

**Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática**

**Patologias em Estruturas de Concreto Armado com ênfase
na Qualidade na Execução**

Carla Fernanda Marek

TG-EP-10-05

Maringá - Paraná

Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**Patologias em Estruturas de Concreto Armado com ênfase
na Qualidade na Execução**

Carla Fernanda Marek

TG-EP-10-05

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia
de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade
Estadual de Maringá.
Orientador: *Prof. Dr. Generoso De Angelis Neto.*
Co-orientador: *Prof. Msc. Daily Morales*

**Maringá - Paraná
2005**

CARLA FERNANDA MAREK

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM ÊNFASE NA
QUALIDADE NA EXECUÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção – Construção Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá - Campus de Maringá.

Orientador: *Prof. Dr. Generoso De Angelis Neto.*

Co-orientador: *Prof. Msc. Daily Morales*

MARINGÁ

2005

CARLA FERNANDA MAREK

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM ÊNFASE NA
QUALIDADE NA EXECUÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de *Bacharel em Engenharia de Produção – Construção civil*, pela Universidade Estadual de Maringá, Campus de Maringá, aprovada pela Comissão formada pelos professores:

Prof. Dr. Generoso De Angelis Neto
(Orientador)
Departamento de Engenharia Civil, UEM.

Prof. Msc. Daily Morales
Departamento de Informática, UEM.

Prof. Msc. Carlos Antonio Pizo
Departamento de Informática, UEM.

Maringá, 20 de Dezembro de 2005.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele.

Aos meus pais, meu irmão, meu namorado Junior, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao professor e orientador Generoso De Angelis Neto pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia

Ao professor e co-orientador Daily Morales por seu apoio e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão desta monografia.

Ao professor e coordenador do Curso de Engenharia de Produção, Carlos Antonio Pizo, pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade.

A todos os professores da UEM do Curso de Engenharia de Produção e Engenharia Civil que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Aos amigos e colegas pelo incentivo e pelo apoio constantes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Exemplo de gráfico de ocorrência das patologias.....	34
Figura 02 - Diagrama de causa e efeito das patologias encontradas nas estruturas de concreto armado	36
Figura 03 - Corrosão generalizada.....	38
Figura 04 - Corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras na laje.....	39
Figura 05 - Armadura aparente.....	39
Figura 06 - Cobrimento da armadura inadequado.....	40
Figura 07 - Corrosão e expansão da seção das armaduras.....	41
Figura 08 - Infiltração e presença de limo causado pela fissuração.....	41
Figura 09 - Corrosão nas armaduras e infiltrações próximas as tubulações.....	41
Figura 10 - Corrosão nas armaduras, lixiviação do concreto provocado pela água.....	41
Figura 11 - Nichos de concretagem no encontro do pilar com a viga, posteriormente preenchida com tijolo cerâmico.....	42
Figura 12 - Nicho de concretagem na viga, originalmente encoberto por concreto que não penetrou entre a fôrma e as armaduras.....	43
Figura 13 - Nicho de concretagem.....	43
Figura 14 - Pilar apresentando desagregação na sua base e conseqüentemente corrosão acentuada.....	44
Figura 15 - Lascamento do concreto.....	45
Figura 16 - Descolamento do concreto.....	45
Figura 17 - Desplacamento do concreto.....	45
Figura 18 - Abaulamento da laje.....	46
Figura 19 - Exemplo típico de nicho de concreto e corrosão de armaduras.....	53
Figura 20 - Exemplo típico de nichos de concreto.....	53

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 01 - Origem das patologias no Brasil e Europa.....	17
Quadro 01 - Folha para a classificação de pilares defeituosos.	30
Quadro 02 - Folha para a classificação de vigas defeituosas.	31
Quadro 03 - Folha para a classificação de lajes defeituosas.....	31
Quadro 04 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em pilares.	32
Quadro 05 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em vigas.	33
Quadro 06 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em lajes.	33
Quadro 07 - Resumo das folhas de verificação para classificação de estrutura defeituosa.....	34
Quadro 08 - Folha para a classificação de pilares defeituosos do edifício X.	52
Quadro 09 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em pilares do edifício X.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- IPT** Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo
 f_{ck} : Resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.
CQT Controle da Qualidade Total

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS E QUADROS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo geral.....	4
1.1.2 Objetivo geral.....	4
1.1.3 Objetivos específicos	4
1.2 Justificativa do Trabalho	5
1.3 Metodologia.....	5
1.4 Limites do Trabalho	6
1.5 Estrutura do Trabalho	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Estruturas de Concreto	8
2.1.1 Concepção (projeto)	9
2.1.2 Execução (construção)	9
2.1.3 Utilização (manutenção).....	10
2.2 Patologia	11
2.2.1 Desempenho	11
2.2.2 Vida útil.....	11
2.2.3 Durabilidade.....	12
2.2.4 Terapia	12
2.3 O Processo Produtivo no Controle de Patologias.....	12
2.3.1 Planejamento	13
2.3.2 Projeto	13
2.3.3 Materiais.....	15

2.3.4 Execução	17
2.4 Causas da Deterioração das Estruturas.....	18
2.4.1 Falhas intrínsecas	19
2.4.1.1 Falhas humanas durante a construção.....	19
2.4.1.1.1 Deficiências na concretagem.....	19
2.4.1.1.2 Inadequação de escoramentos e fôrmas	20
2.4.1.1.3 Deficiências nas armaduras	21
2.4.1.2 Utilização incorreta dos materiais de construção	22
2.4.1.3 Inexistência de controle de qualidade	23
2.4.2. Causas extrínsecas.....	23
2.4.2.1 Falhas humanas durante a concepção (projeto) da estrutura	24
2.4.2.1.1 Modelização estrutural inadequada	24
2.4.2.1.2 Má avaliação das cargas	24
2.4.2.1.3 Detalhamento errado ou insuficiente.....	25
2.4.2.1.4 Inadequação do ambiente	25
2.4.2.1.5 Incorreção na interação solo-estrutura.....	25
2.4.2.1.6 Incorreção na consideração de juntas de dilatação	25
2.4.2.2 Falhas humanas na etapa durante a etapa de utilização (vida útil) da estrutura	25
2.4.2.2.1 Alterações estruturais	26
2.4.2.2.2 Sobrecargas exageradas	26
2.5 Controle da Qualidade	27
2.5.1 Conceitos básicos do CQT	27
2.5.2 Coleta de dados	29
2.5.2.1 Folha de verificação para classificação	30
2.5.2.2 Folha de verificação para identificação de causas de defeitos	32
2.5.2 Diagrama de Ishikawa.....	35
2.6 Exemplos de Patologias em Estruturas de Concreto Armado	37
2.6.1 Corrosão de armaduras na base dos pilares	37
2.6.2 Corrosão de armaduras em lajes	38
2.6.3 Corrosão de armaduras devido à presença de umidade	40
2.6.4 Nichos e segregações no concreto	42

2.6.5 Desagregações do concreto	43
2.6.6 Lascamento do concreto.....	44
2.6.7 Abaulamento da laje.....	45
3. Estudo de Caso.....	47
3.1 Objetivo	47
3.2 Metodologia.....	47
3.3 Memorial Descritivo do Edifício X.....	48
3.3.1 Características gerais	48
3.3.1.1 Projeto	49
3.3.1.2 Sistemas Construtivos	49
3.3.1.3 Equipamentos	50
3.3.1.4 Instalações.....	50
3.3.2 Disposições gerais.....	51
3.4 Aplicação dos modelos no Edifício X.....	51
3.5 Resultados Obtidos	52
3.6 Conclusão	53
4. CONCLUSÃO	55
4.1 Conclusões sobre a sistemática proposta.....	55
4.2 Sugestões para trabalho futuros	56
GLOSSÁRIO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

RESUMO

A patologia das construções tem aumentado nos últimos anos. Isto se deve a mão-de-obra não qualificada da indústria da construção que, pela falta de planejamento obriga a indústria da construção civil a trabalhar em repetidos ciclos que causam perdas dos elementos necessários para uma adequada formação profissional.

A qualidade dos materiais utilizados também contribui para o aparecimento das patologias, pois, podem trazer defeitos de fabricação, afetando a execução. O recebimento e armazenamento devem ser considerados para evitar possível depreciação do material.

Outro fator importante é o aparecimento de novos materiais de construção, como aglomerantes, argamassas, aditivos, revestimentos, com eficiência e durabilidade ainda não devidamente comprovadas pelo uso, pelo tempo e pela adequada utilização tendo, como consequência, o surgimento das patologias.

Em algumas situações verifica-se que a origem é derivada do mau uso da edificação, que envolve a manutenção da edificação e uso diferente daquilo para a qual foi projetado.

Este trabalho visa um estudo sobre as patologias encontradas nas edificações, suas causas e suas consequências.

Palavras-chave: patologias em edificações, estrutura de concreto armado, processo produtivo, manutenção predial.

1. INTRODUÇÃO

O processo de construção pode ser dividido em cinco etapas principais: o planejamento, projeto, materiais, execução e uso. A qualidade obtida em cada etapa tem sua devida importância no resultado final do produto, assim como na satisfação do usuário e principalmente no controle da incidência de manifestações patológicas na edificação na fase de uso.

Durante as etapas do processo de construção, vários são os fatores que interferem na qualidade final do produto, segundo Pichhi; Agoyan, 1993, dentre eles podem-se citar:

- No planejamento, a definição dos níveis de desempenho desejados;
- No projeto, a programação de todas as etapas da obra, os desenhos, as especificações e as descrições das ações;
- Nos materiais, a qualidade e a conformidade com as especificações;
- Na execução, a qualidade e a conformidade com as especificações;
- No uso o tipo de utilização previsto para o ambiente construído aliado ao programa de manutenção.

Para se obter a diminuição ou a eliminação dos problemas patológicos deve haver maior controle de qualidade nestas etapas do processo. A abordagem de manutenção deve, também, ser feita de forma a contextualizá-la no processo de construção, procurando durante todas as etapas do processo situá-la como um dos fatores relevantes a ser considerado. Devem ser tomadas algumas medidas para assegurar, nas várias etapas do processo construtivo, o delineamento e a projeção de manutenção futura.

Patologia das construções é uma área especializada das ciências das construções. Sua função é determinar a origem dos problemas causados em projetos e como a estrutura e sua funcionalidade podem ser alteradas por determinadas condições. Assim como na medicina, a base do conhecimento para esse estudo está na análise dos efeitos apresentados por tais patologias.

Segundo Coelho (2005), julgar a origem do crescimento da patologia é uma tarefa delicada e complexa. Não é possível abordá-la sem considerar, meticulosamente, alguns aspectos tais como o ritmo e a quantidade de construções executadas, a complexidade das obras, o aparecimento continuado de novos materiais que, após uma vida curta, são substituídos por outros que despertam maior interesse.

De um modo geral, as patologias não têm sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorrem.

Para uma real avaliação da origem da patologia, alguns fatores devem ser levados em consideração, entre eles pode-se ver que o conhecimento dos materiais utilizados, os métodos de medições, os métodos para utilização de determinados materiais e a resistência apresentada pelos diversos materiais em relação as suas condições de uso.

As manifestações patológicas são também responsáveis por uma parcela importante da manutenção, de modo que grande parte das intervenções de manutenção em edificações poderia ser evitada se houvesse um melhor detalhamento do projeto e escolha apropriada dos materiais e componentes da construção.

A patologia das construções está intimamente ligada à qualidade dos materiais e do pessoal empregado na construção. Embora a qualidade tenha aumentado e continua progredindo cada vez mais, os casos de patologias relacionados à qualidade não diminuíram na mesma proporção. Isto se deve às falhas de execução das estruturas, que podem ser de todo tipo e estarem 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.

