structures- the CEB-FIP approach**. In: Colloquium on the CEB-FIP MC90, 1992, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: COPRE/UFRJ, 1992, P.369-429.
110. REPETE, W.L. **Contribuição à inspeção e a avaliação da segurança em estruturas acabadas de concreto armado**. Porto Alegre, 1991. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.
111. SANTANA, A.M. **Os reflexos da falta de qualidade na construção estudo das patologias de revestimento internos nos prédios da UFSC**. In: Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993, 2v. v.1, p.65-73.
112. SEELEY, I.H. **Building maintenance**. Londres: Macmillan Education Ltda, 2 ed., 1987. 452 p.
113. SELINGER, F. **Sistemas de reparacion de estructuras con fuertes deterioros**. In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 19p.
114. SILMIX - A SÍLICA FUME DA CCM. São Paulo: Camargo Corrêa, 1993. 9p. catálogo
115. SILVA, D.A. **Levantamento de problemas em fundações correntes no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1993. 116p. Dissertação (mestrado em Engenharia), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.

116. SILVA, M.G.; TRISTÃO, F.A.; MACHADO, M.R. et al **Avaliação pós uso de argamassas de revestimentos externos e internos na região da grande Vitória**. In: Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993, 2v. v.1, p.281-289.
117. SILVA, M.G.; HELENE, P.R.L. **Concreto projetado com adição de microssilica**. In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.539-552.
118. SILVA, R.E., JOHN, V.M.; BONIN, L.C. et al. **Manutenção de prédios escolares no Estado do Rio Grande do Sul - Estudo das patologias**. Porto Alegre: relatório de pesquisa UFRGS/CPGEC/CNPQ, 1987.
119. SOBRAL, H.S. **Durabilidade dos concretos sujeitos à salinidade intensa**. In: XXIV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 1987, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 4v. v.1, p.291-306.
120. SOUZA, R.H.F. **Análise do comportamento de vigas de betão armado reforçadas à flexão e ao esforço transversal**. Lisboa, 1990. 320 p. Tese (Doutoramento) - Instituto Superior em Engenharia Civil.
121. STEEN, R. **Durability of concrete structures - the CEB-FIP approach**. In: Colloquium on the CEB-FIP MC 90, 1991, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1991, p. 369-430.
122. SCHULER, A; DAL MOLIN, D.C.C. **Argamassas com adição de microssilica: estudo de suas propriedades como material para reforço e recuperação de estruturas de concreto armado**. In: Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, 1993, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993, 2v. v.1, p.107-116.
123. SCHULER, A; DAL MOLIN, D.C.C.; Oliveira, A.P.M. **Reforço de vigas de concreto armado com argamassa de alto desempenho**. In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.171-184.
124. TARALLO jr.; ANDRADE, J.R.A.; CARNEIRO, E.F. et al. **Reparo em concreto utilizando argamassa com microssilica**. In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.185-198.
125. THOMAZ, E. **Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação**. São Paulo: IPT, 2 ed., 1986.
126. UEMOTO, K.L. **Patologia: Danos causados por eflorescências**. São Paulo: Tecnologia de edificações, IPT/PINI, 1988, p. 561-564.
127. VALE, G.A. **Patologia de ejecución. Problemas patológicos como consecuencia de erros o defectos de ejecución. Tipologías mas usuales. Criterios para evitar y/o corregir este tipo de problema**. In: Cursos de estudios mayores de la construcción - CENCO 92, seminario S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 27p.
128. YRAOLA, A. **Tendencias en la actividad y en la investigación de la construcción**. **Informes de La Construcción**, v.42, n.411, p.23-29, 1991.

ANEXOS:

Anexo A: Ficha individual para cadastramento das obras

Anexo B: Tabelas com resultados dos levantamentos das manifestações patológicas

Anexo C: Tabelas com resultados dos levantamentos dos sistemas de reparos e tipos de reforços

ANEXO A

FICHA INDIVIDUAL PARA CADASTRAMENTO DAS OBRAS

ANEXO B

TABELAS COM RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Tabela B1: Incidência de manifestações patológicas em residências unifamiliares, térreas, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura				Super estrutura				Total	%	
	alic	bloc	sap	cinta	pilar	viga	laje	marq			
1 - Concreto estado fresco											
Segregação do concreto		1		4	16					21	0,00
Ninhos de concretagem				4						4	1,54
Alteração geométrica		1								1	0,30
Juntas de concretagem		1								1	0,30
sub-total 1										27	10,38
2 - Concreto estado endurecido											
Retração por secagem							6			6	2,31
Movimentação térmica (interna/externa)							6	6		12	4,62
Corrosão de armaduras					12	53			1	66	25,30
Fissuras devido momento volvente								6		6	2,31
Eletrodutos								25		25	9,62
Flexão*						9	17			26	10,00
Deformação excessiva*				4		3	1			8	3,00
Desagregação do concreto						13				13	5,00
Infiltrações							5			5	1,92
Deforma prematura							3			3	1,15
Detalhes construtivos				2						2	0,77
Recalque diferencial (fundações)	15	13	3		30					61	23,46
sub-total 2										233	89,62
Total	15	16	3	23	71	93	30	1		260	
%	5,77	6,15	1,15	8,85	27,31	35,77	14,62	0,30		100,00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.2 : Incidência de manifestações patológicas em residências unifamiliares, com até dois pavimento, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura				Super estrutura					Total	%	
	alic	bloc	sap	est	pilar	viga	laje	marq	esc			
1 - Concreto estado fresco												
Fissuras retração (assent.plástico/superficial)								1			1	0,26
Segregação do concreto		17			38	2					57	14,58
Ninhos de concretagem		10			34						44	11,25
Alteração geométrica		7									7	1,79
Juntas de concretagem		6									6	1,53
sub-total 1											115	29,41
2 - Concreto estado endurecido												
Retração por secagem								8			8	2,05
Movimentação térmica (interna/externa)								4	5		9	2,30
Corrosão de armaduras		4			46						50	12,79
Fissuras devido momento volvente								5			5	1,28
Eletrodutos								10			10	2,55
Flexão*						21	7				28	7,16
Cortante*						2					2	0,51
Deformação excessiva*						19	41			2	62	15,86
Desagregação do concreto										1	1	0,26
Infiltrações								5			5	1,28
Recalque diferencial (fundações)	27	44	4	13	8						96	24,55
sub-total 2											276	70,59
Total	33	62	4	13	126	44	81	5	3		391	
%	8,44	20,97	1,02	3,32	32,23	11,25	20,72	1,28	0,77		100,00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.3: Incidência de manifestações patológicas em edifícios residencial multifamiliar, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura					Super estrutura					Total	%		
	alic	bloc	sap	cinta	est	tub	pilar	viga	laje	marq			esc	
1 - Concreto estado fresco														
Segregação do concreto			14				4		22	5		45	4,09	
Ninhos de concretagem							4					4	0,37	
Alteração geométrica			14					10	11			35	3,10	
Cobertura armadura insuficiente								94	173	9		3	279	25,36
sub-total 1												363	33,00	
2 - Concreto estado endurecido														
Retração por secagem									71			71	6,45	
Movimentação térmica (interna/externa)									20	10		30	2,73	
Corrosão de armaduras								50	79	79	4	220	20,00	
Fissuras devido momento volvente										46		46	4,10	
Eletrodutos										119		119	10,02	
Flexão*									35	17		52	4,73	
Cortante*									27	1		28	2,55	
Compressão*		3						2				5	0,45	
Deformação excessiva*									2	35		37	3,36	
Desagregação do concreto								4	4	11		19	1,73	
Infiltrações										15		15	1,36	
Deforma prematura									6			6	0,55	
Detalhes construtivos			12		14							26	2,36	
Recalque diferencial (fundações)	4	5				32						41	3,73	
Fissura (vibração bate estaca)										22		22	2,00	
sub-total 2												737	67,00	
Total	4	20	20	14	32	0	160	450	369	4	3	1100		
%	0,36	1,82	2,55	1,27	2,91	0,73	15,27	40,91	33,55	0,36	0,27	100,00		

