

# 1

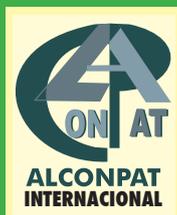
Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la  
Construcción Civil

*Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil*  
*Civil Construction Assessment*

# Boletín Técnico

*Bernardo Tutikian & Marcelo Pacheco*

Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología  
y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int.



Elaboración de:



## **PREFÁCIO**

Com o grande desenvolvimento atual dos meios de comunicação e de transporte, há efetiva possibilidade e necessidade de integração dos profissionais dos países Ibero-americanos, conscientes de que o futuro inscreve-se numa realidade social onde o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico são as ferramentas corretas a serem utilizadas em benefício da sustentabilidade e qualidade de vida de nossos povos.

É missão e objetivo da ALCONPAT (Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción) ser um forte instrumento de união, desenvolvimento e difusão dos conhecimentos gerados pela comunidade da construção civil, com foco nos materiais e na gestão da qualidade de obras em andamento, no estudo dos problemas patológicos, na manutenção, recuperação e proteção do enorme patrimônio construído e na prevenção de falhas de projeto e construção em obras novas.

Desde sua fundação no ano de 1991 em Córdoba, Argentina, os membros da ALCONPAT Internacional e de suas delegacias e entidades nacionais, vêm organizando cursos, seminários, palestras e, nos anos ímpares o tradicional e reconhecido congresso científico CONPAT, já realizado de forma itinerante em onze diferentes países da Ibero-américa.

Com o objetivo de fortalecer essa integração e valorizar ainda mais a Construção Civil desses países, a ALCONPAT instituiu, em 2011, a “Comisión Temática de Procedimientos Recomendables” sob a profícua coordenação do Prof. Dr. Bernardo Tutikian. Essa Comissão tem o objetivo de levantar temas de interesse da comunidade, buscar um especialista que se disponha a pesquisar e escrever sobre o assunto, voluntariamente, e divulgar esse conhecimento na comunidade Ibero-americana.

O conteúdo deve ser claro, objetivo, com bases científicas, atualizado e não muito extenso, fornecendo a cada leitor profissional as bases seguras sobre um tema específico de forma a permitir seu rápido aproveitamento e, quando for o caso, constituir-se num ponto de partida seguro para um desenvolvimento ainda maior daquele assunto.

O resultado dessa iniciativa agora se cristaliza na publicação de 10 textos fantásticos, em forma de fascículos seriados, cuja série completa ou coletânea se denomina “O QUE É NA CONSTRUÇÃO CIVIL?”. Se tratam de textos conceituais visando o nivelamento do conhecimento sobre as principais “palavras de ordem” que hoje permeiam o dinâmico setor da

Construção Civil, entre elas: Sustentabilidade, Qualidade, Patologia, Terapia, Profilaxia, Diagnóstico, Vida Útil, Ciclo de Vida, e outras, visando contribuir para o aprimoramento do setor da construção assim como a qualificação e o aperfeiçoamento de seus profissionais.

Por ter um cunho didático, os diferentes temas são abordados de modo coerente e conciso, apresentando as principais etapas que compõem o ciclo dos conhecimentos necessários sobre aquele assunto. Cada fascículo é independente dos demais, porém o seu conjunto constituirá um importante referencial de conceitos utilizados atualmente na construção civil.

O curto prazo disponível para essa missão, de repercussão transcendental aos países alvo, foi superado vitoriosamente e esta publicação só se tornou realidade graças à dedicação, competência, experiência acadêmica, profissionalismo, desprendimento e conhecimento do Coordenador e Autores, apaixonados por uma engenharia de qualidade.

Estes textos foram escritos exclusivamente por membros da ALCONPAT, selecionados pela sua reconhecida capacidade técnica e científica em suas respectivas áreas de atuação. Os autores possuem vivência e experiência dentro de cada tópico abordado, através de uma participação proativa, desinteressada e voluntária.

O coordenador, os autores e revisores doaram suas valiosas horas técnicas, seus conhecimentos, seus expressivos honorários e direitos autorais à ALCONPAT Internacional, em defesa de sua nobre missão. Estimou-se essa doação em mais de 500h técnicas de profissionais de alto nível, a uma média de 50h por fascículos, acrescidas de pelo menos mais 200h de coordenação, também voluntária.

Todos os recursos técnicos e uma visão sistêmica, necessários ao bom entendimento dos problemas, estão disponíveis e foram tratados com competência e objetividade, fazendo desta coletânea uma consulta obrigatória. Espera-se que esta coletânea venha a ser amplamente consultada no setor técnico-profissional e até adotada pelas Universidades Ibero-americanas. Esta coletânea é mais um esforço que a ALCONPAT Int. realiza para aprimoramento e atualização do corpo docente e discente das faculdades e universidades, assim como para evolução dos profissionais da comunidade técnica ligada ao construbusiness, valorizando indistintamente a contribuição da engenharia no desenvolvimento sustentado dos países Ibero-americanos.