Segundo John (2005), as patologias ou defeitos podem ser definidos como degradações inesperadas no desempenho dos edifícios devido à falta de qualidade. Muitas vezes é difícil separar as degradações causadas por falta de qualidade das degradações normais e esperadas,

relacionadas com problemas de durabilidade. Um critério bastante útil é a adoção da normalização nacional ou internacional como referência de qualidade. Conforme estatísticas internacionais e a experiência do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT), as patologias ou defeitos têm origem principalmente na fase de projeto, seguida pela fase de execução. Problemas decorrentes do mau uso dos edifícios são menos importantes.

1.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho foram convenientemente divididos em geral e secundários.

1.1.2 Objetivo geral

A definição mais usual de patologias é: parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. E ainda pode ser definido como degradações inesperadas no desempenho dos edifícios devido à falta de qualidade.

Este trabalho foi elaborado para apresentar de maneira clara, um estudo das patologias referentes à má execução em obras de concreto armado. Tem por objetivo principal apresentá-lo detalhadamente, com base na bibliografia disponível, esclarecer detalhes construtivos que visam melhor performance das estruturas, apresentar algumas patologias decorrentes de uma execução deficiente de obras em concreto e, sem dúvida, contém pequenas informações que podem ser úteis para diminuir os problemas causados por execução das obras de concreto armado. Este trabalho tem ainda o intuito de levantar a aplicação do controle da qualidade no setor da construção civil e desenvolver uma sistemática para análise e melhoria das atividades, em específico na área de estruturas de concreto armado, propondo meios de implementação.

1.1.3 Objetivos específicos

- Discutir as estruturas de concreto armado fornecendo uma breve definição sobre concepção, execução e utilização;
- Definir as patologias detalhando desempenho, vida útil, durabilidade e terapia;
- Mostrar a influência do processo produtivo no controle de patologias;

- Desenvolver uma sistemática para implantação do controle da qualidade associadas às patologias em estruturas de concreto armado;
- Citar exemplos de patologias em estruturas de concreto armado;
- Aplicar a sistemática proposta numa situação real.

1.2 Justificativa do Trabalho

A principal justificativa para o trabalho proposto é estabelecer uma sistemática que possa responder à seguinte pergunta: é possível a redução de patologias de estruturas de concreto armado utilizando controle de qualidade na fase de execução?

Normalmente, a análise não é feita devido à falta de implantação do controle de qualidade em empresas de construção civil. Impõe-se então, a necessidade de se ter um adequado controle destas patologias, pois quando se conhece a origem das mesmas, é viável estabelecer-se uma correção para que estas diminuam ou até sejam eliminadas.

1.3 Metodologia

Este tópico detalha os métodos seguidos para o desenvolvimento de pesquisa e do trabalho propriamente dito.

Essa pesquisa se baseou em estudos realizados por profissionais e estudiosos da área de Engenharia Civil e Engenharia de Produção sobre os sistemas utilizados atualmente em empresas do setor da construção civil em específico em obras.

Para tanto, foram efetuadas pesquisas bibliográficas envolvendo autores nacionais com apoio da Biblioteca da Universidade Estadual de Maringá. Também se utilizou como fonte constante de pesquisa a Internet, que amplia consideravelmente o espectro de informações.

Com relação à aplicabilidade do método, compondo a parte prática da pesquisa, foram realizadas visitas em obras na cidade de Maringá em busca de uma análise mais específica no que diz respeito à utilização do método em questão. O estudo de caso exhibe, de uma maneira prática, as dificuldades ou barreiras encontradas na aplicação do Controle da Qualidade.

1.4 Limites do Trabalho

O trabalho está voltado prioritariamente à atividade da construção civil e, em específico, em estruturas de concreto armado, não pretendendo avaliar a aplicabilidade do sistema proposto à totalidade da construção civil. A sistemática proposta não foi integralmente aplicada, e as conclusões finais não poderão ser consideradas absolutas para todas as situações.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho está organizado em quatro capítulos. Inicialmente, será apresentada uma introdução, descrevendo-se a problemática do assunto proposto, bem como as justificativas e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo, será apresentado a “Revisão da Literatura” que está dividida nos seguintes tópicos:

- “Estruturas de Concreto” – será apresentado descrições sobre concepção, execução e utilização, “Causas da Deterioração das Estruturas”;
- Conceito de “Patologias” na Construção Civil – será apresentado o significado de desempenho; vida útil, durabilidade e terapia;
- “A Influência do Processo Produtivo de Patologias e na Manutenção” – definições de planejamento, projeto, materiais e execução;
- “Controle de Qualidade” – definições básicas de CQT (Controle da Qualidade Total); e Coleta de dados (Folha de Verificação para Classificação e Identificação de Defeitos) e Diagrama de Ishikawa;
- “Exemplos de Patologias em Estrutura de Concreto Armado” – terá fotos de patologias que tenham suas causas prováveis relacionadas à execução.

No terceiro capítulo, é feita a aplicação da sistemática proposta em um edifício que está em construção e será apresentado um estudo de caso sobre o controle de qualidade na execução das

estruturas de concreto armado para a redução de patologias para se obter um produto com qualidade.

E, finalizando o trabalho, o quarto capítulo conterà os as conclusões do trabalho desenvolvido, bem como propostas e sugestões para futuros trabalhos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo apresentar os fundamentos teóricos que servem de base para estruturação do trabalho. Considerando que o objetivo é desenvolver uma proposta de melhoria na qualidade das estruturas de concreto armado

Dado o objetivo que este trabalho pretende desenvolver, o presente capítulo foi estruturado em: estruturas de concreto, conceito de “patologias” na construção civil, a influência do processo produtivo de patologias e na manutenção, controle de qualidade e finalizando exemplos de patologias em estruturas de concreto armado.

2.1 Estruturas de Concreto

O crescimento acelerado da construção civil provocou a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação implícita de maiores riscos.

O surgimento de patologias em estruturas de concreto decorre geralmente de falhas em algumas das etapas percorridas para a concretização do elemento estrutural. Estas falhas são comuns em várias das etapas de projeto, execução, emprego de materiais, utilização do edifício e planejamento. Para que haja uma redução destas patologias, seria necessário um controle maior destas atividades.

Em relação à recuperação das estruturas atingidas por problemas patológicos, é fundamental a implementação imediata de terapias adequadas, visto que as patologias são evolutivas, além da economia de materiais e serviços e segurança estrutural da edificação. Com isso é necessário fazer a correta identificação e diagnóstico das verdadeiras causas e problemas (SOUZA; RIPPER, 2004).

Alguns defeitos podem ser localizados e serem considerados de pouca importância sob o ponto de vista da segurança estrutural. Outros defeitos podem estar ligados à execução deficiente numa determinada região da estrutura, sendo que os reparos devem ser efetuados de forma imediata, independente de estudos mais aprofundados. Tais defeitos mais críticos exigem um estudo da obra antes da tomada da decisão sobre as medidas a serem adotadas. Ainda os defeitos que

podem representar riscos à segurança estrutural da edificação, sendo a maioria destes manifestados através de deformações excessivas e fissuração excessiva. Para a solução destes defeitos mais críticos considera-se obrigatório à participação de um técnico especialista.

Sendo assim deve-se ficar atento às três etapas básicas da construção civil que são: concepção, execução e utilização para que os problemas patológicos não surjam. A seguir será apresentada uma breve definição destas três etapas.

2.1.1 Concepção (projeto)

Segundo Souza e Ripper (1998 *apud* LIMA; PACHA 2000), várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia. Estas falhas podem ser: elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou avaliação da resistência do solo); falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis; especificação inadequada de materiais; detalhamento insuficiente ou errado; detalhes construtivos inexecutáveis; falta de padronização das representações (convenções) e erros de dimensionamento.

2.1.2 Execução (construção)

Ainda segundo Lima; Pacha (2000), após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes, pode-se então ser iniciada a etapa de execução, cuja primeira atividade será o planejamento da obra.

Iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e, até mesmo, sabotagem.

Nas estruturas vários problemas patológicos podem surgir. Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes (normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do

engenheiro e do mestre de obras) podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde o seu fabrico até a cura.

A ocorrência de problemas patológicos cuja origem está na etapa de execução é devida, basicamente, ao processo de produção, que é em muito prejudicado por refletir, de imediato, os problemas sócio-econômicos, o qual pode provocar baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais, e mesmo do pessoal com alguma qualificação profissional.

2.1.3 Utilização (manutenção)

Conforme Souza; Ripper (2004) acabadas as etapas de concepção e de execução, e mesmo quando tais etapas tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados pela má utilização ou pela falta de um programa de manutenção adequado. Estes problemas podem ser evitados informando aos usuários as limitações da obra e as possibilidades da ocorrência destes problemas. Um exemplo de limitação que o usuário (morador) deve seguir é o caso das paredes portantes, encontradas em alvenaria estrutural e que não podem ser demolidas ou sofrerem aberturas de vãos, sem o prévio aviso ou consulta a especialistas. E ainda deve informar o usuário sobre as causas se houver carregamento excessivo; independente do tipo da estrutura, estas informações podem ser fornecidas através de um manual de utilização.

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos.

Exemplos típicos, casos em que a manutenção periódica pode evitar problemas patológicos sérios e, em alguns casos, a própria ruína da obra, são a limpeza e a impermeabilização das lajes de cobertura, marquises, piscinas elevadas e "play-grounds" que, se não forem executadas, possibilitarão a infiltração prolongada de águas de chuva e o entupimento de drenos, fatores que, além de implicarem a deterioração da estrutura, podem levá-la à ruína por excesso de carga (acumulação de água).

Há casos de problemas imprevisíveis ou acidentais, ou seja, alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas e choques acidentais.

2.2 Patologia

Conforme Helene (1992 *apud* LIMA; PACHA, 2000):

“a patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.

Para Souza; Ripper (2004), as Patologias das Estruturas é um novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

2.2.1 Desempenho

Conforme Souza; Ripper (2004), por desempenho entende-se o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção.

2.2.2 Vida útil

Para Aranha e Dal Molin (1994 *apud* LIMA; PACHA, 2000), as estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e operadas de tal forma que, sob as condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e a aparência aceitáveis durante um período de tempo, sem requerer altos custos imprevistos para manutenção e reparo.

Segundo Souza; Ripper (2004),

"por vida útil de um material entende-se o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados".

Para Andrade (1992 *apud* LIMA; PACHA, 2000),

"vida útil é aquela durante a qual a estrutura conserva todas as características mínimas de funcionalidade, resistência e aspectos externos exigíveis".

2.2.3 Durabilidade

Segundo Collepardi (1997 *apud* LIMA; PACHA, 2000):

“A durabilidade de uma estrutura de concreto armado é a capacidade da estrutura manter as suas características estruturais e funcionais originais pelo tempo de vida útil esperado, nas condições de exposição para as quais foi projetada”.

Neville (1997 *apud* LIMA; PACHA, 2000) diz que para o concreto ser considerado durável:

“É essencial que as estruturas de concreto desempenhem as funções que lhe foram atribuídas, que mantenham a resistência e a utilidade que delas se espera, durante um período de vida previsto ou, pelo menos, razoável. Portanto, o concreto deve poder suportar o processo de deterioração ao qual se supõe que venha a ser submetido”.

2.2.4 Terapia

A terapia é um estudo da correção e é a solução desses problemas patológicos. Para obter resultados satisfatórios, é necessário que o estudo precedente, o diagnóstico da questão, tenha sido bem conduzido (HELENE, 1988).

As medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem incluir pequenos reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da estrutura ou reforços de fundações, pilares, vigas e lajes. É sempre recomendável que após qualquer uma das intervenções citadas, sejam tomadas medidas de proteção da estrutura, com implantação de um programa de manutenção periódica.

2.3 O Processo Produtivo no Controle de Patologias

Para Costa Junior; Silva (2003) as decisões tomadas durante as etapas do processo produtivo na construção, e o controle de qualidade efetuado durante essas etapas estão ligadas à manutenção e aos futuros problemas patológicos que poderão ocorrer na edificação.

Devido ao aumento de manifestações patológicas que vêm ocorrendo nas edificações, busca-se cada vez mais o controle da qualidade em todo o processo construtivo. Com isso, a qualidade final do produto depende da qualidade do processo, da interação entre as fases do processo produtivo e da intensa retro-alimentação de informações, que proporcionam a melhoria contínua.

O mesmo tem ocorrido com a manutenção das edificações, aonde vêm se atribuindo aos problemas identificados as limitações do projeto, inspeção inadequada, limitações dos materiais e falta de qualidade na execução. (DUSTON; WILLIAMSON, 1999 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Em vista disto, tem-se nos itens a seguir os principais cuidados e estratégias dentro do processo construtivo visando à diminuição e o controle do aparecimento de manifestações patológicas nas edificações.

2.3.1 Planejamento

A deficiência no planejamento tático e operacional, ausência de informações e dados técnicos e econômicos de novas alternativas construtivas, ausência de ferramentas de base de dados para controle e indefinição de critérios de controle (Indicadores de qualidade e produtividade) são alguns fatores que influenciam negativamente a qualidade do produto, além de aumentarem os índices de perdas de baixa utilização de novas alternativas construtivas. (COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Para o desenvolvimento das alternativas construtivas é necessário o estabelecimento de certos parâmetros. Entre eles pode-se citar a definição do uso, a tipologia da edificação e dos materiais a serem empregados; a identificação das faixas sócio-econômicas da população a ser atendida; levantamento dos recursos locais disponíveis (matéria-prima, mão-de-obra, entre outros) e levantamento do estágio de desenvolvimento da construção.

2.3.2 Projeto

O projeto é responsável por grande parte dos problemas patológicos na construção civil. No Brasil, a realidade dos projetos, de uma forma geral, é diferente, não sendo dada à mesma importância que em outros países. Em termos de custos, esta fase contabiliza em torno 3 a 10% do custo total do empreendimento (TAN; LU, 1995 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Devido à sua importância, um grande avanço na obtenção da melhoria de qualidade da construção pode ser alcançado partindo-se de uma melhor qualidade dos projetistas. É na fase de

projeto que são tomadas as decisões de maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos.

Da mesma forma, esta etapa tem grande influência e durabilidade. Na especificação dos materiais e componentes, o projetista deve conhecer suas durabilidades, seja para avaliar se atenderão ao desempenho mínimo desejado, seja para comparar custos globais, que incluem custos de manutenção e operação, bem como a proteção da vida útil (DUSTON e WILLIAMSON, 1999 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Durante a fase de projeto, alguns fatores interferem na qualidade do produto final podendo-se citar a compatibilização de projetos. Portanto, é fundamental que os serviços de compatibilização de projetos e de seus detalhes construtivos não sejam deixados para serem resolvidos durante a construção, o que acaba exigindo a adoção de soluções paliativas ou meramente reativas.

Além da compatibilização de projetos, os próprios detalhes executivos adquirirão importância, pois através destes, a leitura e interpretação do projeto podem ser realizadas com clareza, sendo fundamental que cada projeto seja acompanhado de detalhes suficientes. A especificação de materiais, o conhecimento de normalização, a solução de interfaces projeto – obra, o projeto para a produção e a coordenação entre vários projetos também são considerados fatores importantes dentro deste contexto (FRANCO; AGOPYAN, 1993).

Sem a devida atenção a esses fatores, vários problemas podem vir a ser gerados, com, por exemplo, a baixa qualidade dos materiais específicos, a especificação de materiais incompatíveis, o detalhamento insuficiente ou equivocado, o detalhamento construtivo inexecutável, a falta de padronização e o erro de dimensionamento, o comprometimento do desempenho e a qualidade global do ambiente construído.

É essencial que os projetos estejam voltados para a fase de execução, com identificação dos pontos críticos e proposição de soluções para garantir a qualidade da edificação. No elenco de recomendações pode-se citar a simplificação da execução, a adoção de procedimentos racionalizados e as especificações dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para a execução (FRANCO; AGOPYAN, 1993; MACIEL; MELHADO, 1995).

Com relação à manutenção, o projeto também tem influência fundamental na vida útil e no próprio custo das etapas de manutenção e uso. Nele deve-se adotar uma estratégia que iniba a deterioração prematura, diminuindo, com isso, os custos de manutenção. Assim, algumas das decisões tomadas durante o projeto influenciarão a frequência de manutenção ao longo da vida útil.

Muitos pontos importantes devem ser observados com relação à manutenção de edificações. Um ponto que por consenso assume um papel importante para o aumento da durabilidade é a impermeabilização, pois a presença de água pode vir a causar a deterioração dos materiais e componentes.

O projeto de impermeabilização está diretamente relacionado ao atendimento das exigências dos usuários no que se refere a estanqueidade, higiene, durabilidade e economia da edificação, sendo de forma direta ou indireta o responsável pela ocorrência de muitos problemas patológicos (SOUZA; MELHADO, 1998).

Pode-se concluir que as medidas necessárias para garantir a vida útil são determinadas a partir da importância da edificação, das condições ambientais e, em muitos casos, da vida útil estimada para a edificação. Neste sentido, é parte integrante do projeto a indicação das medidas mínimas de inspeção e manutenção preventiva, que garantam a durabilidade de materiais e componentes da edificação e assegurem a vida útil projetada (MARTIN ENGINEERING, 1998 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

2.3.3 Materiais

Os problemas patológicos originados na falta de qualidade dos materiais e componentes, tais como a durabilidade menor que a especificada, a falta de rigor dimensional e a baixa resistência mecânica são muito comuns.

Fabricantes de materiais vêm de forma contínua melhorando e lançando novos materiais no mercado, porém a escolha destes materiais pode se tornar complicada pela deficiência de informações técnicas para orientar e subsidiar a especificação aliada à ausência ou deficiência de normalização.

Com a crescente quantidade de novos materiais no mercado, nem sempre devidamente testados e em conformidade com os requisitos e critérios de desempenho, a probabilidade de patologias também é crescente. Além desses fatores, é importante avaliar as limitações e as exigências que serão impostas pelas intempéries, o comportamento do material sob condições semelhantes à que estará sujeito; experiências que atestem a durabilidade do material e componentes; a compatibilidade com os demais materiais em contato, bem como os custos de aplicação e de prováveis serviços de manutenção (ROCHA, 1997)

Desta forma, a escolha destes materiais e as técnicas de construção devem estar em concordância com o projeto a fim de atender às necessidades dos usuários e garantir a manutenção de suas propriedades e características iniciais, sem perder de vista a edificação. É importante ressaltar que a escolha dos materiais não deve tomar por base apenas o preço, pois o baixo custo pode significar material de qualidade inferior. Além disso, esse fato se torna mais evidente devido à falta de especificação precisa dos materiais (MACIEL; MELHADO, 1995).

A incorreta aplicação dos materiais e o mau entendimento de suas características têm sido as causas de muitos problemas patológicos e de manutenção. Assim, no momento da seleção e da especificação dos materiais e componentes são necessárias informações técnicas e econômicas para que um determinado material responda de maneira aceitável a suas condições de serviço. Na seleção o conhecimento da função que o material irá desempenhar na edificação assim como a natureza do meio ambiente a que este será inserido são de grande importância (COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

É, portanto, essencial à previsão de um sistema de controle de qualidade atuando nas fases de seleção, aquisição, recebimento e aplicação dos materiais. Assim, a comprovação da conformidade com base em critérios disponíveis constitui base de ações para a garantia da qualidade dos materiais empregados.

O conhecimento das propriedades dos materiais também é de grande importância dentro desse contexto, bem como a avaliação de suas características físicas e químicas. No que se refere às propriedades deve-se ressaltar a durabilidade, pois apesar da resistência e durabilidade serem consideradas as propriedades mais importantes dos materiais de construção, a necessidade de

projetar e de construir, com durabilidade, não é considerada com a mesma ênfase e importância dada à resistência estrutural.

Além das propriedades, a compatibilidade entre os materiais é importante quando se objetiva a qualidade, pois o conhecimento técnico de cada material poderá minimizar ou impedir a deterioração (ROCHA, 1997 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Portanto, é essencial o questionamento sobre quais materiais utilizar, se os materiais terão aderência, se um material poderá mudar as propriedades do outro; quais as especificações a serem seguidas; quais os equipamentos envolvidos; quais as condições de entrega e de exposição; onde armazená-los; a quantidade de material a ser utilizada; enfim, questões que podem comprometer a qualidade do produto final e resultar em futuros problemas patológicos e de manutenção (COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

2.3.4 Execução

Estudos realizados revelam que problemas patológicos que aparecem nas edificações durante sua vida útil são originados durante a fase de produção da edificação, com maior percentual na fase de projeto no caso da Europa. No Brasil, esse percentual se dá na fase de execução (Tabela 1) daí a grande importância da implementação de um sistema de gestão da qualidade para execução de obra. (LIMA, 1990; DÓREA; SILVIA, 1999 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

Tabela 01 - Origem das patologias no Brasil e Europa

ETAPA	BRASIL(%)	EUROPA(%)
Projeto	18	43
Materiais	6	38
Execução	46	14
Uso	14	5
Outros	16	-

Fonte: (LIMA, 1990; DÓREA e SILVA, 1999 *apud* COSTA JUNIOR e SILVA, 2003).

Pode-se associar a qualidade de execução alguns fatores como a qualidade no gerenciamento da obra, no recebimento dos materiais e de equipamentos e, principalmente, da execução dos serviços propriamente dita (MACIEL; MELHADO, 1995).

Apesar da fase de construção ter influência dominante no desempenho do produto final, nota-se, no Brasil, uma grande incidência de falhas que podem gerar inúmeras patologias. Estas falhas são originadas a partir de erros de projeto, no planejamento, da especificação de materiais, entre outros, sendo também facilmente identificadas algumas falhas da própria execução. Tais falhas estão relacionadas à falta de qualificação adequada de quem executa o serviço, soluções improvisadas, atmosfera de trabalho desconfortável, pouca afinidade entre o grupo, barreiras entre a técnica e a administração, falta de tempo suficiente para a conclusão do serviço, gerenciamento deficiente e ausência de uma clara descrição do serviço a ser realizado (GROCE, 1993; OAKLAND; ALDRIDGE, 1995; DÓREA; LIBÓRIO, 1996 *apud* COSTA JUNIOR; SILVA, 2003).

É essencial que o profissional que exerce a função do controle de execução apresente uma formação teórica aliada à experiência prática, sendo importante também o treinamento de quem executa o serviço obtendo-se assim uma qualificação (PICCHI; AGOPYAN, 1993; MACIEL; MELHADO, 1995).

Muitas ações podem ser tomadas para evitar problemas futuros nas edificações, havendo necessidade de uma visão completa e profunda de todo o processo construtivo. A gestão da produção de mão-de-obra devem ser observadas também de uma forma global, inseridas em um conjunto organizado, gerido por meio de procedimentos padronizados, racionalizados e eficientes e eficazes.