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.4 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios residencial multifamiliar, com mais de 4 pavimentos em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura					Super estrutura					Total	%	
	bloc	sap.	cinta	est	tub	pilar	viga	laje	marq	esc			floreira
1 - Concreto estado fresco													
Fissuras retração (assent plástico/superficial)							137	81				218	2.67
Segregação do concreto	8					111	229	79	26	7		460	5.64
Ninhos de concretagem	17											17	0.21
Alteração geométrica		69			4	161	31					265	3.25
Juntas de concretagem					17	2	1					20	0.24
Cobrimento armadura insuficiente							19	5				24	0.29
Concreto contaminado						5						5	0.06
sub-total 1												1009	12.36
2 - Concreto estado endurecido													
Retração por secagem						25	162	31				218	2.67
Movimentação térmica (interna/externa)							106	165	20			291	3.57
Corrosão de armaduras	17	42				2303	1206	576	114	7	7	4272	52.33
Fissuras devido momento volvente								213				213	2.61
Eletrodutos								219				219	2.60
Flexão *		16	2				363	151	4			536	6.57
Tração *							1					1	0.01
Cortante *						5	178	37				220	2.69
Compressão *	1					61						62	0.76
Torção *						1	23					24	0.29
Deformação excessiva *		1	1				150	225				377	4.62
Desagregação do concreto	41					126	2	47	10			234	2.87
Infiltrações							43	89	106	2		242	2.96
Desforma prematura							54	16				70	0.86
Detalhes construtivos	8			16		7		18				49	0.60
Recalque diferencial (fundações)	13	12		70								95	1.17
Junta dilatação obstruída/má execução						6	8	5				19	0.23
Desabamento								1	1			2	0.02
incêndio (peças fissuradas)							11					11	0.13
sub-total 2												7155	87.64
Total	105	140	3	86	21	2013	2724	1950	291	16	7	8164	
%	1.29	1.71	0.04	1.05	0.26	34.46	33.37	23.90	3.56	0.20	0.09	100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.5 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios comerciais/serviço, térreos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra Estrutura					Super Estrutura				Total	%		
	alic	bloc	sap	cinta	est	pilar	viga	laje	marq				
1 - Concreto estado fresco													
Segregação do concreto			1					19				20	5.65
Ninhos de concretagem			1									1	0.28
sub-total 1												21	5.93
2 - Concreto estado endurecido													
Retração por secagem									29			29	8.19
Corrosão de armaduras				17			33	6	10			60	19.21
Deformação excessiva *		9		12						20		41	11.50
Desagregação do concreto				2					1			3	0.95
Detalhes construtivos						3			1	1		5	1.41
Recalque diferencial	1	52	54		10	54						179	50.57
Junta dilatação obstruída/má execução							4				4	8	2.26
sub-total 2												333	94.07
Total	1	61	56	31	10	57	37	20	41	24		354	
%	0.28	17.23	15.82	8.76	5.09	16.10	10.45	7.91	11.50	6.70		100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.6 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios comerciais/serviço, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura					Super estrutura				Total	%		
	alic	bloc	sap	est	ammo	pilar	viga	laje	marq				
1 - Concreto estado fresco													
fissuras retração (assent plástico/superficial)								6				6	0.01
Segregação do concreto							25	9				34	4.61
Juntas de concretagem							10					10	1.36
sub-total 1												50	6.78
2 - Concreto estado endurecido													
Retração por secagem							1	39				40	5.42
Movimentação térmica (interna/externa)							12	14	10			44	5.96
Corrosão de armaduras							40	89	7			136	18.43
Fissuras devido momento volvente								7				7	0.95
Eletrodutos								33				33	4.47
Flexão *							141	29				170	23.03
Cortante *							67					67	11.79
Deformação excessiva *							5	25	1			31	4.20
Infiltrações								5	4			9	1.22
Detalhes construtivos	1								1			2	0.27
Recalque diferencial (fundações)	4	26	6	83	1							120	16.26
Junta dilatação obstruída/má execução									9			9	1.22
sub-total 2												688	93.22
Total	5	26	6	83	1	75	344	175	23	738		1000	
%	0.60	3.52	0.81	11.25	0.14	10.16	46.61	23.71	3.12			100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B 7 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios comerciais/serviço, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura		Super estrutura			Total	%
	bloco	pilar	viga	laje	esc.		
1 - Concreto estado fresco							
fissuras retração (assent plástico/superficial)				1		1	0.17
Segregação do concreto		55	29	4		88	15.18
Juntas de concretagem			1			1	0.17
Cobrimto armadura insuficiente				1		1	0.17
Sub-total 1						91	15.69
2 - Concreto estado endurecido							
Retração por secagem			5			5	0.26
Movimentação térmica (interna/externa)			49	3		52	9.33
Corrosão de armaduras		103	86	14	1	204	35.10
Eletrodutos				4		4	0.60
Flexão *			21	35		56	9.66
Tração *				4		4	0.60
Deformação excessiva *			66	77		143	24.66
Infiltrações				12		12	2.07
Detalhes construtivos			2	1		3	0.52
Recalque diferencial (fundações)	1					1	0.17
Sub-total 2						489	84.31
Total	1	150	259	161	1	580	
%	0.17	27.24	44.66	27.76	0.17		100.00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B 8 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios comerciais/serviço, com mais de 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura		Super estrutura				Total	%
	canta	estaca	pilar	viga	laje	marq. #1		
1 - Concreto estado fresco								
fissuras retração (assent plástico/superficial)				5			5	0.30
Segregação do concreto	3		47	37	3		90	6.78
Ninhos de concretagem			29				29	2.19
Ateração geométrica			1				1	0.07
Juntas de concretagem			29				29	2.19
Sub-total 1							154	11.61
2 - Concreto estado endurecido								
Movimentação térmica (interna/externa)				350	41		399	30.07
Corrosão de armaduras	3		93	31	17	2	150	22.30
Fissuras devido momento volvente					45		45	3.39
Eletrodutos					50		50	3.77
Flexão *				57	2		59	4.45
Cortante *			1	71			72	5.43
Torção *			14				14	1.05
Deformação excessiva *				53	46		99	7.46
Desagregação do concreto				0	5	5	102	9.04
Detalhes construtivos	11						11	0.83
Recalque diferencial (fundações)		1					1	0.07
Junta dilatação obstruída/má execução					7		7	0.53
Sub-total 2							1173	88.39
Total	17	1	214	620	216	7	252	1327
%	1.20	0.08	16.13	46.72	16.20	0.53	10.99	100.00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Placas de concreto pré-moldadas

Tabela B 9 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios de instituições públicas, térreos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura			Super estrutura				Total	%
	alic.	bloc.	canta	pilar	viga	laje	marq. #1		
1 - Concreto estado fresco									
fissuras retração (assent plástico/superficial)						14		49	6.3
Segregação do concreto		133		4	35			133	10.60
Ninhos de concretagem					15	4		19	0.70
Juntas de concretagem				12				12	0.93
Sub-total 1								291	10.69
2 - Concreto estado endurecido									
Movimentação térmica (interna/externa)					172	129	65	366	13.46
Corrosão de armaduras			30	302	303	164	65	599	39.79
Fissuras devido momento volvente						3		3	0.11
Eletrodutos						25		25	0.92
Flexão *			3		266	20		269	10.61
Cortante *					294			294	10.00
Deformação excessiva *			8			26	2	36	1.32
Desagregação do concreto				3				3	0.40
Infiltrações							20	20	0.73
Detalhes construtivos				86	33	93		212	7.79
Recalque diferencial (fundações)	92							92	3.30
Sub-total 2								2431	89.31
Total	92	133	41	487	1193	478	152	2722	
%	3.30	4.09	1.51	17.09	44.01	17.56	5.50	5.10	100.00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Parede de concreto

Tabela B.10 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios de instituições públicas, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura							Super estrutura					Total	%	
	alic.	bloc	sep.	cinta	est	tub	arrimo	pilar	viga	laje	marq	esc.			# 1
1 - Concreto estado fresco															
Segregação do concreto		1						11	21					33	0,06
Ninhos de concretagem								4	2					6	0,16
Alteração geométrica					1			1						2	0,05
sub-total 1														41	1,07
2 - Concreto estado endurecido															
Retração por secagem									7	20		1		28	0,73
Movimentação térmica (interna/externa)									159	119	156			434	11,26
Corrosão de armaduras				70				595	637	164	27	37		1530	39,90
Fissuras devido momento volvente										60				60	1,76
Eletrodutos									6	107				113	2,93
Flexão *									467	7				474	12,30
Cortante*									535					535	13,88
Deformação excessiva *							1		10	120		4		143	3,71
Desagregação do concreto								29						29	0,75
Infiltrações									28	113	40		70	259	6,72
Deforma prematura										5				5	0,12
Detalhes construtivos								7	12	20				47	1,22
Recalque diferencial (fundações)	0	5	2		35	4			34	2				90	2,33
Junta dilatação obstruída/má execução										37				37	0,96
Incêndio (fissuras)									5	9				14	0,36
sub-total 2														3814	98,93
Total	0	6	2	70	36	4	1	647	1923	007	231	42	70	3855	
%	0,21	0,16	0,05	2,02	0,93	0,10	0,03	16,70	49,08	20,93	6,00	1,09	1,02		100,00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Placas pré-moldadas de concreto