Mérida - México, março de 2013

Prof. Paulo Helene  
*Presidente ALCONPAT Internacional*

Prof. Bernardo Tutikian  
*Coordenador Comisión Temática de Procedimientos Recomendables*

**Junta Directiva de ALCONPAT Internacional (bienio jan.2012/dez. 2013):**

<i>Presidencia:</i>	<i>Prof. Paulo Helene</i>
<i>Presidência de Honor:</i>	<i>Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho</i>
<i>Vicepresidente Administrativo:</i>	<i>Profa. Maria Ysabel Dikdan</i>
<i>Vicepresidente Técnico:</i>	<i>Profa. Angélica Piola Ayala</i>
<i>Secretario Ejecutivo:</i>	<i>Prof. José Manuel Mendoza Rangel</i>
<i>Director General:</i>	<i>Dr. Pedro Castro Borges</i>
<i>Gestor:</i>	<i>Ing. Enrique Crescencio Cervera Aguilar</i>

**Sede permanente ALCONPAT:**

CINVESTAV Mérida México  
<http://www.alconpat.org>  
Dr. Pedro Castro Borges

**Presidente Congreso CONPAT 2013**

Prof. Sérgio Espejo

**Comisiones Temáticas:**

<i>Publicaciones</i>	<i>Dr. Pedro Castro Borges</i>
<i>Educación</i>	<i>Prof<sup>a</sup>. Liana Arrieta de Bustillos</i>
<i>Membrecía</i>	<i>Prof. Roddy Cabezas</i>
<i>Premiación</i>	<i>Prof<sup>a</sup>. Angélica Piola Ayala</i>
<i>Procedimientos Recomendables</i>	<i>Prof. Bernardo Tutikian</i>
<i>Relaciones Interinstitucionales</i>	<i>Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho</i>
<i>Historia ALCONPAT</i>	<i>Prof. Dante Domene</i>
<i>Boletín de Noticias</i>	<i>Arq. Leonardo López</i>

**Missão da ALCONPAT Internacional:**

*ALCONPAT Internacional es una Asociación no lucrativa de profesionales dedicados a la industria de la construcción en todas sus áreas, que conjuntamente trabajan a resolver los problemas que se presentan en las estructuras desde la planeación, diseño y proyecto hasta la ejecución, construcción, mantenimiento y reparación de las mismas, promoviendo la actualización profesional y la educación como herramientas fundamentales para salvaguardar la calidad y la integridad de los servicios de sus profesionales.*

**Visão da ALCONPAT Internacional:**

*Ser la Asociación de especialistas en control de calidad y patología de la industria de la construcción con mayor representatividad gremial y prestigio profesional reconocido internacionalmente, buscando siempre el beneficio social y el óptimo aprovechamiento de los recursos humanos, materiales y económicos para la construcción de estructuras sustentables y amigables con el medio ambiente.*

**Valores de ALCONPAT Internacional:**

*Ciencia, Tecnología, Amistad y Perseverancia para el Desarrollo de América Latina.*

**Objetivos da ALCONPAT Internacional:**

*ARTÍCULO 1.2 del Estatuto. ALCONPAT se define como una asociación sin fines de lucro, cuyos fines son:*  
*a) Contribuir al desarrollo científico y técnico de toda la comunidad Latinoamericana relacionada con la construcción y sus materiales, con énfasis en la gestión de la calidad, la patología y la recuperación de las construcciones.*  
*b) Actuar como un interlocutor cualificado, tanto de la propia sociedad civil como de sus poderes públicos representativos.*  
*c) Promover el papel de la ciencia y la tecnología de la construcción y sus materiales, y contribuir a su difusión como un bien necesario que es para toda la sociedad Latinoamericana y Iberoamericana.*



As etapas iniciais dispõem um tempo relativo curto em relação à última que é a fase de uso, etapa mais longa que envolve a operação e manutenção das edificações, que, de acordo com a *ABNT NBR 15575:2013*, Norma de Desempenho, é de, no mínimo, cinquenta anos, no Brasil.

Estudos têm demonstrado que quanto mais cedo se detectar uma anomalia, mais eficiente e menos

onerosa será a intervenção. Muitos cuidados são deixados de lado quando se projeta se constrói ou se utiliza uma edificação, prejudicando a vida útil e desempenho da estrutura durante sua vida útil.

Portanto, se observa que o ciclo de vida de uma edificação consiste na etapa de produção e uso. A Fig. 2 ilustra este ponto de forma mais detalhada.



Figura 2. Ciclo de vida de uma construção (MENEGOTTI, 2002).

Ainda, de acordo com a *ABNT NBR 15575:2013*, desempenho é o comportamento que uma edificação e seus sistemas apresentam durante o seu uso, estando diretamente relacionado com a manutenção realizada na edificação, o que influi diretamente na sua vida útil. Ou seja, a vida útil pode ser prolongada com ações de manutenção, o que elevará o seu desempenho ao longo do tempo, levando-a a atingir a VUP (vida útil de projeto), conforme Fig. 3.