Na fase de execução, a manutenção preventiva é muito dependente do controle de qualidade da mão-de-obra assim como o cumprimento das especificações de projeto. Para garantir o cumprimento de todas as prescrições referentes à execução, o controle deve abranger operações em todos os estágios de execução. Cada um dos subsistemas das edificações precisa ter procedimentos bem definidos e consolidados para o seu controle.

2.4 Causas da Deterioração das Estruturas

Quando se analisa uma estrutura de concreto que apresenta patologias é absolutamente necessário entender-se o porquê do surgimento e do desenvolvimento das patologias, buscando esclarecer as causas antes da de sua terapia. O conhecimento das origens é indispensável para que se possa

proceder aos reparos e também para que se possa garantir que depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar.

O estudo das causas responsáveis pela implantação dos diversos processos de deterioração das estruturas de concreto é complexo. Sendo classificada da seguinte forma: causas intrínsecas (inerentes às estruturas), causas extrínsecas (externas ao corpo estrutural), falhas humanas, causas naturais próprios ao material do concreto e ações externas.

Este trabalho terá enfoque sobre as patologias geradas por falhas humanas, ou seja, a inexistência da qualidade nas fases de concepção e execução.

2.4.1 Falhas intrínsecas

São causas que têm origem nos materiais e peças estruturais durante a fase de execução e/ou de utilização das obras, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas, acidentes inclusive. Estas causas são inerentes às próprias estruturas, ou seja, são entendidas por elementos físicos. Abaixo serão apresentadas as falhas ocorridas na execução, ou seja, falhas humanas (SOUZA; RIPPER, 2004).

2.4.1.1 Falhas humanas durante a construção

São falhas bastante freqüentes tendo origem, na grande maioria dos casos, m deficiência de qualificação profissional da equipe técnica, o que pode levar a estrutura a manifestar problemas patológicos significativos.

2.4.1.1.1 Deficiências na concretagem

São falhas no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar, por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além da formação de nichos do concretagem e de cavidades no concreto.

Em relação ao transporte do concreto, os principais cuidados devem centrar-se na rapidez do processo, que deve ser tal que o concreto não seque e nem perca a trabalhabilidade. O tempo de transporte não deverá provocar grandes intervalos entre uma camada de concreto e a anterior, o

que pode provocar a criação de juntas de concretagem não previstas, conduzindo à formação de superfícies sujeitas a concentração de tensões e perda de aderência.

O lançamento (colocação) do concreto nas fôrmas também é um fator muito importante que também deve ser levado em consideração. Quando o lançamento é mal feito pode ocasionar o deslocamento das armaduras.

A vibração e o adensamento do concreto são outras tarefas que, se não forem corretamente realizadas, podem levar a formação de vazios na massa (nichos e cavidades) e irregularidades na superfície (as chamadas bolhas), que comprometem o aspecto estético (o que será particularmente grave nas peças de concreto aparente) e facilitam a penetração dos agentes agressores, por aumento da porosidade superficial.

É importante também o processo de cura do concreto, que é composto por uma série de medidas que visam impedir a evaporação da água necessária e inerente ao próprio endurecimento. Depois da pega, o concreto continua a ganhar resistência, desde que não falte água para garantir a continuidade das reações de hidratação. Uma cura inadequada poderá provocar acentuada fissuração do concreto. Assim, pode-se dizer que a cura é a última de todas as operações importantes na execução de uma peça de concreto armado.

2.4.1.1.2 Inadequação de escoramentos e fôrmas

Será apresentada a seguir uma relação dos fatores que podem provocar patologias em relação às escoras e fôrmas, segundo Souza; Ripper (2004):

- a) Falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes na fôrmas antes da concretagem, o que acaba por ocasionar distorções e “embarrigamentos” natos nos elementos estruturais (o que leva à necessidade de enchimento de argamassa maiores dos que os usuais e, conseqüentemente, à sobrecarga da estrutura);
- b) Insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga da nata de cimento através das juntas e fendas próprias da madeira, com a conseqüente exposição desordenada dos agregados;

- c) Retirada prematura das fôrmas e escoramentos, o que resulta em deformações indesejáveis na estrutura e, em muitos casos, em acentuada fissuração;
- d) Remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como consequência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto.

2.4.1.1.3 Deficiências nas armaduras

Neste caso os problemas patológicos surgidos por deficiências e erros na colocação das armaduras são de diversas ordens e ocorrem com frequência muito elevada.

Segundo Souza; Ripper (2004) as deficiências mais freqüentes em relação à fase de execução são:

1. Má interpretação dos elementos de projeto o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca das armaduras de uma peça com as de outra;
2. Insuficiência de armaduras como consequência de irresponsabilidade, dolo ou incompetência, com a implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural;
3. Mau posicionamento das armaduras que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras, ou no deslocamento das barras de suas posições originais, muitas vezes motivado pelo trânsito de operários e carrinhos de mão, por cima da malha de aço, durante as operações de concretagem – o que é particularmente comum nas armaduras negativas das lajes e poderá ser crítico nos casos de balanço. O recurso a dispositivos adequados (espaçadores, pastilhas, caranguejos) é fundamental para garantir o correto posicionamento das barras da armadura;
4. Cobrimento de concreto insuficiente ou de má qualidade, o que facilita a implantação de processos de deterioração tal como corrosão das armaduras, ao propiciar acesso mais

direto dos agentes agressivos externos. Também neste caso torna-se indispensável o recurso aos espaçadores;

5. Dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares, fazendo com que o aço venha a “morder” o concreto, provocando seu fendilhamento por excesso de tensões trativas no plano ortogonal ao de dobramento;
6. Deficiências nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos, que muitas vezes só vêm a introduzir estados de sobretensão. Outra falha é a registrada com a não observância do correto comprimento de ancoragem, necessário para redução, ao mínimo, dos esforços transferidos ao concreto. Em ambos os casos, o resultado será o surgimento de quadro fissuratório que, algumas vezes, poderá trazer conseqüências bastante graves;
7. Deficiências nos sistemas de emenda que, para além daquelas já referidas para as ancoragens, podem surgir também como resultado da excessiva concentração de barras emendadas em uma mesma seção, e por utilização incorreta de métodos de emenda, especialmente quando do uso de soldas;
8. Má utilização de anticorrosivos nas barras da armadura, que são pinturas efetuadas nas barras para diminuir a possibilidade do ataque da corrosão, mas reduzem a aderência das barras de concreto.

2.4.1.2 Utilização incorreta dos materiais de construção

As falhas apresentadas nesta etapa são geradas por incompetência ou dolo, mas, neste caso, a questão é mais agravada, por se tratar de um conjunto de decisões que, normalmente, são encargo de engenheiros ou de responsáveis pela obra, enquanto na questão das armaduras a responsabilidade imediata vai para a mão-de-obra não especializada.

As causas mais comuns de utilização incorreta de materiais de construção segundo Souza; Ripper (2004) são:

- a) Utilização do concreto com fck inferior ao especificado quer no caso de encomenda errada ou de erro no fornecimento de concreto pronto, quer por erro em concreto fabricado na própria obra;
- b) Utilização de aço com características diferentes das especificadas, quer em termos de categorias quer de bitolas;
- c) Utilização de agregados reativos instaurando, desde o início, a possibilidade de geração de reações expansivas no concreto e potencializando os quadros de desagregação e fissuração do mesmo;
- d) Utilização inadequada de aditivos alterando as características do concreto, em particular as relacionadas com resistência e durabilidade;
- e) Dosagem inadequada do concreto seja por erro no cálculo da mesma seja pela utilização incorreta de agregados, do tipo de cimento ou de água.

2.4.1.3 Inexistência de controle de qualidade

Está fase será, talvez, a maior de todas as causas relacionadas com falhas humanas na construção sendo que, se existir controle de qualidade adequado, as causas citadas acima, na sua grande maioria, poderão ter reduzidas as possibilidades de virem a ocorrer. Esta questão é fundamental e de máxima importância para que a estrutura não tenha uma deterioração precoce. É importante salientar que se tenha a assistência de um engenheiro na fase de execução da obra para que o mesmo preste total obediência às normas no que diz respeito à composição e confecção do concreto, conforme descrito por Souza; Ripper (2004).

2.4.2. Causas extrínsecas

Estas causas são independentes do corpo estrutural em si, portanto, são falhas que atacam a estrutura “de fora para dentro”, ou seja, durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil desta. A seguir serão apresentadas as falhas ocorridas na parte de concepção (projeto) (SOUZA; RIPPER, 2004).

2.4.2.1 Falhas humanas durante a concepção (projeto) da estrutura

Segundo Souza; Ripper (2004), existem, em projeto estrutural, vários pontos de fundamental importância para o futuro desempenho de uma estrutura, cuja não observância implicará, certamente, em problemas de relativa gravidade.

2.4.2.1.1 Modelização estrutural inadequada

É a escolha do sistema estrutural que melhor deva interpretar uma obra, ou seja, é a análise estrutural mais adequada a cada situação, peça ou conjunto estrutural.

2.4.2.1.2 Má avaliação das cargas

Na maioria das estruturas com finalidade habitacional ou comercial a observação precisa das normas que regulam os carregamentos a serem considerados no projeto estrutural é suficiente para garantir que não haverá cargas que, durante a utilização (vida útil) da estrutura, ultrapassem as que foram consideradas quando no desenvolvimento do projeto. As cargas podem ser consideradas como:

- a) Gravitacionais: podem ser variáveis ou permanentes, sendo as permanentes as resultantes do peso próprio da estrutura, das alvenarias, dos revestimentos. As variáveis são cargas de utilização previstas, água (caixas – d'água e cisternas), veículos. Tais cargas são regulamentadas pelas normas NBR 6120, no caso de edificações residenciais, comerciais e industriais.
- b) Climáticas: são, em geral, as devidas à neve, ao vento, às correntezas e às ondas. A carga de neve, não é considerada no Brasil. As cargas de vento devem, entretanto ser consideradas, de acordo com os preceitos da NBR 6123. Estas cargas, especialmente nos casos de galpões e de edificações residenciais ou comerciais, são normalmente responsáveis pela abertura de trincas nas alvenarias e em alguns elementos estruturais.

2.4.2.1.3 Detalhamento errado ou insuficiente

Este ponto é normalmente responsável por erros sérios de execução, que podem levar a estrutura a apresentar problemas patológicos graves, com implicações diretas no comprometimento da resistência e/ou da durabilidade da construção.

As deficiências no detalhamento das armaduras ocorrem, algumas vezes, por desconhecimento do projetista, que não sabe da inconveniência de determinado detalhe, outras como consequência da utilização de desenhos elaborados em escalas inadequadas (pequenas demais), não permitindo o armador ou ao mestre-de-obras uma correta interpretação do projeto, ou ainda na maioria dos casos, por negligência, por se considerar que o desenhista é que deve resolver as questões de detalhamento, ou, ainda, que tal tarefa será de encargo do construtor. É com este modo de pensar que acontece com frequência, a repetição de erros que vão desde barras que não cabem nas fôrmas à ausência de armaduras, sempre com sérios prejuízos para o construtor ou para o proprietário.

2.4.2.1.4 Inadequação do ambiente

Neste caso é a utilização de cobrimentos insuficientes para estruturas em contato com a terra ou com a água, onde a agentes que são agressivos ao concreto armado.

2.4.2.1.5 Incorreção na interação solo-estrutura

São deficiências decorrentes de incorreções solo-estrutura, por exemplo, adoção de comprimentos insuficientes para estacas e tubulões, a não previsão de muros de arrimo, ou o mau dimensionamento dos mesmos.