Tabela B.11: Incidência de manifestações patológicas em edifícios de instituições públicas, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura						Total	%
	arrimo	pilar	viga	laje	marq	esc.		
1 - Concreto estado fresco								
Sub-total 1							0	0,00
2 - Concreto estado endurecido								
Movimentação térmica (interna/externa)			6				6	0,93
Corrosão de armaduras	16	86	100	49	121	7	367	60,28
Fissuras devido momento volvente				40			40	6,23
Eletrodutos				1			1	0,16
Deformação excessiva *			4	21			25	3,09
Desagregação do concreto				22	15		37	5,76
Infiltrações	9			10			19	2,96
Junta dilatação obstruída/má execução				1			1	0,16
Tirantes profundos s/proteção	126						126	19,63
Sub-total 2							642	100,00
Total	151	86	140	137	121	7	642	
%	23,52	13,40	21,80	21,34	18,85	1,09		100,00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.12 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios de instituições públicas, com mais de 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra e		Super estrutura					Total	%
	cinta	pilar	viga	laje	marq	esc.	# 1		
1 - Concreto estado fresco									
Fissura retração (assent. plástico/superficial)	10		637	220			150	1025	25,11
Segregação do concreto		321	152	61			6	691	16,93
sub-total 1								1716	42,04
2 - Concreto estado endurecido									
Movimentação térmica (interna/externa)				60				60	1,47
Corrosão de armaduras	2	326	1096	530			54	2016	49,39
Fissuras devido momento volvente				40				40	1,10
Eletrodutos				194				194	4,75
Flexão *				15				15	0,37
Deformação excessiva *						5		5	0,12
Desagregação do concreto					7			7	0,17
Infiltrações				17			4	21	0,51
sub-total 2								2366	57,96
Total	12	647	1005	1161	7	11	359	4082	
%	0,29	15,85	46,10	28,44	0,17	0,27	8,80		100,00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Parede de concreto

Tabela B.13 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios industriais, térreos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Super Estrutura				Total	%
	pilar	viga	laje	marq.		
1 - Concreto estado fresco						
Juntas de concretagem	2				2	1.89
sub-total 1					2	1.89
2 - Concreto estado endurecido						
Retração por secagem				11	11	10.38
Movimentação térmica (interna/ externa)		6	13		19	17.92
Corrosão de armaduras	5	5	5		15	14.15
Eletrodutos			22		22	20.76
Deformação excessiva *	11	8			19	17.92
Desagregação do concreto	6		5		11	10.38
Infiltrações			2	4	6	5.66
Junta dilatação obstruída/má execução			1		1	0.94
sub-total 2					104	98.11
Total	24	19	48	15	106	
%	22.64	17.93	45.28	14.15		100.00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.14 : Incidência de manifestações patológicas em edifícios industriais, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Paredes e bloco	Super Estrutura				Total	%
		pilar	viga	laje	marq.		
1 - Concreto estado fresco							
Segregação do concreto		222	52			274	40.71
Ninhos de concretagem		13				13	1.93
Juntas de concretagem			2			2	0.30
sub-total 1						289	42.94
2 - Concreto estado endurecido							
Movimentação térmica (interna/ externa)			15	23	1	39	5.80
Corrosão de armaduras		250	36			286	42.50
Fissuras devido momento volvente				3		3	0.44
Eletrodutos				7		7	1.04
Flexão *			9	3		12	1.78
Cortante *			2			2	0.30
Deformação excessiva *			25	6		31	4.61
Recalque diferencial (fundações)	4					4	0.59
sub-total 2						384	57.06
Total	4	485	141	42	1	673	
%	0.59	72.07	20.95	6.24	0.15		100.00

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.15 : Incidência de manifestações patológicas em reservatórios elevados, cisternas e piscinas, em função do elemento da estrutura afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Super Estrutura					Total	%
	Pilar	Viga	Laje	Escada	#		
1 - Concreto estado fresco							
Fissura retração(assent.plástico/superf)			61		19	80	6.21
Segregação do concreto	12		9		91	112	8.69
Alteração geometria					2	2	0.15
Juntas de concretagem	3	1	4		14	22	1.71
sub-total 1						216	16.76
2 - Concreto estado endurecido							
Retração por secagem			5		61	66	5.12
Movimentação térmica (interna/ externa)			1		38	39	3.03
Corrosão de armaduras	85	69	137	54	199	544	42.20
Fissura devido momento volvente			4			4	0.31
Flexão *		4	14		4	22	1.71
Tração *	3				32	35	2.72
Compressão *	4					4	0.31
Deformação excessiva *			51		38	89	6.90
Desagregação do concreto	8		12		19	39	3.02
Infiltrações			47		150	197	15.28
Detalhes construtivos			26		8	34	2.64
sub-total 2						1073	83.24
Total	115	74	371	54	675	1289	
%	8.92	5.74	28.78	4.19	52.37		100.0

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(#) Parede de concreto

Tabela B.16 : Incidência de manifestações patológicas em peças esportivas (estádios, ginásios e vila olímpica), em função do elemento afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrut.			Super estrutura								Total	%			
	bloc.	tub.	arimo	pilar	viça	laje	marq.	esc.	#1	#2	#3			#4		
1 - Concreto estado fresco																
Segregação do concreto			14	43	126	123	10	1	25						342	5.00
Alteração geométrica		26													26	0.38
Juntas de concretagem				2	2										4	0.06
sub-total 1															372	5.44
2 - Concreto estado endurecido																
Retração por secagem					11	47	2		51						111	1.62
Movimentação térmica (interna/externa)			134		201	1327	4	73	44	30	13				1826	26.68
Corrosão de armaduras			104	556	1336	1029	64	140	40	74	4				3355	49.02
Fissuras devido momento volvente						14									14	0.21
Eletrodutos						44									44	0.64
Flexão *						3									3	0.04
Cortante*						7									7	0.10
Deformação excessiva *			20	36	15							4			75	1.10
Desagregação do concreto					13	9									22	0.32
Infiltrações			10	24	193	639	34	14	12	0					934	13.65
Desforma prematura						2									2	0.03
Recalque diferencial	1	4													5	0.07
Junta dilatação obstruída/má execução						45		9	20						74	1.08
sub-total 2															6472	94.56
Total	1	30	262	645	1910	3304	114	237	200	112	17	4			6844	
%	0.01	0.44	3.83	9.42	28.02	48.28	1.67	3.46	2.92	1.64	0.25	0.06			100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Arquibancada

(# 2) Guarda corpo

(# 3) Parede de concreto

(# 4) Console

Tabela B.17 : incidência de manifestações patológicas em pontes, viadutos e trapiches, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura			Meso estrut.		Super estrutura						Total	%			
	bloc.	est.	cinta	arimo	pilar	bl.sup.	pilar	viça	laje	esc.	#1			#2		
1 - Concreto estado fresco																
Segregação do concreto	78		50		74	32	102	139	27						502	10.37
Juntas de concretagem					2	16									329	7.16
sub-total 1															849	17.53
2 - Concreto estado endurecido																
Movimentação térmica (interna/externa)				13				81	230						324	6.69
Corrosão de armaduras	164	68	125	3	144	164	168	938	867	7	46	329	3023	62.42		
Eletrodutos									1						1	0.02
Flexão *								14	2						16	0.33
Deformação excessiva *				18	4		2	69	10						111	2.29
Desagregação do concreto	20		58	9	16	31	8	68	4			74	208	5.95		
Infiltrações									87						87	1.80
Desforma prematura				4											4	0.08
Recalque diferencial	6														6	0.12
Junta dilatação obstruída/má execução									96						96	1.98
Concreto capeamento fraturado									28						28	0.58
Aparelho de apoio danificado								10							10	0.21
sub-total 2															3994	82.47
Total	268	68	233	47	240	243	268	1319	1360	7	46	732	4843			
%	5.53	1.41	4.81	0.97	4.96	5.02	5.78	27.24	28.08	0.14	0.95	15.11	100.00			

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Guarda corpo

(# 2) Camisa de concreto armado (estaca metálica)

Tabela B.18 : Incidência de manifestações patológicas em arimos, contenções e bases de apoio, em função do elemento da estrutura afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrut.		Super estrut.		Total	%
	bloco	estaca	laje	arimo		
1 - Concreto estado fresco						
Segregação do concreto	148			1	149	83.24
Ninhos de concretagem				1	1	0.56
Juntas de concretagem				1	1	0.56
Sub-total 1					151	84.36
2 - Concreto estado endurecido						
Deformação excessiva *	4		10		14	7.82
Recalque diferencial (fundações)		4		10	14	7.82
Sub-total 2					28	15.64
Total	152	4	10	13	179	
%	84.92	2.23	5.59	7.26	100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