O sistema de manutenção deve ser elaborado de modo a garantir esse desempenho, através de manutenções preventivas periódicas, com o acompanhamento e cumprimento do planejamento, previsto no programa de manutenção preventiva. Portanto, faz-se necessário que se preserve a estrutura através de manutenções periódicas, que, conforme a *ABNT NBR 5674:2012*, manutenção significa “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional

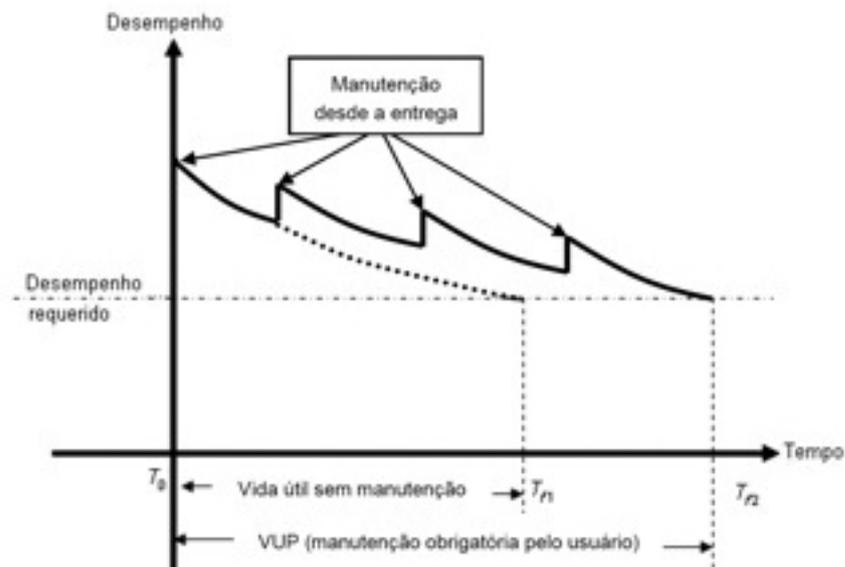


Figura 3. Desempenho ao longo do tempo (ABNT NBR 15575, 2013).

da edificação e de suas partes constituintes para atender às necessidades e segurança dos usuários”.

A manutenção de edificações é essencial e obrigatória por normas no Brasil (ABNT NBR

5674:2012), e deve ser realizada por profissional habilitado e de acordo com o sistema de manutenção, desenvolvido ainda na fase de projeto.

## 1. Problemas patológicos e manutenção

Quando uma edificação fica “doente”, ou apresenta algum problema em sua integridade, podem surgir sinais externos, sintomas, indicando que algo não está correto. Algumas vezes esses sinais externos demoram a aparecer e outras podem ser imperceptíveis à maioria dos leigos. A sintomatologia se preocupa em estudar estes sinais com o objetivo de diagnosticar aquela manifestação ou problema patológico.

Para se efetuar um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, faz-se necessário realizar, inicialmente, uma inspeção visual para se fazer uma coleta de dados, identificando todos os sintomas observados, assim como sua localização e intensidade. Muitas vezes, para um profissional experiente, a inspeção visual pode ser suficiente para se estabelecer a causa da “doença” da edificação, porém, às vezes, se faz necessária a realização de ensaios específicos e análise dos projetos para auxiliar no diagnóstico.

Após a obtenção de todos os dados possíveis sobre os sintomas apresentados pela edificação,

inicia-se a etapa de análise destes dados, onde é necessário verificar a influência de cada informação no comportamento global da construção. Para que esta etapa seja bem sucedida, além da experiência profissional, é fundamental um profundo conhecimento teórico do comportamento estrutural e dos materiais frente aos diversos agentes agressivos.

Após a conclusão da análise dos dados obtidos em campo é possível estabelecer os mecanismos que originaram o aparecimento das manifestações patológicas na edificação, ou seja, diagnosticar o problema. No entanto o profissional também deve apresentar um prognóstico, explicando as consequências que surgirão caso não sejam efetuadas as medidas corretivas para a eliminação do problema, assim como também se faz necessário indicar quais são estas medidas corretivas, contemplando a etapa da terapia a ser executada.

Na Fig. 4 tem-se uma visão expandida dos passos a serem realizados para interpretar e analisar a evidência de problemas patológicos nas edificações.

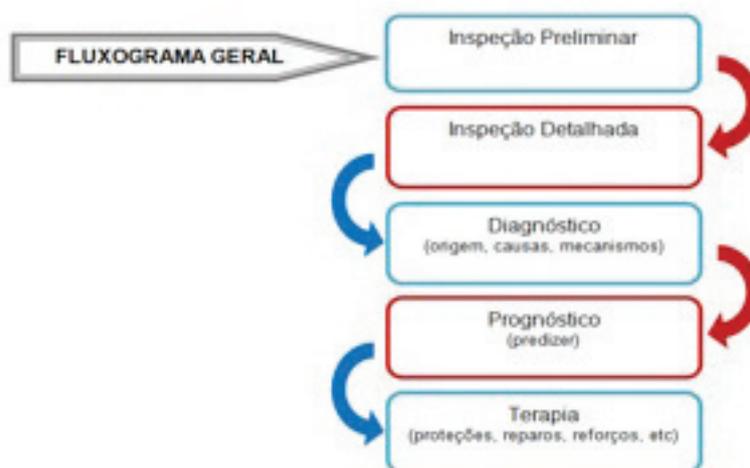


Figura 4. Fluxograma dos passos para interpretar e analisar problemas patológicos nas edificações. (Andrade, 1992).

De acordo com Wilke (2012), é importante frisar que a inspeção das estruturas é uma parte importante, mas apenas uma parte da manutenção

das edificações. As inspeções, programadas ou não, auxiliam na identificação dos problemas, porém, após, deve-se intervir no elemento danificado.