2.4.2.1.6 Incorreção na consideração de juntas de dilatação

É a ausência ou má utilização de juntas de dilatação nas estruturas.

2.4.2.2 Falhas humanas na etapa durante a etapa de utilização (vida útil) da estrutura

A seguir serão citadas algumas causas que são resultados direto da atuação do homem e, em particular, dos proprietários e utilizadores, que, na grande maioria dos casos, não tem a menor

consciência dos danos que estão causando às construções e, por considerarem que as intervenções a fazer são banais, dispensam, quase sempre, a consulta a técnicos especializados.

2.4.2.2.1 Alterações estruturais

Neste item serão tratados os casos em que, sem qualquer estudo apropriado, submete-se a estrutura a alterações no seu comportamento estático e/ou resistente, como, por exemplo:

- I. Por supressão de paredes portantes (muitas vezes em alvenaria) ou de outras peças estruturais (vigas e pilares);
- II. Por aumento do número de andares em edifícios sem a devida análise dos pilares e das fundações, e mesmo da estrutura como um todo, diante das novas condições da construção;
- III. Pela abertura de furos em vigas ou lajes sem a avaliação da implicação dos mesmos.

2.4.2.2.2 Sobrecargas exageradas

Para Souza; Ripper (2004), mesmo que os projetos das estruturas tenham sido desenvolvidos com as mais corretas considerações de carga, de acordo com os dados do projeto arquitetônico e ainda com os prescritos pelas Normas em vigor, a obra durante sua vida útil, podem apresentar problemas patológicos de diversas ordens, em virtude de serem submetidas a sobrecargas superiores às de projeto. Essas situações são particularmente comuns em depósitos e instalações de novos equipamentos para ampliação da indústria, ou nos casos de mudança de propósito funcional de edifícios.

Assim pode-se perceber que estes problemas estão ligados principalmente à fase de concepção e execução do projeto; isto se deve a inexistência de qualidade nestes processos produtivos. A seguir será apresentada uma proposta de aplicação de controle de qualidade nas estruturas de concreto armado.

2.5 Controle da Qualidade

Conforme Werkema (1995), O CQT (Controle da Qualidade Total) é um sistema gerencial baseado na participação de todos os setores e de todos os empregados de uma empresa no estudo e na condução do controle da qualidade. Segundo a norma japonesa o Controle da Qualidade Total pode ser definido como “sistemas de técnicas que permitem a produção econômica de bens e serviços que satisfaçam às necessidades do consumidor”.

Segundo a definição de Ishikawa, K. (1989, 1993), “praticar um bom controle da qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”. Para atingir este objetivo, todos na empresa (diretores, gerentes, técnicos e operadores) precisam trabalhar juntos.

A inexistência de controle de qualidade provoca o surgimento de algumas patologias em estruturas de concreto armado, neste caso em específico. Isto se deve há: deficiências de concretagem, deficiências nas armaduras, as falhas humanas durante o projeto, inadequação de escoramento e fôrmas e utilização incorreta dos materiais de construção.

2.5.1 Conceitos básicos do CQT

Qualidade: Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente, ou seja, qualidade significa adequação ao uso: qualidade de projeto e qualidade de ajustamento.

Processo: Uma combinação de causas que têm como objetivo produzir um determinado efeito, o qual é denominado produto do processo.

Itens de Controle: São características mensuráveis por meio das quais um processo é gerenciado.

Itens de Verificação: São as principais causas que afetam um determinado item de controle de um processo e que podem ser medidas e controladas.

Controle de Processo:

- Estabelecimento da “Diretriz de Controle” (Planejamento da Qualidade)

- Manutenção do Nível de Controle (Manutenção de Padrões)
- Alteração da Diretriz de Controle (Melhorias)

Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action): Método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. É um método de gestão no qual se utilizam várias ferramentas para a coleta, o processamento, e a disposição das informações necessárias à condução de suas etapas. O Ciclo PDCA é composto das seguintes etapas:

- Planejamento (P): esta etapa consiste em: estabelecer metas e estabelecer o método para alcançar as metas propostas;
- Execução(D): esta etapa consiste em executar exatamente como foi previsto na etapa de planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa de verificação do processo. Na etapa de execução são essenciais a educação e o treinamento no trabalho;
- Verificação (C): a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada;
- Atuação Corretiva (A): esta etapa consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Existem duas formas de atuação possíveis: adotar como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada ou agir sobre as causas do não atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

O conceito de melhoramento contínuo implica literalmente um processo sem fim, questionando repetidamente e requestionando os trabalho detalhados de uma operação. A natureza repetida e cíclica do melhoramento contínuo é mais bem resumida pelo ciclo PDCA. O PDCA é a seqüência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar atividades. O ciclo começa no estágio P (planejar), isso envolve coletar e analisar dados de modo a formular um plano de ação que se pretende, melhore o desempenho. Uma vez que o plano de melhoramento tenha sido concordado, o próximo estágio D (fazer), este estágio é o de implementação. A seguir vem o estágio C (chechar), em que a solução nova implementada é avaliada, para ver se resultou no

melhoramento do desempenho esperado. E finalmente o estágio A (agir), durante este estágio a mudança é consolidada ou padronizada, se foi bem sucedida. O último ponto sobre o ciclo PDCA é o mais importante, o ciclo começa de novo. Somente aceitando isso numa filosofia de melhoramento contínuo é que o ciclo PDCA literalmente nunca pára (SLACK; CHAMBERS; HARLAND; HARRISON; JOHNSTON, 1997).

Quando um componente ou produto não atende as especificações, ele é considerado um produto não conforme.

- Um produto não conforme é considerado defeituoso se tem um ou mais defeitos.
- Defeitos são não conformidades que podem afetar significativamente o uso seguro e efetivo do produto.

A seguir serão apresentados alguns itens sobre os princípios básicos do Controle da Qualidade Total, aplicados à identificação das causas das patologias encontradas na construção civil e, neste caso específico, em estruturas de concreto armado.

2.5.2 Coleta de dados

Os dados representam a base para tomada de decisões confiáveis durante a análise de qualquer problema. Como todo procedimento de obtenção de dados deve ser seguido por algum tipo de ação, é importante ter bem claros quais são os objetivos da coleta de dados, já que estes objetivos indicarão as características que os dados deverão apresentar. Note que os processos de uma empresa podem gerar uma grande quantidade de dados, da qual apenas uma pequena parcela será realmente útil. Deve-se tomar cuidado para evitar coletar dados que não tenham objetivos definidos, já que neste caso a coleta de dados poderá ser cara, desnecessária e frustrante (WERKEMA, 1995).

Os principais objetivos da coleta de dados para o controle da qualidade de produtos e serviços são: desenvolvimento de novos produtos, inspeção, controle e acompanhamento de processos produtivos e melhoria de processos produtivos.

Neste caso os principais objetivos para coleta de dados são: controle e acompanhamento de processos produtivos e melhoria de processos produtivos na construção civil em específico em patologias encontradas nas estruturas de concreto armado.

2.5.2.1 Folha de verificação para classificação

Uma folha de verificação para classificação é utilizada para subdividir uma determinada característica de interesse em suas diversas categorias. Nos Quadros 01, 02 e 03 são apresentados modelos de folha de verificação para classificação de produto defeituoso, esta é utilizada na etapa observação do Ciclo PDCA para melhorar resultados. Estes modelos foram adaptados da indústria para a construção civil, com base nos modelos propostos por Werkema, 1995.

Quadro 01 - Folha para a classificação de pilares defeituosos.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA DEFEITUOSA		
ESTRUTURA:	Pilares	
LAJE:		
TOTAL INSPECIONADO:		
DATA:		
OBRA:		
INSPETOR:		
OBSERVAÇÕES:		
DEFEITO	ELEMENTOS	SUBTOTAL
Corrosão das Armaduras		
Segregações no Concreto		
Desagregações do Concreto		
Lascamento do Concreto		
Outro:		
	TOTAL	
TOTAL NÃO CONFORME		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

Quadro 02 - Folha para a classificação de vigas defeituosas.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA DEFEITUOSA		
ESTRUTURA:	Vigas	
LAJE:		
TOTAL INSPECIONADO:		
DATA:		
OBRA:		
INSPETOR:		
OBSERVAÇÕES:		
DEFEITO	ELEMENTOS	SUBTOTAL
Corrosão das Armaduras		
Segregações no Concreto		
Desagregações do Concreto		
Lascamento do Concreto		
Outro:		
	TOTAL	
TOTAL NÃO CONFORME		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

Quadro 03 - Folha para a classificação de lajes defeituosas.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA DEFEITUOSA		
ESTRUTURA:	Lajes	
LAJE:		
TOTAL INSPECIONADO:		
DATA:		
OBRA:		
INSPETOR:		
OBSERVAÇÕES:		
DEFEITO	ELEMENTOS	SUBTOTAL
Corrosão das Armaduras		
Segregações no Concreto		
Desagregações do Concreto		
Lascamento do Concreto		
Abaulamento da Laje		
Outro:		
	TOTAL	
TOTAL NÃO CONFORME		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

2.5.2.2 Folha de verificação para identificação de causas de defeitos

Uma folha de verificação para identificação de causas de defeitos é similar a folha de verificação para classificação apresentada anteriormente, com a diferença de permitir uma estratificação ainda mais ampla dos fatores que constituem o processo considerado, o que facilita a identificação das causas dos defeitos. Nos Quadros 04, 05 e 06 são apresentados modelos de folha de verificação para verificação para causa de defeito, esta folha é utilizada na etapa observação do Ciclo PDCA para melhorar resultados. Estes modelos foram adaptados da indústria para a construção civil, com base nos modelos propostos por Werkema, 1995.

Quadro 04 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em pilares.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CAUSA DE DEFEITO		
LAJE:		
ESTRUTURA:		Pilares
NOME DA OBRA:		
CÓDIGO DO PRODUTO		
OBSERVAÇÃO:		
DATA:		
PROVÁVEIS CAUSAS	FUNCIONÁRIOS	DEFEITOS
Execução		
- Vibração		
- Desforma incorreta		
- Armadura não conforme		
- Concreto não conforme		
- Cobrimento em desacordo com		
Projeto		
LEGENDA		
(1) Corrosão das Armaduras		
(2) Segregações no Concreto		
(3) Desagregações do Concreto		
(4) Lascamento do Concreto		
(5) Outros		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

Quadro 05 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em vigas.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CAUSA DE DEFEITO		
LAJE:		
ESTRUTURA:		Vigas
NOME DA OBRA:		
CÓDIGO DO PRODUTO		
OBSERVAÇÃO:		
DATA:		
PROVÁVEIS CAUSAS	FUNCIONÁRIOS	DEFEITOS
Execução		
- Vibração		
- Desforma incorreta		
- Armadura não conforme		
- Concreto não conforme		
- Cobrimento em desacordo com		
Projeto		
LEGENDA		
(1) Corrosão das Armaduras		
(2) Segregações no Concreto		
(3) Desagregações do Concreto		
(4) Lascamento do Concreto		
(5) Outros		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

Quadro 06 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em lajes.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CAUSA DE DEFEITO		
LAJE:		
ESTRUTURA:		Lajes
NOME DA OBRA:		
CÓDIGO DO PRODUTO		
OBSERVAÇÃO:		
DATA:		
PROVÁVEIS CAUSAS	FUNCIONÁRIOS	DEFEITOS
Execução		
- Vibração		
- Desforma incorreta		
- Armadura não conforme		
- Concreto não conforme		
- Cobrimento em desacordo com		
Projeto		
LEGENDA		
(1) Corrosão das Armaduras		
(2) Segregações no Concreto		
(3) Desagregações do Concreto		
(4) Lascamento do Concreto		
(5) Abaulamento da Laje		
(6) Outros		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

A seguir é apresentada uma proposta para um maior controle das folhas de verificação, com o objetivo principal de obter um resumo das folhas de verificação de estrutura defeituosa, ficando fácil e rápida a verificação das mesmas. Os resultados obtidos com as folhas de verificação podem ser utilizados para a elaboração de gráficos, onde é possível verificar o percentual de ocorrência das patologias num determinado edifício.