Tabela B.19 : Incidência de manifestações patológicas no grupo demais obras (torres, rampas, galerias e monumentos), em função do elemento afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Super Estrutura					Total	%
	pilar	viça	laje	arimo	#1		
1 - Concreto estado fresco							
Segregação do concreto					14	14	4.64
sub-total 1						14	4.64
2 - Concreto estado endurecido							
Movimentação térmica (interna/externa)					8	8	2.65
Corrosão de armaduras	17	9	114		91	231	76.49
Flexão *		3	8			11	3.64
Torção *			2			2	0.66
Deformação excessiva *			1			1	0.33
Desagregação do concreto		9	12			21	6.95
Infiltrações				5		5	1.66
Fungos concreto aparente					9	9	2.90
sub-total 2						288	95.36
Total	17	21	137	5	122	302	
%	5.63	6.95	45.38	1.66	40.40	100.00	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armad (# 1) Parede de concreto

Tabela B.20 : Incidência de manifestações patológicas em edificações convencionais (residenciais , comerciais/serviço e institucionais) na Região Amazônica em função do elemento afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura							Super estrutura							Total	%		
	alic.	bloc.	sap.	cint.	est.	tub.	arrimo	pilar	viga	laje	marq.	esc.	# 1	# 2			# 3	
1 - Concreto estado fresco																		
Fissuras retração(assent.plastico/superficial)				10					779	331					199	1319	5.45	
Segregação do concreto		160	15	7		4		628	555	152	28	13			164	1724	7.12	
Ninhos de concretagem		27	1	4		4		67	17	4						124	0.51	
Alteração geométrica		8	83		1	4		173	42							311	1.28	
Juntas de concretagem		7				17		53	2					12	91	0.38		
Cobrimento armadura insuficiente								94	192	15		3				304	1.25	
Concreto contaminado								5								5	0.02	
sub-total 1																3878	16.01	
2 - Concreto estado endurecido																		
Retração por secagem								25	252	127		1				405	1.67	
Movimentação térmica (interna/externa)									888	556	264					1708	7.05	
Corrosão de armaduras		21	42	130			16	4077	3776	1618	334	52	7	150	113	10336	42.68	
Fissuras devido momento volvente										481						481	1.99	
Eletrodutos									6	787						793	3.27	
Flexão *			16	14					1388	283	4					1705	7.04	
Tração *									1	4						5	0.02	
Cortante*								6	1194	38						1238	5.11	
Compressão *		4						63								67	0.28	
Torção *								15	23							38	0.16	
Deformação excessiva *		9	1	25			1		312	625	23	11				1007	4.16	
Desagregação do concreto		41		2				175	36	79	30	1		102	8	474	1.96	
Infiltrações							9		76	266	180	2		70	4	607	2.51	
Desforma prematura									63	21						84	0.35	
Detalhes construtivos	1	20		27	16	3		100	48	142						357	1.47	
Recalque diferencial	151	159	81		252	58	1	38	34	2						776	3.21	
Vibração (bate estaca)										22						22	0.09	
Junta dilatação obstruída/má execução								10	8	63						81	0.34	
incêndio (peças fissuradas)									16	9						25	0.10	
Tirante protendido sem proteção							126									126	0.52	
Desabamento										1	1					2	0.01	
sub-total 2																20337	83.99	
Total	152	456	239	219	269	90	153	5529	9708	5626	862	83	7	322	500	24215		
%	0.63	1.88	0.99	0.90	1.11	0.37	0.63	22.83	40.09	23.23	3.56	0.34	0.03	1.33	2.07	100.00		

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) floreira

(# 2) Placas pré-moldadas de concreto

(# 3) Parede de concreto

Tabela B.21 : Incidência de manifestações patológicas edificações especiais na Região Amazônica, em função do elemento afetado (1976-1993)

ESTRUTURA DE CONCRETO	Infra estrutura						Meso estrut.		Super estrutura							Total	%
	bloc.	cint.	est.	tub.	# 1	arrimo	# 2	bl.sup.	pilar	viga	laje	marq.	esc.	# 3	# 4		
1 - Concreto estado fresco																	
Fissuras retração(assent.plást./superf.)										61			19			80	
Segregação do concreto	226	50				15	74	32	379	317	159	10	1	105	25	1393	
Ninhos de concretagem						1			13							14	
Alteração geométrica				26										2		28	
Juntas de concretagem					329	1	2	16	7	5	4			14		378	
sub-total 1																1893	
2 - Concreto estado endurecido																	
Retração por secagem										11	52	13		61	51	188	
Movimentação térmica (interna/externa)						147				303	1594	5	73	59	30	44	
Corrosão de armaduras	164	125	68		329	107	144	164	1081	2393	2152	64	201	294	120	48	
Fissuras devido momento volvente											21					21	
Eletrodutos											74					74	
Flexão *										30	30			4		64	
Tração *									3					32		35	
Cortante*										2	7					9	
Compressão *									4							4	
Torção *											2					2	
Deformação excessiva *	4			4		18	4		58	119	95			38		340	
Desagregação do concreto	20	58			74	9	16	31	22	90	42			19		381	
Infiltrações						15			24	193	775	38	14	150	8	12	
Desforma prematura						4					2					6	
Detalhes construtivos											26			8		34	
Recalque diferencial	11		4	4		10										29	
Junta dilatação obstruída/má execução											142		9		20	171	
Concreto capeamento fraturado											28					28	
Aparelho de apoio danificado																10	
Fungos concreto aparente														9		9	
sub-total 2																12343	
Total	425	233	72	34	732	327	240	243	1591	3473	5260	130	298	814	158	200	
%	2.99	1.64	0.51	0.24	5.14	2.30	1.69	1.71	11.18	24.40	36.95	0.92	2.09	5.72	1.11	1.41	

(*) Fissuras provocadas por sobrecarga, deficiência e/ou por posicionamento incorreto das armaduras

(# 1) Camisa concreto armado (proteção estaca metálica)

(# 2) Pilerete

(# 3) Parede de concreto

(# 4) Guarda corpo

(# 5) Arquibancada

ANEXO C

TABELAS COM RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS DOS SISTEMAS DE REPAROS E TIPOS DE REFORÇOS

OBSERVAÇÃO:

As tabelas referenciadas no capítulo 6 - C.1 a C.19 - foram suprimidas do anexo em função da limitação do número de páginas, uma vez as mesmas são apenas o somatório dos diversos grupos de obras, conforme relação abaixo, elaboradas a partir dos dados contidos nas tabelas gerais - tabela 1 a tabela 22- que são apresentadas no presente anexo.

Tabela C.1 - somatório da tabela 1 a tabela 4 (sistemas de reparos)

Tabela C.2 - somatório da tabela 5 a tabela 8 (sistemas de reparos)

Tabela C.3 - somatório da tabela 9 a tabela 12 (sistemas de reparos)

Tabela C.4 - somatório da tabela 13 e tabela 14 (sistemas de reparos)

Tabela C.5 - somatório da tabela 18 (sistemas de reparos)

Tabela C.6 - somatório da tabela 15 (sistemas de reparos)

Tabela C.7 - somatório da tabela 16 (sistemas de reparos)

Tabela C.8 - somatório da tabela 1 a tabela 4 (tipos de reforços)

Tabela C.9 - somatório da tabela 5 a tabela 8 (tipos de reforços)

Tabela C.10 - somatório da tabela 9 a tabela 12 (tipos de reforços)

Tabela C.11 - somatório da tabela 13 a tabela 14 (tipos de reforços)

Tabela C.12 - somatório da tabela 18 (tipos de reforços)

Tabela C.13 - somatório da tabela 15 (tipos de reforços)

Tabela C.14 - somatório da tabela 16 (tipos de reforços)

Tabela C.15 - somatório da tabela 1 a tabela 4 (tipos de reforços de fundação)

Tabela C.16 - somatório da tabela 5 a tabela 8 (tipos de reforços de fundação)

Tabela C.17 - somatório da tabela 9 a tabela 12 (tipos de reforços de fundação)

Tabela C.18 - somatório da tabela 18 (tipos de reforços de fundação)

Tabela C.19 - somatório das tabela 15 (tipos de reforços de fundação)

Tabela 1 - Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em residências unifamiliares, térreas, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura				Super estrutura				Total	%							
		alicer	bloc.	cinta	est.	pilar	viga	laje	marq.									
1	Colmatagem resina epoxídica			9			25	5		39	9.49							
	Injeção resina epoxídica			8						8	1.95							
	Injeção calda expansiva					6	13			19	4.62							
	Grampamento/argamassa projetada							31		31	7.54							
	Argamassa expansiva projetada					16	40		1	65	15.82							
	Impermeabilização							5		5	1.21							
Sub-total 1										167	40.63							
2	Encamisamento concreto convencional			20		10	28			74	18.01							
	Chapa colada						2			2	0.49							
	Novo elemento em concreto convencional			16		17	23	12		60	16.54							
Sub-total 2										144	35.04							
3	Estaca de madeira				6					6	1.46							
	Estaca mega-concreto				10					10	2.43							
	Encamisamento concreto convencional		4							4	0.97							
	Novo elemento em concreto convencional		12							12	2.92							
	Novo elemento em concreto ciclópico	30	30							60	16.55							
Sub-total 3										100	24.33							
Total										30	46	61	16	57	139	53	1	411
%										9.25	11.19	14.84	3.89	13.87	33.82	12.90	0.24	100.00