A manutenção pode ser corretiva, para recuperar determinado dano; manutenção preventiva, para manter o desempenho das estruturas; preditiva ou detectiva, que acompanha através de instrumentação o desempenho da estrutura; constituindo então a engenharia de manutenção, que é a forma mais eficiente de garantir o desempenho e vida útil das estruturas, diminuindo a possibilidade de falhas. A Fig.5 ilustra os diferentes tipos de manutenção.

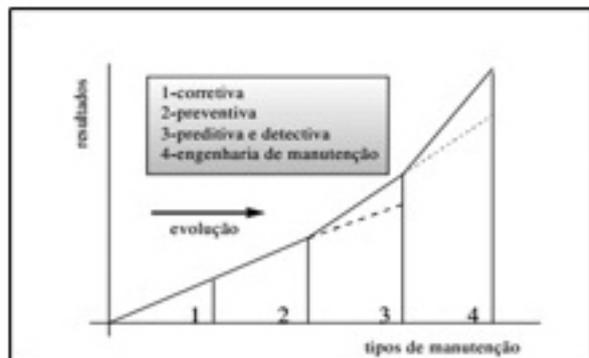


Figura 5. Tipos de manutenção (Kardec e Nascif, 2001).

Quanto mais cedo se prever determinado problema na estrutura, mais fácil e econômica será a intervenção. Esta ideia é bem representada pela Lei de Sitter, de 1984, ilustrada na Fig. 6.

Para que a enfermidade seja perfeita e completamente entendida (diagnosticada),

## 2. Inspeção

É uma atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da construção, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, de recuperação, de reforço ou de reabilitação da estrutura (Helene, 2007).

A análise e o estudo de um processo patológico deve permitir ao investigador a determinação, com rigor, da origem, do mecanismo e dos danos subsequentes, de forma que possa avaliar e concluir sobre as técnicas de recomendações mais eficazes. A denominação mais comum, para caracterizar este tipo de estudo, é a inspeção ou avaliação da estrutura.

Em termos gerais, as seguintes etapas correspondem a uma inspeção:

a) elaboração de uma ficha de antecedentes, da

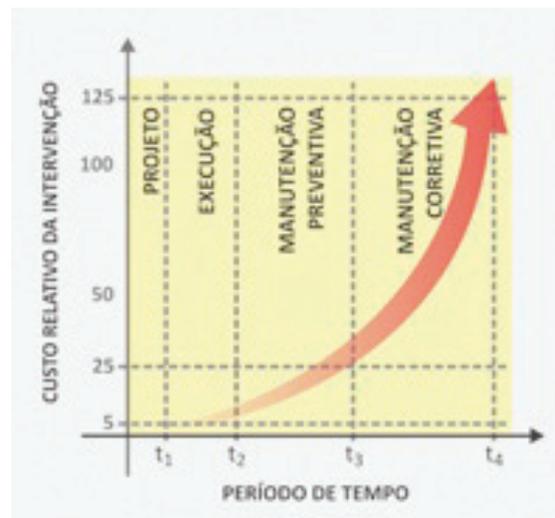


Figura 6. Lei de Sitter (1984).

é necessário que se conheça suas formas de manifestação (sintomas), os processos de surgimento (mecanismos), os agentes desencadeadores desses processos (causas) e em que etapa da vida da estrutura teve origem o problema.

No processo de reabilitação de um edifício, a inspeção e o diagnóstico são passos importantes, já que, segundo as definições e interpretações, virá a decisão da intervenção ou não na construção. Um diagnóstico preciso representa o sucesso do investimento e, claro, o início da solução do problema (Muñoz, 2001).

estrutura e do ambiente, baseado em documentação existente e visita a obra;

b) exame visual geral da estrutura;

c) levantamento dos danos;

d) seleção de regiões para a realização de ensaios, medições, análises físico-químicas no concreto, nas armaduras e no ambiente circundante;

e) seleção das técnicas de ensaio, medições, análise mais acurada, etc;

f) execução de medições, ensaios e análises físico-químico.

Dependendo do tipo de estrutura e dos problemas avaliados inicialmente, é importante que se realize uma averiguação mais detalhada na estrutura, a fim de poder realizar um diagnóstico preciso. A Fig. 7 apresenta um fluxograma das etapas de uma inspeção preliminar e detalhada.