No Quadro 07 é apresentado um modelo de folha de verificação e na Figura 01 um exemplo de gráfico de ocorrência de patologias para a estrutura de pilares. O modelo apresentado pode ser aplicado para os outros modelos de folha de verificação apresentados neste trabalho.

Quadro 07 - Resumo das folhas de verificação para classificação de estrutura defeituosa.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA DEFEITUOSA		
ESTRUTURA:	Pilares	
LAJE:		
TOTAL INSPECIONADO:		
DATA:		
OBRA:		
INSPETOR:		
OBSERVAÇÕES:		
DEFEITO	ELEMENTOS	SUBTOTAL
Corrosão das Armaduras		5
Segregações no Concreto		9
Desagregações do Concreto		9
Lascamento do Concreto		7
Outro:		
	TOTAL	
TOTAL NÃO CONFORME		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

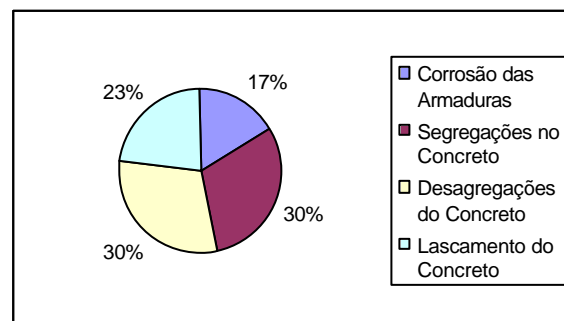


Figura 01 - Exemplo de gráfico de ocorrência das patologias.

2.5.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito, pode ser definida como uma ferramenta de qualidade muito eficiente na identificação das causas e efeitos relacionados com a maioria dos problemas detectados em uma organização.

Os diagramas de Causa e Efeito são um método particularmente efetivo de ajudar a pesquisar as raízes de problemas. Os diagramas de causa e efeito tornaram-se extensivamente usados em programas de melhoramentos (SLACK; CHAMBERS; HARLAND; HARRISON; JOHNSTON, 1997).

O procedimento para se desenhar um diagrama de causa e efeito é o seguinte:

1. Coloque o problema na caixa de “efeito” neste caso em específico é as Patologias em estruturas de concreto armado;
2. Identifique as principais categorias para causas possíveis (Causas Primárias) do problema;
3. Identifique as causas secundárias no diagrama sob cada categoria (Causas Primárias).

A Figura 02 apresenta o Diagrama de Causa e Efeito das patologias encontradas em estruturas de concreto armado. O diagrama foi desenvolvido com base nas informações descritas no início do trabalho, retiradas de SOUZA; RIPPER (2004).

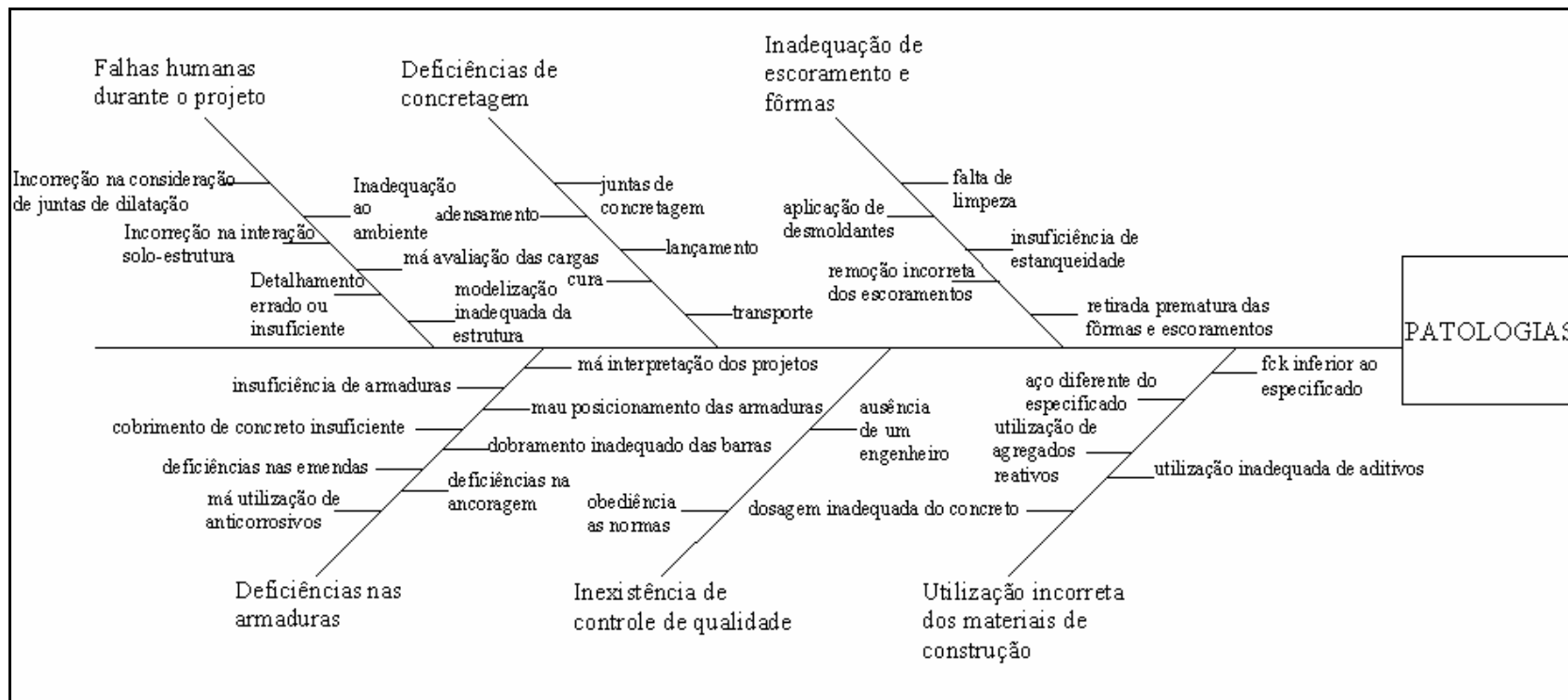


Figura 02- Diagrama de causa e efeito das patologias encontradas nas estruturas de concreto armado

2.6 Exemplos de Patologias em Estruturas de Concreto Armado

Os problemas patológicos salvam raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como se pode estimar suas prováveis consequências.

Os problemas patológicos só se manifestam após o início da execução propriamente dita, a última etapa da fase de produção. Em relação à recuperação dos problemas patológicos, Helene (1988) afirma que "as correções serão mais duráveis, mais efetiva, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas".

Esta parte do trabalho propõe mostrar alguns exemplos de patologias em estruturas de concreto armado que provavelmente venham a ter como origem, a deficiência no processo de execução.

O que se apresenta nos próximos tópicos são casos em que a execução eficiente poderia reduzir e/ou até mesmo, evitar as anomalias presentes na estrutura.

A corrosão das armaduras, as fissuras em geral e as desagregações são casos mais frequentes e que, antes mesmo de aparecerem, as estruturas já vinham sendo atingidas por outro processo de deterioração, tais como a lixiviação, a carbonatação e a expansão em geral.

2.6.1 Corrosão de armaduras na base dos pilares

Aspectos gerais

- Manchas superficiais de cor marrom-avermelhadas;
- Fissuras paralelas à armadura;
- Redução da seção da armadura;
- Descolamento do concreto.

Para Lima; Pacha, (2000) as causas prováveis são:

- Alta densidade de armaduras devido a presença de ancoragem não permitindo o cobrimento mínimo exigido;
- Cobrimento em desacordo com o projeto;
- Falta de homogeneidade do concreto;
- Perda de nata de cimento pela junta das fôrmas;
- Alta permeabilidade do concreto;
- Insuficiência de argamassa para o envolvimento total dos agregados;
- Em áreas de garagem, devido à presença de monóxido de carbono que pode contribuir para a rápida carbonatação do concreto.

Na Figura 03, pode-se observar que a alta densidade de armadura com cobrimento insuficiente provocando corrosão.



Figura 03 - Corrosão generalizada.
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).

2.6.2 Corrosão de armaduras em lajes

Aspectos gerais

- Manchas superficiais de cor marrom-avermelhadas;
- Corrosão generalizada em todas as barras da armadura;

- Redução da seção da armadura;
- Descolamento do concreto.

Para Lima; Pacha, (2000) as causas prováveis são:

- Falta de espaçadores;
- Abertura nas juntas das fôrmas, provocando a fuga de nata de cimento;
- Presença de agentes agressivos: águas salinas, atmosferas marinhas;
- Cobrimento em desacordo com o projeto;
- Concreto com alta permeabilidade e/ou elevada porosidade;
- Insuficiência de estanqueidade das fôrmas.

Nas Figuras 04, 05 e 06 podem ser mais bem observadas os aspectos citados acima.



Figura 04 - Corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras na laje.
Fonte: José R. S. Pacha, (2000).



Figura 05 - Armadura aparente.
Fonte: Carla F. Marek, (2003).



Figura 06 - Cobrimento da armadura inadequado
Fonte: <http://www.biblioteca.sebrae.com.br>

2.6.3 Corrosão de armaduras devido à presença de umidade

Aspectos gerais

- Manchas superficiais (em geral branco-avermelhadas) na superfície do concreto;
- Umidade e infiltrações;
- Percolação de água.

Causas prováveis

- Acúmulo de água e infiltrações;
- Alta permeabilidade do concreto;
- Fissuras na superfície do concreto favorecendo a entrada de água presente.
- Juntas de concretagem mal executadas;
- Presença de ninhos de concretagem.

As Figuras 07, 08, 09 e 10 mostram que há nas lajes presença de infiltração provocando corrosão e expansão da seção das armaduras. Em específico na Figura 14 pode-se perceber que apresentam infiltrações próximas as tubulações.



Figura 07 - Corrosão e expansão da seção das armaduras
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).



Figura 08 - Infiltração e presença de limo causado pela fissuração.
Fonte: Paulo Barroso Engenharia LTDA.



Figura 09 - Corrosão nas armaduras e infiltrações próximas as tubulações.
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).



Figura 10 - Corrosão nas armaduras, lixiviação do concreto provocado pela água.
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).

2.6.4 Nichos e segregações no concreto

Aspectos Gerais

- Vazios na massa de concreto;
- Agregados sem o envolvimento da argamassa;
- Concreto sem homogeneidade dos componentes.

Ainda segundo Lima; Pacha, (2000) as causas prováveis são:

- Baixa trabalhabilidade do concreto;
- Insuficiência no transporte, lançamento e adensamento do concreto;
- Alta densidade de armaduras.

Devido à alta densidade de armaduras fica-se difícil o concreto penetrar entre as armaduras. Isto pode ser melhor observado nas Figuras 11, 12 e 13.



Figura 11 - Nichos de concretagem no encontro do pilar com a viga, posteriormente preenchida com tijolo cerâmico.
Fonte: José R. S. Pacha, (2000).