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 2 - Sistemas de reparos e/ou reforços levantados em residências unifamiliares, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Super estrutura					Total	%								
		alicer	bloc.	sap.	cinta	est.	pilar	viga	laje	marq.	esc.										
1	Colmatagem resina epoxídica							24	28	5		57	9.39								
	Injeção resina epoxídica								1			1	0.17								
	Injeção calda expansiva						4	2				6	0.99								
	Grampamento/argamassa projetada								17			17	2.80								
	Argamassa expansiva projetada						9					9	1.43								
	Sub-total 1											90	14.83								
2	Encamisamento concreto convencional				28		71	46	27			172	28.34								
	Encamisamento concreto projetado						1	2			3	0.49									
	Chapa colada				4							4	0.66								
	Perfil metálico				4							4	0.66								
	Novo elemento em concreto convencional				5		22	30	6		1	72	11.86								
Sub-total 2											255	42.01									
3	Estaca de madeira					12						12	1.90								
	Estaca mega-perfil metálico					9						9	1.43								
	Estaca mega-concreto					20						20	3.29								
	Estaca raiz					52						52	8.57								
	Encamisamento concreto convencional		36	2								38	6.26								
	Novo elemento em concreto convencional		69									69	11.37								
	Novo elemento em concreto ciclópico	50	4									62	10.21								
Sub-total 3											262	43.16									
Total											58	109	2	41	93	107	112	79	5	1	607
%											9.56	17.96	0.33	6.76	15.32	17.63	18.45	13.01	0.82	0.16	100.00

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 3 - Sistemas de reparos e/ou reforços levantados em edifícios residenciais, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Super estrutura					Total	%								
		alicer	bloc.	sap.	cinta	est.	tub.	pilar	viga	laje	marq.	esc.										
1	Colmatagem resina epoxídica								90	67			157	12.72								
	Injeção resina epoxídica								1	3			4	0.33								
	Grampamento/argamassa projetada									164			164	13.29								
	Argamassa expansiva projetada							49	150	87	4	3	301	24.39								
	Micro concreto projetado							94	94	6			194	15.72								
	Enchimento c/concreto leve									6			6	0.49								
	Sub-total 1											826	66.94									
2	Encamisamento concreto convencional				3			68	29				100	8.11								
	Encamisamento concreto projetado								20	1			21	1.70								
	Novo elemento em concreto convencional				16			39	16				71	5.75								
Sub-total 2											192	15.56										
3	Estaca raiz					74							74	5.99								
	Encamisamento concreto convencional		35	14									49	3.97								
	Novo elemento em concreto convencional		54										54	4.30								
	Novo elemento em concreto ciclópico	12	7					20					39	3.16								
Sub-total 3											216	17.50										
Total											12	96	14	19	74	20	250	408	334	4	3	1234
%											0.97	7.70	1.14	1.54	6.00	1.62	20.26	33.06	27.07	0.32	0.24	100.00

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 4 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios residenciais, com mais de 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Super estrutura						Total	%		
		bloc	sap	cinta	est	tub	arima	pilar	viga	laje	marq	esc	#1			#2	#3
1	Colmatagem resina epoxídica							4	066	356	04					1310	15,65
	Colmatagem argamassa expansiva							25	10	2						37	0,44
	Injeção resina epoxídica			6				4	40	96				1		147	1,76
	Injeção calda expansiva	17				17		15	12	33						94	1,12
	Grampoamento/argamassa projetada									305						305	4,60
	Argamassa expansiva projetada							624	305	237	99	7		4		1356	16,19
	Micro concreto projetado							205	720	321						1254	14,90
	Grotu convencional							50						7		65	0,77
	Impermeabilização										37	4				41	0,49
	Tratamento junta dilatação										12					12	0,14
Sub-total 1																4701	56,14
2	Encamisamento concreto convencional			1				92	217	220						530	6,33
	Encamisamento concreto projetado							1639	264	30						1941	23,10
	Encamisamento c/conc base grotu								20							20	0,24
	Chapa colada								16							16	0,19
	Novo elemento em concreto convencional			33			9	113	115	110	1				26	415	4,95
Sub-total 2																2922	34,90
3	Estaca de concreto					40										40	0,40
	Estaca mega-perfil metálico					14										14	0,17
	Estaca mega-concreto					161										161	1,92
	Estaca raiz					94										94	1,12
	Encamisamento concreto convencional	235	20			17										280	3,34
	Encamisamento concreto projetado	41														41	0,49
	Novo elemento em concreto convencional	76														76	0,91
	Novo elemento em concreto ciclópico	10				34										44	0,53
Sub-total 3																750	8,96
Total		379	20	40	309	60	9	2779	2673	1055	100	7	7	4	27	8373	
%		4,53	0,34	0,48	3,69	0,81	0,11	33,19	31,92	22,15	2,25	0,08	0,08	0,05	0,32	100,00	

(# 1) Floreira

(#2) Parede de concreto

(# 3) Console

Tabela 5 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios comerciais/serviço, térreos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Super estrutura				Total	%	
		alic	bloc	sap	cinta	est	tub	pilar	viga	laje	marq			
1	Colmatagem resina epoxídica				8								8	1,27
	Colmatagem argamassa expansiva									29			29	4,61
	Injeção resina epoxídica								1	1	20	22	3,50	
	Argamassa expansiva projetada							19	20	1	5	45	7,16	
	Grotu convencional							2				2	0,32	
	Grotu projetado							2	6			8	1,27	
	Tratamento junta dilatação							4		4		8	1,27	
Sub-total 1												122	19,40	
2	Encamisamento concreto convencional				40			13	1		20	32	13,04	
	Novo elemento em concreto convencional				75			149	3	1		220	36,25	
	Novo elemento em concreto ciclópico				1							1	0,15	
Sub-total 2												311	49,44	
3	Estaca de concreto					24							24	3,32
	Estaca mega-concreto					10							10	1,59
	Encamisamento concreto convencional		32	41									73	11,60
	Novo elemento em concreto convencional	9	16	52									77	12,24
	Novo elemento em concreto ciclópico	6					6						12	1,91
Sub-total 3													196	31,16
Total		15	40	93	124	34	12	109	31	36	53	629		
%		2,30	7,63	14,79	19,71	5,41	0,95	30,05	4,93	5,72	8,43	100,00		

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 6 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios comerciais/serviço, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Super estrutura					Total	%	
		alic	bloc	sap	cinta	est	tub	pilar	viga	laje	marq	esca			arimo
1	Colmatagem resina epoxídica							169	04	10				271	13,01
	Injeção resina epoxídica							40						40	2,45
	Injeção calda expansiva							3						3	0,15
	Grampoamento/argamassa projetada									30				30	1,94
	Argamassa expansiva projetada							20	30	6				66	3,36
	Tratamento junta dilatação									9			1	10	0,51
	Impermeabilização									5				5	0,26
	Sub-total 1														441
2	Encamisamento concreto convencional				40			16	239	7	4	2	1	317	16,16
	Encamisamento concreto projetado							42	6	3	1			52	2,65
	Perfil metálico								3					3	0,15
	Novo elemento em concreto convencional				42		41	326	261	1	1			672	34,25
	Novo elemento em concreto ciclópico												1	1	0,05
Sub-total 2														1045	53,26
3	Estaca de concreto					69								69	3,52
	Estaca mega-concreto					91								91	4,64
	Estaca raiz					16								16	0,81
	Encamisamento concreto convencional	0	1	9										10	0,92
	Novo elemento em concreto convencional			171	5									176	8,97
	Novo elemento em concreto ciclópico	0		90										106	5,40
Sub-total 3														476	24,26
Total		16	270	14	90	176	122	829	415	24	3	3	3	1962	
%		0,02	13,76	0,72	4,59	8,97	6,22	42,25	21,15	1,22	0,15	0,15	0,15	100,00	