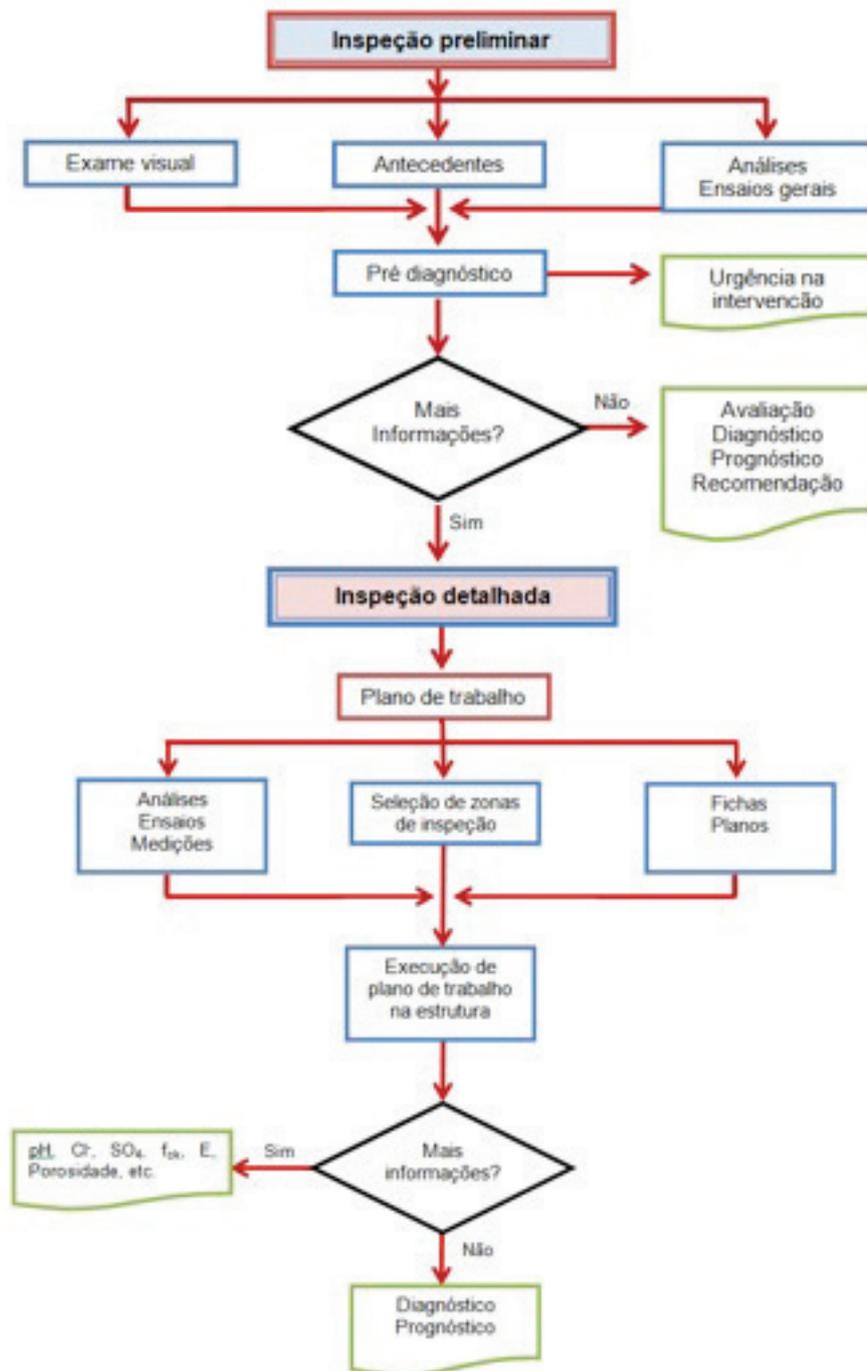


Figura 7. Fluxograma das etapas de uma inspeção preliminar e detalhada (Helene, 2007).

## 2.1 Inspeção preliminar

Com base nas informações obtidas através desta etapa, é possível determinar a natureza e origem do problema, como também de servir como base para um estudo mais detalhado. Para esta etapa recomenda-se utilizar formulários de avaliação, que poderão ser ou não os expostos neste Boletim.

**a) Ficha de avaliação de antecedentes da estrutura e do ambiente:**

- Estrutura: deve-se procurar buscar informações

sobre a estrutura, como a idade ou tempo de serviço, natureza e procedência dos materiais constituintes, resistência característica, qualidade e características de construção, idade de início dos problemas, diagnósticos e reparações anteriores, níveis de tensão de trabalho da estrutura, eventuais mudanças de uso, etc. A Fig. 8 e Fig. 9 apresentam um exemplo de formulário utilizado para avaliar uma estrutura de concreto armado.

## FICHA DE DESCRIÇÃO E ANTECEDENTES DA ESTRUTURA

## 1. Dados gerais da estrutura

## 1.1 Tipo de Estrutura

## Descrição básica dos componentes

Edificação	<input type="checkbox"/>	_____
Indústria	<input type="checkbox"/>	_____
Ponte	<input type="checkbox"/>	_____
Muro de Contenção	<input type="checkbox"/>	_____
Tanque de Armazenamento	<input type="checkbox"/>	_____
Outro _____	<input type="checkbox"/>	_____

1.2 Data de construção da estrutura: \_\_\_\_\_

1.3 Uso geral da estrutura: \_\_\_\_\_

1.4 Croquis da geometria, coordenadas, orientação e direção do vento indicando o meio de exposição:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 2. Dados específicos da estrutura

## 2.1. Propriedades dos materiais

Tipo de cimento: \_\_\_\_\_ Tipo de Água: \_\_\_\_\_

Natureza dos agregados: \_\_\_\_\_

## 2.2. Projeto de concreto:

Resistência característica à compressão: \_\_\_\_\_

Dosagem de cimento: \_\_\_\_\_ Dosagem de agregados: \_\_\_\_\_

Relação água/cimento: \_\_\_\_\_ Uso de aditivos: \_\_\_\_\_

## 2.3 Propriedades dos materiais

Na obra \_\_\_\_\_ Pré-fabricado \_\_\_\_\_

Concreto reforçado \_\_\_\_\_ Protendido \_\_\_\_\_

Tecnologia de fabricação em obra: \_\_\_\_\_

Método de compactação: \_\_\_\_\_

Método de cura: \_\_\_\_\_

Figura 8. Formulário utilizado para avaliar a estrutura de concreto (Red Durar, 1997).