Figura 12 - Nicho de concretagem na viga, originalmente encoberto por concreto que não penetrou entre a fôrma e as armaduras.
Fonte: Revista Técnica nº 8, (2000).



Figura 13 - Nicho de concretagem.
Fonte: Carla F. Marek, (2005).

2.6.5 Desagregações do concreto

Aspectos Gerais

- Agregados soltos ou de fácil remoção.

Causas Prováveis (LIMA; PACHA, (2000).

- Devido ao ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto;
- Baixa resistência do concreto.

Na Figura 14 há desagregação na base e fácil remoção de concreto provocando corrosão acentuada.



Figura 14- Pilar apresentando desagregação na sua base e conseqüentemente corrosão acentuada.

Fonte: Andrade, (1992).

2.6.6 Lascamento do concreto

Aspectos Gerais

- Descolamento de trechos isolados do concreto;
- Desplacamento de algumas partes de concreto geralmente em quinas dos elementos e em locais submetidos a fortes tensões expansivas.

Causas Prováveis (LIMA; PACHA, 2000).

- Corrosão das armaduras;
- Desfôrma rápida.

Quando a desfôrma é feita antes do prazo pode ocorrer o deslocamento de algumas partes do concreto, estas características podem ser vistas nas Figuras 15; 16 e 17.



Figura 15 - Lascamento do concreto
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).



Figura 16 - Descolamento do concreto.
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).



Figura 17 - Desplacamento do concreto
Fonte: Jefferson Maia Lima, (2000).

2.6.7 Abaulamento da laje

Aspectos Gerais

- Desnível da laje tendo com consequência empoçamento de água.

Causas Prováveis

- Erros durante a execução: escoramento ou abertura de formas durante a concretagem.

A Figura 18 apresenta estas características mostradas acima.



Figura 18 - Abaulamento da laje.
Fonte: Carla F. Marek, (2000).

3. Estudo de Caso

As estruturas de concreto armado exercem um papel de fundamental importância para a garantia da durabilidade do edifício como um todo, uma vez que tem suas principais funções. Assim, níveis mínimos de desempenho, necessários para que as estruturas de concreto armado exerçam suas funções, devem ser uma diretriz a ser seguida, seja na fase de especificação dos projetos, de concepção dos detalhes construtivos, de execução e de definição de uma metodologia de manutenção.

Porém, quando ocorre um problema patológico nestas estruturas, isto pode ser entendido como uma situação em que o edifício ou uma parte dele, em um determinado instante da sua vida útil, não apresenta o desempenho previsto. Geralmente, estes problemas são devidos a uma série de razões, pois diversos materiais, técnicas de execução e condições ambientais adversas sempre ocorrem para a realização dos empreendimentos. Entretanto, as manifestações patológicas, uma vez conhecidas e corretamente interpretadas, podem conduzir ao entendimento do problema, possibilitando resolvê-lo a partir de uma intervenção, cujo nível estará vinculado, principalmente, à relação entre desempenho estabelecido para a estrutura e o desempenho constatado.

Objetivando-se uma ação sistêmica aos problemas patológicos existentes nas estruturas de concreto armado de um Edifício localizado na cidade de Maringá, estando o mesmo ainda em execução, o presente estudo de caso apresenta, as manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto armado, as causas que possam tê-las originado.

3.1 Objetivo

Neste estudo de caso tem-se por objetivo específico, fazer uma análise das patologias ocorridas em um edifício residencial da cidade de Maringá e descobrir as suas causas principais.

3.2 Metodologia

Para elaboração deste estudo de caso foi adotada a metodologia de ação, baseada na revisão de literatura apresentada neste trabalho, objetivando melhor compreensão dos problemas patológicos

que estão ocorrendo nas estruturas de concreto armado. A metodologia utilizada será apresentada a seguir.

- Vistoria local: para constatação do problema patológico, utilizando as folhas de verificação para classificação de produto defeituoso;
- Pesquisa: nesta fase foram computados os dados a partir do levantamento de informações, utilizando as folhas de verificação para causa de defeito.
- Com base em relatórios técnicos (folha de verificação para classificação de produto defeituoso e folha de verificação para causa de defeito) foram identificadas as principais patologias ocorridas neste edifício. Procurou-se verificar suas causas e estabelecer se elas tiveram origem na fase de projeto ou de execução.

Foi feita a devida classificação e os resultados são apresentados em forma de folhas de verificação. A principal causa encontrada foi a má vibração dos elementos estruturais. Associada a falha de execução esta explicam os problemas precoces de corrosão da armadura, patologias mais freqüentemente relacionadas.

Buscando-se preservar a obra envolvida, neste trabalho a obra terá o nome de Edifício X.

A seguir serão apresentadas as etapas que compõem o estudo de caso:

- Memorial descritivo do Edifício X;
- Aplicação dos relatórios no Edifício X.

3.3 Memorial Descritivo do Edifício X

3.3.1 Características gerais

O dimensionamento das áreas são:

- Área do terreno: 1188.82 m²;

- Área total construída: 12217.34 m²;
- Área do 1º subsolo: 1046.38 m² com 32 vagas;
- Área do 2º subsob: 1038.98 m² com 36 vagas;
- Área do 3º subsolo: 1038.98 m² com 37 vagas;
- Área do 1º pavimento (térreo) (salas comerciais/estacionamento): 1050.94 m² com 7 vagas;
- Área do 2º pavimento (salas comerciais/ estacionamento): 1052.75 m² com 17 vagas no estacionamento;
- Área do 3º pavimento (lazer): 860.13 m²;
- Área do pavimento tipo: 5986.65 m², com um total de 15 pavimentos tipo.

3.3.1.1 Projeto

Composição: constituído de 120 (cento e vinte) apartamentos tipo, distribuídos em 15 pavimentos (do 4º ao 18º); salas comerciais, distribuídos no 1º pavimento (térreo) e 2º pavimento, Playground, sauna, salão de festas; salão de jogos e a central de gás no pavimento térreo; 129 vagas de garagem distribuídas em 3 subsolos mais 1º e 2º pavimento; estas demarcadas em planta, sendo uma vaga para cada apartamento. Acima do 18º pavimento está situada a casa de máquinas e a caixa d'água superior.

Os apartamentos tipos terão: 1 quarto, 1 b.w.c, 1 sala de estar, 1 cozinha, 1 sacada.

3.3.1.2 Sistemas Construtivos

Fundações: foram executados de acordo com a sondagem do terreno em sapatas moldadas no local e blocos sob tubulões, com dimensões em função das cargas fornecidas pelo cálculo estrutural e estacas de contenção lateral tipo “strauss”.

Estrutura: em concreto armado e laje maciça, com rigorosa execução de acordo com as prescrições da ABNT e obedecendo ao projeto estrutural.

Alvenaria: esta sendo utilizado tijolos cerâmicos de 6 furos com argamassa de cimento e areia nas proporções devidas e terão espessuras indicadas nas plantas de execução.

Impermeabilização: todas as áreas descobertas, varandas, jardineiras e caixas d'água, serão devidamente preparadas e impermeabilizadas com manta asfáltica de 4mm.

3.3.1.3 Equipamentos

Elevador: cada pavimento será servido por dois elevadores com capacidade e velocidade compatível com o cálculo de tráfego.

Interfone: serão instalados aparelhos de interfone em todos os apartamentos, garantindo um sistema de comunicação com a porta de acesso ao edifício.

Antena TV: será instalada tubulação para antena coletiva com pontos a sala e todos os quartos dos apartamentos com opção para ligação em TV a cabo.

Gás Canalizado: o prédio será dotado de Gás canalizado com central colocados no nível do pavimento térreo.

Portão Eletrônico: o portão da garagem terá funcionamento eletrônico com comandos à chave e rádio receptor para comando com controle remoto.

3.3.1.4 Instalações

Elétricas: serão executadas com observância aos regulamentos e aprovação da COPEL, conforme projeto elaborado de acordo com as normas técnicas brasileiras. A tubulação será toda embutida nas lajes e paredes. Cada cômodo interno terá pelo menos um ponto de luz no teto e duas tomadas, havendo também, pontos especiais de chuveiro elétrico nos banhos e duas tomadas. As áreas comuns do edifício terão pontos de iluminação dotados de luminárias e lâmpadas. Instalação de aparelhos de ar condicionado: será feita tubulação especial.

Telefônica: será executada conforme projeto devidamente aprovado pela BRASILTELECOM. As tubulações serão embutidas nas lajes e paredes. Todas as salas e quartos terão pontos para ligação de telefone.

Hidráulico: serão executados conforme elaborado de acordo com as normas técnicas brasileiras, com dimensionamento dos diâmetros das tubulações em função da demanda. As tubulações de água fria, esgoto e água pluvial em tubo PVC.

Sistema de prevenção a Incêndios: Será executado segundo as normas e projeto aprovado pelo CORPO DE BOMBEIROS com sistema de hidrantes e extintores de incêndio.

3.3.2 Disposições gerais

O prédio será entregue limpo, testado, em condições de habitabilidade com as ligações de água, esgoto, luz e telefone restando aos condôminos as complementações das ligações correspondentes para seus respectivos apartamentos.

3.4 Aplicação dos modelos no Edifício X

Na execução da obra X (ainda em construção), foram aplicadas as folhas de verificação para classificação de produto defeituoso e folhas de verificação para causa de defeito. A aplicação foi feita na 15ª laje do pavimento tipo. Sendo que o principal objetivo é descobrir as principais causas dos surgimentos destas patologias a fim de agir sobre as mesmas com intuito da diminuição ou até eliminação, para que o produto final seja com qualidade que neste caso em específico são as estruturas de concreto armado.

Nos quadros 08 e 09 são apresentados as folhas de verificação aplicados nesta obra com os resultados obtidos. Os códigos dos elementos foram retirados dos projetos de fôrmas (vigas, pilares e lajes).

Quadro 08 - Folha para a classificação de pilares defeituosos do edifício X.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURA DEFEITUOSA		
ESTRUTURA:	Pilares	
LAJE:	15º laje – pavimento tipo	
TOTAL INSPECIONADO:	47	
DATA:	16/11/2005	
OBRA:	Edifício X	
INSPETOR:	Carla	
OBSERVAÇÕES:		
DEFEITO	ELEMENTOS	SUBTOTAL
Corrosão das Armaduras	P44	1
Segregações no Concreto	P44;P22	2
Desagregações do Concreto		
Lascamento do Concreto		
Outro:		
TOTAL NÃO CONFORME	TOTAL	3

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

Quadro 09 - Folha de verificação para a identificação de causas de defeitos em pilares do edifício X.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA CAUSA DE DEFEITO		
LAJE:		
ESTRUTURA:	Pilares	
NOME DA OBRA:	Edifício X	
CÓDIGO DO PRODUTO	P1 ao P47	
OBSERVAÇÃO:		
DATA:	16/11/2005	
PROVÁVEIS CAUSAS	FUNCIONÁRIOS	DEFEITOS
Execução		
- Vibração		(1); (2)
- Desforma incorreta		
- Armadura não conforme		
- Concreto não conforme		
- Cobrimento em desacordo com		
Projeto		
LEGENDA		
(1) Corrosão das Armaduras		
(2) Segregações no Concreto		
(3) Desagregações do Concreto		
(4) Lascamento do Concreto		
(5) Outros		

Fonte: Adaptado Werkema (1995) para construção civil.

3.5 Resultados Obtidos

Analisando o quadro patológico apresentado e mais os resultados obtidos, pode-se dizer que as causas principais dos problemas patológicos são a falta de qualidade da execução das estruturas

de concreto armado. A seguir serão ilustradas nas Figuras 19 e 20 as patologias encontradas no Edifício X na 15ª laje.