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 7 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios comerciais/serviço, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Super estrutura				Total	%
		pilar	viga	laje	esc.		
1	Colmatagem resina epoxidica		142	100		242	42,09
	Injeção resina epoxidica		1			1	0,17
	Injeção grout	35	15			50	8,69
	Argamassa expansiva projetada	70	86	19	1	184	32,00
	Micro concreto projetado	20				20	3,40
Sub-total 1						497	86,43
2	Encamisamento concreto convencional		19	47		66	11,48
	Novo elemento em concreto convencional			12		12	2,09
Sub-total 2						78	13,57
Total		133	263	170	1	575	
%		23,13	45,74	30,96	0,17		100,00

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 8 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios comerciais/serviço, com mais de 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Super estrutura						Total	%	
		bloc	sep	cinta	est	tub	pilar	viga	laje	marq	esc	# 1			
1	Colmatagem resina epoxidica							419	60					487	33,94
	Injeção resina epoxidica							1						1	0,07
	Injeção calda expansiva							8	25					33	2,30
	Grandeamento/argamassa projetada								94					94	6,55
	Argamassa expansiva projetada				3			88	69	20	2		252	434	30,24
	Grout convencional							3						3	0,21
	Micro concreto projetado							11	14					25	1,74
	Tratamento junta dilatação									7				7	0,49
	Impermeabilização									5				5	0,35
Sub-total 1														1089	75,89
2	Encamisamento concreto convencional							11	115	14				140	9,76
	Encamisamento concreto projetado							24	50	5				79	5,50
	Concreto protendido								10					10	0,70
	Novo elemento em concreto convencional				8			34	7	5		2		56	3,90
	Novo elemento em concreto ciclópico				11									11	0,77
Sub-total 2														296	20,63
3	Estaca mega-concreto					2								2	0,14
	Encamisamento concreto convencional	16	5											21	1,46
	Novo elemento em concreto convencional	1												1	0,07
	Novo elemento em concreto ciclópico	10				16								26	1,81
Sub-total 3														50	3,48
Total		27	5	22	2	16	171	705	231	2	2	252	1435		
%		1,00	0,35	1,53	0,14	1,11	11,92	49,13	16,10	0,14	0,14	17,56		100,00	

(1) Reparo

(# 1) Peça de concreto pré-moldada

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 9 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios de Instituições públicas, térreos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Super estrutura						Total	%	
		alic	bloc	sep	cinta	est	pilar	viga	laje	marq	esc	# 1			
1	Colmatagem resina epoxidica							660	140	65				873	27,72
	Colmatagem argamassa expansiva								2				2	0,06	
	Injeção resina epoxidica				8			62	31			61	162	5,15	
	Injeção calda expansiva						16	9					25	0,80	
	Grandeamento/argamassa projetada								40	2			42	1,33	
	Argamassa expansiva projetada				30			191	293	169	70	53	806	25,60	
	Grout convencional						1						1	0,03	
	Tratamento junta dilatação								2				2	0,06	
	Impermeabilização										16		16	0,51	
	Pintura à base epóxi								42				42	1,33	
Sub-total 1													1971	62,59	
2	Encamisamento concreto convencional				34		203	33	16	6			292	9,27	
	Encamisamento concreto projetado						16	85	18				119	3,78	
	Novo elemento em concreto convencional						134	34	93				261	8,29	
	Novo elemento em concreto ciclópico				13								13	0,41	
Sub-total 2													685	21,75	
3	Estaca mega-concreto					60							60	2,16	
	Encamisamento concreto convencional			137	31								160	5,34	
	Novo elemento em concreto convencional	2	60										70	2,22	
	Novo elemento em concreto ciclópico	123	64										187	5,94	
Sub-total 3													493	15,66	
Total		125	269	31	85	60	370	1126	633	250	70	114	3149		
%		3,97	8,54	0,99	2,70	2,16	11,75	35,76	20,10	8,19	2,22	3,62		100,00	

(# 1) Parede de concreto

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 10- Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edifícios de instituições públicas, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Super estrutura						Total	%	
		bloc.	sap.	cinta	est.	tub.	armo	pilar	viga	laje	marq.	esc.			# 1
1	Colmatagem resina epoxídica			9				482	214	151	2			050	10.95
	Colmatagem argamassa expansiva							521						521	11.51
	Colmatagem mastique elástico							28	13					41	0.91
	Injeção resina epoxídica						6	110	25	5				146	3.22
	Injeção calda expansiva						7	90	5					102	2.25
	Injeção Grout						4	2						6	0.13
	Grapeamento/argamassa projetada								169	5				174	3.84
	Argamassa expansiva projetada			15				206	146	127	17			591	13.05
	Grout projetado										10			10	0.22
	Micro concreto projetado						3	9	14					26	0.57
	Tratamento junta dilatação										37			37	0.82
	Impermeabilização									77	23		70	170	3.76
	Instalação aparelho de apoio													12	0.27
	Sub-total 1														2694
2	Encamisamento concreto convencional			45			1	50	470	110			12	680	15.20
	Encamisamento concreto projetado							334	404	11				749	16.54
	Encamisamento conc. base grout							39						39	0.86
	Perfil metálico							20						20	0.44
	Novo elemento em concreto convencional			6				2		2				10	0.22
Sub-total 2														1506	33.26
3	Estaca mega-concreto													102	2.25
	Estaca raiz					2								2	0.44
	Encamisamento concreto convencional	23	10				4							37	0.82
	Encamisamento concreto projetado									27				27	0.59
	Novo elemento em concreto convencional	123												123	2.72
	Novo elemento em concreto ciclópico	37												37	0.82
Sub-total 3														328	7.24
Total		103	10	75	104	31	1	751	2262	804	211	2	70	24	4528
%		4.04	0.22	1.66	2.30	0.68	0.02	16.59	49.96	17.76	4.66	0.04	1.54	0.53	100.00

(# 1) Parede de concreto

(# 2) Console

Tabela 12- Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em edifícios de instituições públicas, com mais de 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra e		Super estrutura				Total	%	
		cinta	pilar	viga	laje	mar.	# 1			
1	Colmatagem resina epoxídica	3		515	198			70	706	22.98
	Injeção resina epoxídica	7		118	105			80	310	9.06
	Injeção calda expansiva							25	25	0.73
	Grapeamento/argamassa projetada				242				242	7.07
	Argamassa expansiva projetada	2	326	1096	528			99	2051	59.95
Sub-total 1								3414	99.79	
2	Encamisamento concreto convencional						7	7	0.21	
	Sub-total 2								7	0.21
Total		12	326	1729	1073	7	274	3421		
%		0.35	9.53	50.54	31.37	0.20	8.01		100.00	

(1) Parede de concreto

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 11- Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em edifícios de instituições públicas, com até 4 pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra e		Super estrutura				Total	%	
		bloco	pilar	viga	laje	esc.	armo			
1	Colmatagem resina epoxídica			4	1			5	0.74	
	Injeção resina epoxídica				1			1	0.15	
	Grapeamento/argamassa projetada				41			41	6.10	
	Argamassa expansiva projetada		17	38	11	2		68	10.12	
	Grout convencional						126	126	18.75	
	Micro concreto projetado			5	19			16	40	5.95
	Tratamento junta dilatação				1			1	0.15	
	Impermeabilização				12			12	1.79	
	Demolição				4			4	0.60	
	Sub-total 1								298	44.35
2	Encamisamento concreto convencional			2				2	0.30	
	Encamisamento concreto projetado			5	24	5		34	5.06	
	Chapa colada			4				4	0.60	
	Perfil metálico			10				10	1.43	
	Novo elemento em concreto convencional	126	97	55	2			280	41.66	
Sub-total 2								330	49.10	
3	Novo elemento em concreto ciclópico	44						44	6.55	
	Sub-total 3								44	6.55
Total		44	143	165	169	9	142	672		
%		6.55	21.28	24.55	25.15	1.34	21.13		100.00	

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 13- Sistemas de reparo e/ou reforço estrutural levantados em edifícios industriais, têxteis, por elemento da estrutura (1976 - 1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Super estrutura				Total	%
		pilar	viga	laje	marq.		
1	Colmatagem resina epoxídica		4	11	15	10.95	
	Injeção resina epoxídica			25	2	27	19.71
	Injeção calda expansiva		1		1	0.72	
	Grapeamento/argamassa projetada			22	2	24	17.52
	Argamassa expansiva projetada		5	5		10	7.30
Sub-total 1						77	56.20
2	Encamisamento concreto convencional	27	15	5		47	34.31
	Perfil metálico		8			8	5.84
	Novo elemento concreto convencional			5		5	3.65
Sub-total 2						60	43.80
Total		27	29	66	15	137	
%		19.71	21.17	48.17	10.95		100.00