**FICHA DE DESCRIÇÃO E ANTECEDENTES DA ESTRUTURA**

Página  
2

3. Histórico de Vida em Serviço da Estrutura

3.1 Data início de utilização: \_\_\_\_\_

3.2 Resistência do concreto à compressão na obra: \_\_\_\_\_

3.3 Anomalias observadas durante a construção: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3.3 Anomalias anteriormente detectadas: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3.4 Ensaios e manutenção.

Resultados da prova de carga: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Inspecões rotineiras: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Ensaios específicos: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Tipos de manutenção: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4. Reparções.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

5. Informação adicional.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ Elaborado por: \_\_\_\_\_

Figura 9. Formulário utilizado para avaliar a estrutura de concreto (Red Durar, 1997).

• Ambiente: informações que permitam caracterizar sua agressividade. É fundamental assinalar a forma de interação entre o ambiente e a estrutura afetada; neste sentido, corresponderá ao critério e experiência do avaliador e também de

ensaios simples e medidas que permitam determinar e qualificar a intensidade desta interação sobre a estrutura. Deve-se procurar, principalmente, responder aos quesitos apresentados na Fig. 10.

**Formulário 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DO MEIO**

<b>1. Agentes físico-químicos em contato com a estrutura.</b>			
<input type="checkbox"/> Atmosfera	<input type="checkbox"/> Água	<input type="checkbox"/> Solo	<input type="checkbox"/> Outro meio
<input type="checkbox"/> rural	<input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> doce <input type="checkbox"/> salobra	<input type="checkbox"/> natural	<input type="checkbox"/> alta temperatura
<input type="checkbox"/> urbana	<input type="checkbox"/> doméstica <input type="checkbox"/> potável <input type="checkbox"/> residual	<input type="checkbox"/> aterro	<input type="checkbox"/> agentes químicos
<input type="checkbox"/> marinha	<input type="checkbox"/> industrial		<input type="checkbox"/> correntes de interferência
<input type="checkbox"/> industrial			<input type="checkbox"/> atmosfera específica
<b>2. Propriedades físicas e químicas do meio</b>			
<input type="checkbox"/> Atmosfera*	<input type="checkbox"/> Água	<input type="checkbox"/> Solo	
<input type="checkbox"/> umidade relativa: _____	<input type="checkbox"/> cloretos: _____	<input type="checkbox"/> cloretos: _____	
<input type="checkbox"/> temperatura: _____	<input type="checkbox"/> sulfatos: _____	<input type="checkbox"/> sulfatos: _____	
<input type="checkbox"/> regime de ventos: _____	<input type="checkbox"/> pH: _____	<input type="checkbox"/> pH: _____	
	<input type="checkbox"/> temperatura: _____	<input type="checkbox"/> potencial redox: _____	
		<input type="checkbox"/> resistividade elétrica: _____	
		<input type="checkbox"/> umidade: _____	
		<input type="checkbox"/> nível freático: _____	
* Se for possível, obter dados meteorológicos médios			

Figura 10. Formulário utilizado para avaliar as condições do meio em que a estrutura esta exposta (Red Durar, 1997).

**b) Exame geral visual da estrutura:**

• Este processo deve permitir determinar se o problema se apresenta generalizada ou localizadamente. Deve-se realizar um exame diferenciado dos elementos, registrando os sinais aparentes de corrosão (manchas, extensão,

grau de degradação, etc.), fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), regiões de desprendimento de concreto com e sem exposição da armadura, degradação do concreto, assim como qualquer outra anomalia. A elaboração de um registro fotográfico amplo é muito importante.

## 2.2 Inspeção detalhada

Segundo *Helene (1993)*, a partir da inspeção preliminar, pode ser necessária uma averiguação mais criteriosa da estrutura. Isto vai depender da natureza das anomalias apresentadas e da experiência do analista. É recomendável que sejam abordados nesta investigação mais detalhada o que segue:

- fichas, croquis e planos de levantamento de danos;
- plano de amostras;
- tabela de tipificação dos danos;
- técnicas de ensaio/medição/analises adequadas;
- regiões onde deverão ser realizados ensaios;
- planificação de materiais e equipamentos.

Segundo *Andrade e Andrea (2001)*, uma vez conhecida a estrutura, através da inspeção e ensaios deve-se destacar as manifestações patológicas com o objetivo de orientar as causas e origem dos problemas. Como exemplo:

- diferenciar as regiões com distintas exigências estruturais e mecânicas;
- identificar as características originais da estrutura;
- diferenciar as distintas regiões submetidas a distintos meios agressivos;
- estabelecer os graus de deterioração da estrutura ou seus elementos.

Deve-se também selecionar:

- técnicas e regiões de ensaio, medições e analises;
- plano de utilização de materiais e equipamentos;
- plano de execução da inspeção detalhada.