- A – Corrosão das armaduras (Figura 19);
- B – Segregações no concreto (Figura 19 e 20).

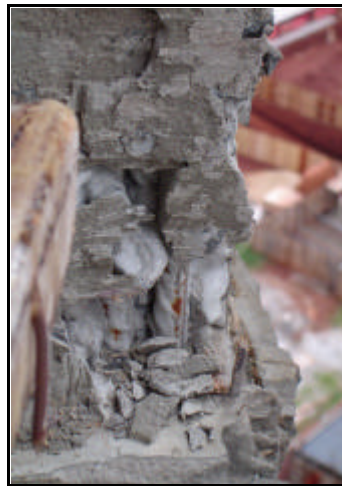


Figura 19 - Exemplo típico de nicho de concreto e corrosão de armaduras.
Fonte: Carla F. Marek (2005)



Figura 20 - Exemplo típico de nichos de concreto.
Fonte: Carla F. Marek (2005).

3.6 Conclusão

Pode-se observar que foram encontradas poucas patologias nesta obra devido à observação ter sido feita em uma laje sendo que seria necessário um tempo maior para a aplicação dos modelos já que o processo produtivo de um edifício é mais complexo, porém se adotarmos este procedimento desde o início da construção pode-se obter resultados mais satisfatórios. E considerando-se todas as etapas do processo de produção de edifícios, pode-se dizer que a maior

parte dos problemas patológicos que ocorrem tem origem nas fases de elaboração do projeto e de execução dos serviços.

Finalizando, observa-se pouca importância dada à produção com qualidade na indústria de construção civil desde a fase de projetos até a fase de execução. Este fato não é intencional, e decorre exatamente da falta de conhecimento específico.

4. CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apontadas as principais conclusões do trabalho e feitas sugestões para futuras pesquisas.

4.1 Conclusões sobre a sistemática proposta

O crescente desenvolvimento do comércio em suas atividades e em suas fronteiras esta afetando a estrutura competitiva das empresas em geral. A exposição à globalização da economia trouxe novas técnicas produtivas e acesso a novas tecnologias desenvolvendo, alterando e otimizando os processos produtivos e eliminando os desperdícios e tornando cada vez mais difícil obterem-se ganhos potenciais. Novas técnicas de trabalho estão sendo desenvolvidas na busca da agregação de valor aos produtos e clientes, criando um diferencial competitivo visto pelo mercado. O controle de qualidade vista de forma sistêmica, especialmente nas atividades industriais, é uma ferramenta de gestão que pode prover as empresas de construção civil pela necessidade.

Neste cenário, busca-se, através do controle de qualidade, agregar valor aos produtos e serviços. Este tipo de atitude operacional fez com que se buscasse um controle de qualidade que atenda as necessidades de melhorias do processo produtivo nas estruturas de concreto armado, diminuindo-se as patologias, e obtendo assim um produto com maior qualidade e conseqüentemente à redução de custos.

Foi efetuada uma busca na literatura existente de um modelo que pudesse suprir esta necessidade. Para tanto, foi necessário pesquisar os modelos de controle de qualidade aplicados em indústrias adaptando-se assim para construção civil para se obter um controle de qualidade maior em estruturas de concreto armado.

Foi percebido que o controle de qualidade é uma poderosa ferramenta para agregar valor aos produtos e serviços e criar uma fonte competitiva da empresa. Entretanto, dentro da própria metodologia, encontraram-se dificuldades de pesquisa para aplicação na área de construção civil devido esta ser de forma artesanal. Conclui-se ainda através da revisão de literatura que na maioria das vezes as patologias tem falhas na execução.

Os modelos propostos neste trabalho foram aplicados numa empresa de construção civil assim como já foram demonstrados os resultados obtidos. O objetivo principal deste trabalho foi atingido, porém a sistemática desenvolvida não atingiu resultados satisfatórios devido ao curto tempo para aplicação dos modelos propostos, uma vez que é necessário um tempo maior para se obter melhores resultados devido ao processo de construção de um edifício ser mais complexo. Sendo assim, é possível que estes modelos de controle de qualidade gerem resultados satisfatórios nas empresas de construção civil.

4.2 Sugestões para trabalho futuros

O desenvolvimento do controle de qualidade tem uma complexidade bastante forte quando analisada de forma sistêmica. As organizações têm encontrado dificuldades para implantar o controle de qualidade em especial as empresas de construção civil, devido ao fato das mesmas terem o processo produtivo artesanal. Este desafio esbarra simplesmente no conceito de se obter um produto com qualidade e como consequência diminuir os custos de retrabalho. Desta forma visando uma qualidade maior nas empresas de construção civil, a sistemática proposta poderá ser aplicada nas outras partes dos processos produtivos da construção civil. Sendo ainda, este instrumento, uma importante ferramenta para análise de outros processos de melhoria.

GLOSSÁRIO

Adensamento	No caso específico de concreto, é um processo manual ou mecânico para compactar uma mistura de concreto no estado fresco, com o intuito de eliminar vazios internos da mistura (bolhas de ar) ou facilitar a acomodação do concreto no interior das formas.
Aditivos	Substância adicionada a uma mistura de cimento, intencionalmente, com o objetivo de modificar uma ou mais características.
Aglomerado	Placa prensada, composta de serragem compactada com cola e fechada com duas lâminas de madeira.
Agregado	É o material mineral (areia, brita, etc.) ou industrial que entra na preparação do concreto.
Ancoragem	É a fixação da barra no concreto. Deve ser previsto um comprimento suficiente para que o esforço da barra seja transferido para o concreto, chamado de comprimento de ancoragem que é especificado pelo projetista.
Ante-projeto	Primeiras linhas traçadas pelo arquiteto em busca de uma idéia ou concepção para desenvolver um projeto.
Argamassa	Mistura de materiais inertes (areia) com materiais aglomerantes (cimento e/ou cal) e água, usada para unir ou revestir pedras, tijolos ou blocos, que forma conjuntos de alvenaria.
Armadura Estrutural	Conjunto de ferros que ficam dentro do concreto e dão rigidez à obra.

Cimbramento	Escoramento e fixação das fôrmas para concreto armado.
Desmoldante	Substância química utilizada para evitar a aderência do concreto à forma.
Drenagem	Escoamento de águas por meio de tubos ou valas subterrâneas, chamados de drenos.
Escora	Peça metálica ou de madeira que sustenta ou serve de trava a um elemento construtivo quando este não suporta a carga exigida.
Escoramento	Reforços executados na forma para que suporte o seu próprio peso e também do concreto fresco lançado, garantindo uma perfeita moldagem da peça concretada.
Estaca	Peça longa, geralmente de concreto armado que é cravado nos terrenos. Transmite o peso da construção para as partes mais subterrâneas e mais resistentes.
Estanque	Propriedade do sistema de vedação que não permite a entrada ou saída de líquido.
Forma	Elemento montado na obra para fundir o concreto, dando formas definitivas a vigas, pilares, lajes, etc., de concreto armado, que irão compor a estrutura da construção. Em geral, são de madeira ou de metal.
Fundação	Conjunto de estacas e sapatas responsável pela sustentação da obra.
Junta	Articulação. Linha ou fenda que separa dois elementos diferentes, mas justapostos.
Junta de dilatação	Recurso que impede rachaduras ou fendas. São régua muito finas de madeira, metal ou plástico que criam o espaço necessário para que os materiais como concreto, cimento, etc. se expandam sem danificar a superfície.

Laje	Estrutura plana e horizontal de pedra ou betão armado, apoiado em vigas e pilares, que divide os pavimentos da construção.
Muro de arrimo	Usado para contenção de terras e de pedras de encostas.
Nichos de concretagem	Falhas de concretagem que ocasionam buracos no concreto, devido, principalmente, à falta de vibração.
PH	Escala que mede o grau de acidez de diversas substâncias.
Pilar	Elemento estrutural vertical de concreto, madeira, pedra ou alvenaria. Quando é circular, recebe o nome de coluna.
Sapata	Parte mais larga e inferior da fundação.
Segregação	Mistura heterogênea. Fato que também ocorre com misturas de concreto por excesso de vibração durante o adensamento ou lançamento em alturas elevadas.
Tempo de pega	Momento em que a pasta (concreto) adquire certa consistência que a torna imprópria para o trabalho.
Trabalhabilidade	É quando se obtém boa aderência e maior rendimento na mão-de-obra, ou seja, é a propriedade que determina a facilidade com que uma mistura de concreto pode ser lançada, adensada e acabada, isto é, determina a facilidade com a qual um concreto pode ser manipulado.
Viga	Elemento estrutural de madeira, ferro ou concreto armado responsável pela sustentação das lajes. A viga transfere o peso das lajes e dos demais elementos (paredes, portas, etc.) para as colunas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. Del C. P.. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão das Armaduras**: tradução e adaptação Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: PINI, 1992.

AZEVEDO JUNIOR, H. A.. **Manual Técnico de Manutenção e Recuperação**. São Paulo: Editora FDE, 1990.

COELHO, F. C. A.. **Patologia das Construções**. Disponível em: <<http://www.noolhar.com/opovo/opiniaio/161857.html>> Acesso em: 15 abr. 2005.

FRANCO, S.F., AGOPYAN, V. **Implementação da Racionalização Construtiva na fase de Projeto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), BT/PCC/94. São Paulo: EDUSP, 1993.

HELENE, Paulo R.L.. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 1988.

JOHN, W. M.. **Corrosão de Armaduras de Concreto**. Disponível em: <<http://www.imape.com.br/artwanderley.htm>> Acesso em: 20 abr. 2005

LIMA, H.. **A geometria do Reboco**. Revista Construção. São Paulo, nº 2206, maio, 1990.

LIMA, J.M.; PACHA, J.R.S.. **Patologias das Estruturas de Concreto Armado com ênfase a Execução**. Disponível em: <<http://patologiaestrutura.vilabol.uol.com.br/>> Acesso em: 10 maio 2005.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B.. **Qualidade na Construção Civil: Fundamentos**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), TT/PCC/15. São Paulo: EDUSP, 1995.

NEVILLE, A. M.. **Propriedades do Concreto**: tradução Salvador E. Giammusso. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

PICCHI, F.; AGOPYAN, V.. **Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), BT/PCC/104. São Paulo: EDUSP, 1993.

QUEIROGA, H. S.. **Prédio Pronto. Infiltrações? Trincas? E Agora?** Disponível em: <<http://www.imape.com.br/arthelio.htm>> Acesso em: 12 março 2005.

ROCHA, C.. **Durabilidade – Palavra Bonita, mas Pouco Compreendida**. Revista recuperar. Mar / abr, nº 16.1997.

Sebastian Engineering and Investigation Services. **Construction Pathology**. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/biz/BuildingPathology>> Acesso em: 02 abr.2005

Silva, F. T.; Pimentel, R.L.; Barbosa, N. P.. **Análise de Patologias em Estruturas de Edificações da Cidade de João Pessoa**. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/2CB517887AF7BAAF03256FAC004A4A1A/\\$File/NT000A453E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/2CB517887AF7BAAF03256FAC004A4A1A/$File/NT000A453E.pdf)> Acesso em: 15 abr. 2005

SILVA, M. G.; COSTA JUNIOR, M. P.. **Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia**. Volume 6. nº4 - julho/agosto – 2003

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R.. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

SOUZA, Vicente. C.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 2004.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G.. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo: Editora PINI, 1996.

WERKEMA, M.C.C.. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. São Paulo: Editora Werkema, 1995.