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 14 - Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em edifícios industriais, com até dois pavimentos, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Super estrutura				Total	%
		pilar	viga	laje	marq		
1	Colmatagem resina epoxídica		20	20	1	41	10,00
	Injeção resina epoxídica			0		0	2,12
	Injeção grout	13				13	3,45
	Grampeamento/argamassa projetada			1		1	0,26
	Argamassa expansiva projetada			16		16	4,24
	Grout projetado	50	52			102	27,06
Sub-total 1						181	48,01
2	Encamisamento concreto convencional	159	11			170	45,09
	Novo elemento concreto convencional		3	23		26	6,90
	Sub-total 2					196	51,99
Total						377	
		53,09	22,01	10,04	0,26		100,00

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 15 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em pontes, viadutos e trapiches, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Meso estrut.		Super estrutura					Total	%		
		alic.	bloc.	cinta	est.	# 1	arimo	pilareto	bi.sup.	pilar	viga	laje	esc.			# 2	# 3
1	Colmatagem resina epoxídica										95	232				327	8,15
	Injeção resina epoxídica										37					37	0,92
	Injeção calda expansiva						9			2						11	2,7
	Injeção micro concreto						4									4	0,10
	Grampeamento/argamassa projetada											1				1	0,02
	Argamassa expansiva projetada		47	57			3		32	94	263	303				799	19,90
	Micro concreto projetado			45			2	48			415	473				903	24,40
	Grout projetado			8												8	0,20
	Tratamento junta dilatação											99				99	2,47
	Sub-aparelho de apoio														74	74	1,84
	Recomposição capeamento (concreto)											20				20	0,70
Sub-total 1															2371	59,05	
2	Encamisamento concreto convencional			55			4	104	81	56	150	10				476	11,86
	Encamisamento concreto projetado			10			1	67	16	46	179	99	3	46		475	11,83
	Novo elemento em concreto convencional						7	2			6	5		92		114	2,84
	Novo elemento em concreto ciclópico						2									2	0,05
Sub-total 2															1067	26,58	
3	Estaca raiz				24											24	0,60
	Tirante				40											40	1,19
	Encamisamento concreto convencional		127		40	329										504	12,55
	Novo elemento em concreto ciclópico	1														1	0,03
Sub-total 3															577	14,37	
Total		1	102	175	120	329	32	221	129	190	1155	1250	3	130	74	4015	
%		0,03	4,53	4,36	2,99	0,20	0,80	5,50	3,21	4,93	26,77	31,33	0,07	3,44	1,84		100,00

(# 1) Camisa de concreto (proteção estaca metálica)

(# 2) Berço de concreto para instalação perfil Jeene

(# 3) Console

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 16 - Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em reservatório elevado, sistema e piscina, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Super estrutura					Total	%
		pilar	viga	laje	esc.	# 1		
1	Colmatagem resina epoxídica			66		97	163	20,32
	Injeção resina epoxídica			61		70	139	17,33
	Injeção calda expansiva			4		2	6	0,75
	Injeção grout					35	35	4,37
	Grampeamento/argamassa projetada			2		15	17	2,12
	Argamassa expansiva projetada	21	33	10	54	54	180	22,44
	Grout convencional			3			3	0,37
	Micro concreto projetado	0	0	1			17	2,12
	Impermeabilização			6		6	12	1,50
	Drenagem				6		6	0,75
Sub-total 1						578	72,07	
2	Encamisamento concreto convencional	0	1	43		23	75	9,35
	Encamisamento concreto projetado	4	16	15		110	145	10,00
	Novo elemento concreto convencional			4			4	0,50
Sub-total 2						224	27,93	
Total		41	50	223	60	420	802	
%		5,11	7,23	27,01	7,40	52,37		100,00

(# 1) Parede de concreto

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela 17- Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados em arimos, contenções e bases de apoio, por elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura			Super estrut.		Total	%
		bloco	estaca	arimo	viga	laje		
1	Colmatagem resina epoxidica					10	10	4,00
	Injeção calda expansiva			1			1	0,40
	Argamassa expansiva projetada			1			1	0,40
	Tratamento junta dilatação			3			3	1,20
	Instalação de drenos			7			7	2,80
Sub-total 1							22	8,80
2	Encamisamento concreto convencional			4			4	1,60
	Novo elemento em concreto convencional					3	3	1,20
	Concreto protendido					1	1	0,40
Sub-total 2							8,00	3,20
3	Estaca raiz		16				16	6,40
	Tirante		50				50	20,00
	Encamisamento concreto convencional	154					154	61,60
Sub-total 3							220	88,0
Total		154	66	16	4	10	250	
%		61,60	26,40	6,40	1,60	4,00		100,00

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

Tabela 18- Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em praças esportivas (estádios, ginásios e vila olímpica), em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrut.					Super estrutura										Total	%	
		bloc	cinta	est	arimo	pilar	viga	laje	marq	esc	#1	#2	#3	#4	#5				
1	Colmatagem resina epoxidica				61		156	1032	6	73	13	30	44					1417	25,02
	Colmatagem argamassa expansiva												51					51	0,90
	Colmatagem grout												207					207	5,07
	Injeção resina epoxidica				73			52	53									178	3,14
	injeção calda expansiva						2	2	4					24				32	0,56
	Grampeamento/argamassa projetada																	45	0,79
	Argamassa expansiva projetada				104	413	1127	971	40	140	4	74	40					2921	51,50
	Grout projetado					69	119	6										194	3,43
	Micro concreto projetado					32	74	17	23									146	2,50
	Tratamento junta dilatação									9				20				74	1,31
	Impermeabilização										30							30	0,53
Sub-total 1																	5375	94,91	
2	Encamisamento concreto convencional					3	24	62					10					99	1,75
	Encamisamento concreto projetado					42	8	8										50	1,03
	Perfil metálico							20										20	0,35
	Novo elemento em concreto convencional		6			8	2							25	6			47	0,83
Sub-total 2																	224	3,96	
3	Estaca raiz			50														50	0,88
	Encamisamento concreto convencional	6																6	0,11
	Novo elemento em concreto convencional	8																8	0,14
Sub-total 3																	64	1,13	
Total		14	6	50	230	569	1506	2536	99	222	17	104	197	25				5663	
%		0,25	0,11	0,88	4,20	10,05	28,01	44,70	1,75	3,92	0,30	1,83	3,40	0,44				100,00	

(#1) Parede de concreto

(1) Reparo

(#2) Guarda corpo

(2) Reforço

(#3) Arquibancada

(3) Reforço fundação

(#4) Console

(#5) Rolo de concreto

Tabela C19 - Sistemas de reparos e/ou reforço estrutural levantados no grupo demais obras (torres, rampas, galerias, monumento), em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura			Super estrutura			Total	%	
		bloc	est	arimo	pilar	viga	laje			#1
1	Colmatagem resina epoxidica						8	8	2,19	
	Injeção resina epoxidica					3	14	17	4,67	
	Injeção calda expansiva			5			1	14	20	5,50
	Grout convencional					4		4	1,10	
	Pintura protetora sup. concreto							9	9	2,47
Sub-total 1							58	15,93		
2	Encamisamento concreto convencional					55		55	15,11	
	Encamisamento concreto projetado						114	91	205	56,32
	Novo elemento concreto convencional				26	11		37	10,16	
Sub-total 2							297	81,59		
3	Estaca de madeira		8					8	2,20	
	Novo elemento concreto convencional	1						1	0,27	
Sub-total 3							9	2,47		
Total		1	8	5	26	73	129	122	364	
%		0,28	2,190	1,374	7,143	20,05	35,44	33,52	100	