Caso a estrutura em análise seja de concreto armado, podem ser realizados os seguintes ensaios:

### a) no concreto:

- resistividade;
- avaliação da dureza superficial da estrutura, através da esclerometria;
- determinação da velocidade de propagação da onda de ultrassom;
- profundidade de carbonatação;
- penetração de cloretos;
- resistência à compressão;
- porosidade.

### b) na armadura:

- localização e espessura de cobrimento, através da pacometria;
- perda de diâmetro e seu limite elástico;
- medição de potenciais de corrosão;
- medição da velocidade de corrosão.

Na Fig. 11 pode-se verificar a realização de uma inspeção em uma estrutura de concreto armado com o uso de ensaio não destrutivo.



Figura 11. Ensaios não destrutivos para inspecionar a estrutura – ultrassom (Fonte: Lorenzi et al., 2012).

No final de uma inspeção detalhada devem ser disponibilizados todos os dados necessários à caracterização dos danos existentes, de forma a realizar um diagnóstico sobre o estado da estrutura, bem como prever o seu comportamento futuro

(*Helene, 1993*).

Poderá ser necessária a realização de uma observação estrutural, por um determinado período de tempo, não só para a aquisição de informações úteis, quando ocorrem fenômenos evolutivos de

danos, mas também durante a realização de uma reabilitação estrutural.

É importante salientar que para garantir a

estabilidade da edificação é necessária a realização de inspeções periódicas, no intuito de interromper qualquer processo de degradação constatado.

### 3. Diagnóstico

Dá-se o nome de diagnóstico do problema patológico, todo o processo de entendimento e explicação científica dos fenômenos ocorridos e seus respectivos desenvolvimentos de uma construção onde ocorrem manifestações patológicas.

Os sintomas possuem dinamismo, isto é, o diagnóstico de um problema patológico não pode ser algo imediatista, mas sim, uma análise que

entenda e leve em consideração todo o processo de evolução do caso, pois, assim como o aspecto de uma manifestação pode ser de uma maneira durante uma fase, em outro período pode encontrar-se completamente diferente.

A Fig. 12 apresenta um esboço das etapas e da importância de um diagnóstico nas estruturas com manifestações patológicas.



Figura 12. Esboço das etapas e da importância de um diagnóstico nas estruturas com manifestações patológicas.

Na realidade, nunca há a certeza, mas sim uma redução no número de dúvidas. Haverá, portanto, sempre um grau de incerteza no diagnóstico, cuja eficácia, só poderá ser confirmada pela resposta satisfatória da estrutura ao tratamento prescrito. Observa-se que, ainda assim, a incerteza poderá persistir, visto que, existem enfermidades diferentes que podem ser tratadas com o mesmo

“remédio”, e vice-versa (LAPA, 2008).

Salienta-se que os dados devem ser colhidos ordenadamente, até que seja possível realizar o diagnóstico. A colheita desordenada e excessiva de dados pode criar dificuldades e, até mesmo, desviar o patologista do caminho certo. A etapa de inspeção é crucial para a formulação de um bom parecer técnico da estrutura.

### 3.1 Processo de elaboração

O processo de elaboração de um diagnóstico tem início a partir do momento em que se iniciam os estudos referentes ao caso e análise objetiva do entendimento completo de um quadro geral de fenômenos e manifestações dinâmicas.

Nesta fase, é realizada uma interpretação de cada subsídio levantando, compondo progressivamente um quadro cronológico de entendimento de como a estrutura funciona, como foi construída, como

tem reagido aos agentes agressivos, como e porque surgiram os problemas, etc. Todos estes dados geram orientações e direcionamentos para a procura de informações.

O patologista pode aplicar noções probabilísticas para a formulação do diagnóstico, almejando obter probabilidades de ocorrência de cada hipótese formulada com base no quadro de sintomas por ele conhecido.

## 4. Prognóstico

Depois de estabelecido o diagnóstico da enfermidade em questão, passa-se para a definição da conduta a ser seguida, isto é, a escolha da medida adotada para o caso. Porém, antes que se tome qualquer atitude, é necessário que seja feito um levantamento das hipóteses de evolução do problema, isto é, o prognóstico do caso.

Para a elaboração do prognóstico, o técnico irá analisar e estudar o problema, baseando-se em determinados parâmetros, ao longo do tempo, para a obtenção de possíveis alternativas de desenvolvimento da falha. Alguns parâmetros a serem considerados são:

- quadro de evolução natural do problema;
- condições de exposição a que a edificação se encontra;
- tipo de terreno em que esta localizada;
- tipologia do problema.

Este estudo é importante, não só para casos simples de diagnósticos e reparos evidentes, mas, principalmente, para problemas complexos, difíceis de serem solucionados, pois, em diversos casos, percebe-se que a possibilidade de resolução é praticamente remota, devendo-se desenvolver medidas apenas de controle da situação, isto é, para que não venha a piorar.

Em algumas situações, através do prognóstico, percebe-se que a intervenção não será um procedimento satisfatório e/ou com custo benefício considerável, pois a evolução desfavorável do caso é um fator inevitável, constituindo-se um prognóstico pessimista.