(#1) Parede de concreto

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

(1) Reparo

Tabela C.20 - Sistemas de reparos e/ou reforço levantados em edificações convencionais (residenciais, comerciais/serviço e instituições públicas, em função do elemento da estrutura (1976-1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Super estrutura								Total	%		
		alic.	bloc.	sap.	cinta	est.	tub.	arrimo	pilar	viga	laje	marq.	esc.	# 1	# 2			# 3	# 4
1	Colmatagem resina epoxidica				29				4	3404	1261	323	2		70			5093	18.87
	Colmatagem argamassa expansiva								25	531	33							589	2.18
	Colmatagem mastique elástico									28	13							41	0.15
	Injeção resina epoxidica				29				10	382	263	25			141		1	851	3.15
	Injeção calda expansiva		17				17		51	134	63				25			307	1.14
	Injeção grout								39	17								56	0.21
	Granpeamento/argamassa projetada										1221	7						1228	4.55
	Argamassa expansiva projetada				50				1532	2275	1331	297	83	252	156			5976	22.14
	Micro concreto projetado							16	333	850	360							1559	5.78
	Grout projetado							2	6			10						18	0.07
	Grout convencional							126	64							7		197	0.73
	Tratamento junta dilatação							1	4	2	70							77	0.28
	Instalação aparelho de apoio																12	12	0.04
	Impermeabilização										141	43		70				254	0.94
	Pintura base epóxi									42								42	0.16
	Enchimento concreto leve										6							6	0.02
Demolição										4							4	0.01	
Sub-total 1																		16310	60.42
2	Encamisamento concreto convencional				227			2	542	1199	441	45	2				12	2470	9.15
	Encamisamento concreto projetado								2056	836	100	1	5					2998	11.11
	Encamisamento concreto base grout								39	20								59	0.22
	Chapa colada				4					22								26	0.09
	Perfil metálico				4				20	13								37	0.14
	Concreto protendido									10								10	0.03
	Novo elemento em concreto convencional				201			9	677	659	565	2	6				26	2145	7.94
	Novo elemento em concreto ciclópico				25			1											26
Sub-total 2																		7771	28.78
3	Estaca de madeira					18												18	0.07
	Estaca de concreto					133												133	0.49
	Estaca mega-perfil metálico					23												23	0.08
	Estaca mega-concreto					464												464	1.72
	Estaca raiz					238												238	0.88
	Encamisamento concreto convencional	8	519	140				21										688	2.55
	Encamisamento concreto projetado		41					27										68	0.25
	Novo elemento em concreto convencional	11	590	57														658	2.44
	Novo elemento em concreto ciclópico	261	304					60										625	2.32
	Sub-total 3																		2915
Total		280	1471	197	569	876	125	155	5398	10430	5872	753	98	322	392	7	51	26996	
%		1.04	5.45	0.73	2.11	3.24	0.46	0.57	20.00	38.64	21.75	2.79	0.36	1.19	1.45	0.03	0.19		100.00

(# 1) Placas pré-moldadas de concreto

(#2) Parrede de concreto

(#3) Floreira

(#4) Console

(1) Reparo

(2) Reforço

Tabela C.21 - Sistemas de reparos e/ou reforço em edificações especiais, na região Amazônica, em função do elemento da estrutura (1976 - 1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura					Meso estrut.		Super estrutura										Total	%	
		alic.	bloc.	cinta	est.	# 1	arrimo	pilerete	bl.sup.	pilar	viga	laje	marq.	esc.	#2	#3	# 4	#5			# 6
1	Colmatagem resina epoxídica						61				273	1364	18	73	118	30	44			1981	17.07
	Colmatagem argamassa expansiva																51			51	0.44
	Colmatagem Grout										287									287	2.47
	Injeção resina epoxídica						73				92	161	2		78					406	3.50
	Injeção grout									13					35					48	0.41
	Injeção calda expansiva						15	2		2	3	9			16		24			71	0.61
	Injeção micro concreto						4													4	0.03
	Granpeamento/argamassa projetada											71	2		15					88	0.76
	Argamassa expansiva projetada		47	57			108		32	528	1428	1313	40	198	54	74	48			3927	33.83
	Micro concreto projetado			45			2			40	145	132	23							387	3.33
	Grout projetado		8							119	171	6								304	2.62
	Grout convencional										4	3								7	0.06
	Tratamento junta dilatação						3					144		9			20			176	1.52
	Substituição aparelho de apoio																	74		74	0.64
	Impermeabilização											6	30		6					42	0.36
	Recomposição capeamento (concreto)											28								28	0.24
	Confecção rufo de concreto											6								6	0.05
Drenagem						7					6								13	0.11	
Pintura protetora sup. concreto														9					9	0.08	
Sub-total 1																			7909	68.13	
2	Encamisamento concreto convencional			55		8	104	81	253	264	128			23		10			926	7.98	
	Encamisamento concreto projetado			18		1	115	16	92	555	595		3	201				46	1642	14.14	
	Perfil metálico									28									28	0.24	
	Concreto protendido									1									1	0.01	
	Novo elemento em concreto convencional			6		7	2		34	27	37						25	92	230	1.98	
	Novo elemento em concreto ciclópico						2													2	0.02
Sub-total 2																			2829	24.37	
3	Estaca de madeira				8														8	0.07	
	Estaca raiz				90														90	0.78	
	Tirante				98														98	0.84	
	Encamisamento concreto convencional		287		48	329													664	5.72	
	Novo elemento em concreto convencional		9																9	0.08	
Novo elemento em concreto ciclópico	1																		1	0.01	
Sub-total 3																			870	7.50	
Total		1	351	181	244	329	291	223	129	1081	2991	4296	115	283	555	104	197	99	138	11608	
%		0,01	3,02	1,56	2,10	2,83	2,51	1,92	1,11	9,31	25,77	37,01	0,99	2,44	4,78	0,90	1,70	0,85	1,19		100,00

(#1) Camisa de concreto (proteção estaca metálica)

(#2) Parede de concreto

(#3) Guarda corpo

(#4) Arquibancada

(#5) Console

(#6) Berço de concreto para instalação perfil Jeene

(1) Reparo

Tabela C. 22- Sistemas de reparos e/ou reforço em todos os tipos de edificações, na região Amazônica, em função do elemento da estrutura (1976 - 1993)

Tipo	SISTEMAS DE REPARO	Infra estrutura						Meso estrut.		Super estrutura								Total	%						
		alic.	bloc.	sep.	cont.	est.	sub.	# 1	arimo	pilarete	bl sup.	pilar	viga	laje	marq.	esc.	#2			#3	#4	#5	#6	#7	#8
1	Colmatagem resina epoxídica				29			61			4	3677	2625	341	75	188	30	44						7074	18.33
	Colmatagem argamassa expansiva										25	531	33					51						640	1.66
	Colmatagem mastique elástico											28	13											41	0.01
	Colmatagem Grout												287											287	0.75
	Injeção resina epoxídica				29			73			10	474	424	27		219						1		1257	3.26
	Injeção grout										52	17				35								104	0.27
	Injeção calda expansiva		17				17	15	2		53	137	72			41		24						378	0.98
	Injeção micro concreto							4																4	0.01
	Granpeamento/argamassa projetada												1292	9		15								1316	3.41
	Argamassa expansiva projetada		47		107			108		32	2060	3703	2644	337	281	210	74	48	252					9903	25.65
	Micro concreto projetado				45			18			373	995	492	23										1946	5.04
	Grout projetado		8								121	177	6	10										322	0.84
	Grout convencional							126			64	4	3								7			204	0.53
	Tretamento junta dilatação							4			4	2	214			9			20					253	0.65
	Impermeabilização												147	73		6			70					296	0.77
	Enchimento concreto leve												6											6	0.01
	Recomposição capeamento (concreto)												28											28	0.07
	Confeção rufa de concreto												6											6	0.01
	Drenagem								7				6											13	0.03
	Substituição operleho de apoio																					86		86	0.22
Pintura protetora sup. concreto															9								9	0.02	
Pintura base epóxi											42												42	0.11	
Sub-total 1																							24219	62.74	
2	Encamisamento concreto convencional				262			10	104	81	795	1463	569	45	2	23		10				12	3396	8.80	
	Encamisamento concreto projetado				18			1	115	16	2148	1391	695	1	8	201						46	4640	12.02	
	Encamisamento concreto base grout										39	20											59	0.15	
	Chapa colada				4							22											26	0.07	
	Perfil metálico				4						20	41											65	0.17	
	Concreto protendido											11											11	0.03	
	Novo elemento em concreto convencional				207			16	2		711	606	602	2	6							51	92	2375	6.15
	Novo elemento em concreto ciclópico				25			3																28	0.07
Sub-total 2																							10600	27.46	
3	Estaca de madeira					26																	26	0.07	
	Estaca de concreto					133																	133	0.34	
	Estaca mega-perfil metálico					23																	23	0.06	
	Estaca mega-concreto					464																	464	1.20	
	Estaca raiz					328																	328	0.85	
	Tirante					98																	98	0.25	
	Encamisamento concreto convencional	8	806	140		40	21	329															1352	3.50	
	Encamisamento concreto projetado			41			27																	68	0.18
	Novo elemento em concreto convencional	11	599	57																				667	1.73
Novo elemento em concreto ciclópico	262	304				60																	626	1.62	
Sub-total 3																							3785	9.80	
4 - Demolição													4										4	0.01	
Sub-total 4																							4	0.01	
Total		281	1822	197	750	1120	125	329	446	223	129	6479	13421	10168	868	381	947	104	197	322	7	150	138	38604	
%		0.73	4.72	0.51	1.94	2.90	0.32	0.85	1.16	0.58	0.33	16.78	34.77	26.34	2.25	0.99	2.45	0.27	0.51	0.83	0.02	0.39	0.36	100.00	

(# 1) Cernisa de concreto (proteção estaca metálica)

(#2) Perade de concreto

(#3) Guarda corpo

(# 4) Arquibancada

(#5) Placa de concreto pré-moldada

(# 6) Floreiras

(# 7) Console

(# 8) Berço de concreto para instalação perfil Jeene

(1) Reparo

(2) Reforço

(3) Reforço fundação

(4) Demolição