Na Fig. 13 apresenta-se um exemplo de diagnóstico e prognóstico da parte inferior de uma laje em concreto armado.

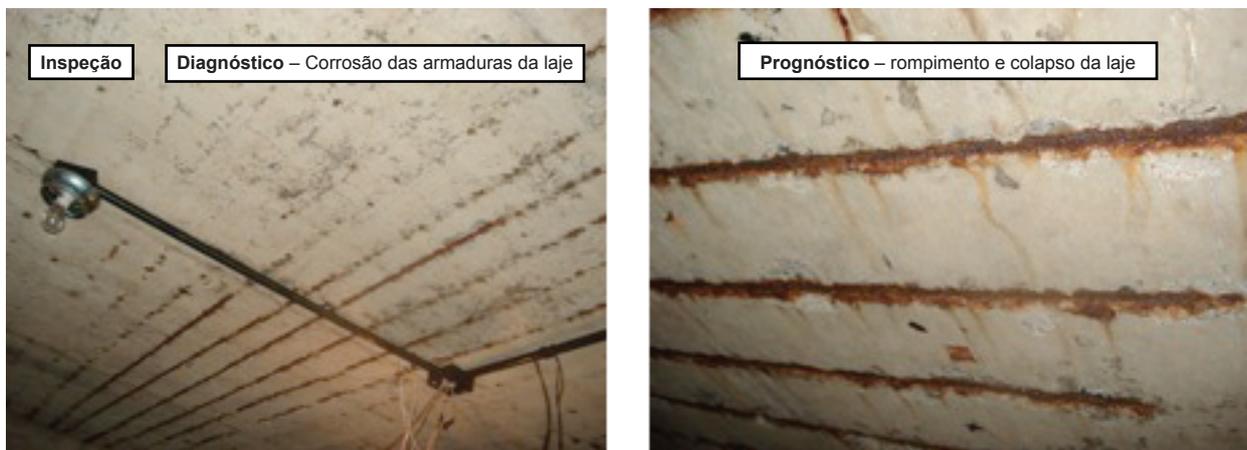


Figura 13. Exemplo de diagnóstico e prognóstico da parte inferior de uma laje em concreto armado (Acervo de Bernardo Tutikian).

Estabelecido o prognóstico, parte-se para a tomada de decisão sobre o que fazer, analisando-se

as possíveis alternativas de intervenção frente aos problemas patológicos.

Esta fase exigirá do profissional tamanha sensibilidade e criatividade, além de vasto conhecimento no assunto.

A Fig. 14 mostra uma situação em que os problemas patológicos foram evoluindo com o

passar do tempo até que a edificação ficasse sem condições de uso. Certamente, uma inspeção adequada, seguida de um diagnóstico eficiente e um prognóstico correto, possivelmente evitaria este dano, caso a recuperação fosse executada.



Figura 14. Deterioração de edificação em Havana, Cuba (*Acervo de Diego Schneider*).

Em função do prognóstico, o especialista define o objetivo da intervenção, que poderá ser:

- erradicar a enfermidade;
- impedir ou controlar sua evolução;
- não intervir.

## 5. Considerações finais

As edificações são constituídas de materiais que, expostos às condições do ambiente e em serviço, envelhecem e se deterioram, devendo, portanto, serem restauradas e mantidas em condições de funcionamento, a fim de conservar o seu desempenho dentro dos níveis requeridos.

A realização de inspeções periódicas com a finalidade de subsidiar as atividades de manutenção certamente possibilitará uma melhor estratégia de ação, evitando que muitos dos problemas que ocorrem nas estruturas tenham seus efeitos intensificados a ponto de comprometer as condições de funcionamento e a durabilidade.

E, no caso da não intervenção, por algum motivo, o patologista deve estimar o tempo de vida da estrutura, limitar sua utilização e, quando necessário, indicar a demolição, sendo que esta é deve ser a última alternativa.

Primeiramente é necessário examinar as estruturas e descobrir os problemas que podem afetar o seu desempenho. Depois disso é necessário avaliar as conseqüências destes problemas no desempenho da estrutura e determinar a curva de degradação provável. A terceira fase envolve a seleção da melhor alternativa de intervenção para resolver o problema, priorizando intervenções se necessário. Finalmente, é necessário preparar um programa de intervenções para resolver os problemas, inclusive projetos, de acordo com as prioridades estabelecidas.

## 6. Referências Bibliográficas

Andrade, C. & Andrea, R. **La resistividad eléctrica como parámetro de control del hormigón y de su durabilidad.** Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, **Patología y Recuperación de la Construcción**

– Alconpat. **Volumen 1, número 2**, mayo-agosto 2011, p. 93-101.

Andrade, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras.** Antonio

- Carmona & Paulo Helene (Trad.). São Paulo, PINI, 1992. 105 p. ISBN 85-7266-040-2.
- ABNT. NBR 5674: **Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT. NBR 15575: **Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.
- Canovas, M.F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**, 1a ed., Editora Pini, São Paulo, 1988, 522p. ISBN 85-7266-080-1.
- Carmo, P.O. e Ziegler, L.F. **Inspeção e Manutenção de Estruturas de Concreto Armado: Uso de Ensaio Não Destrutivos**. XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, 2003.
- Helene, Paulo. **Contribuição ao estudo da corrosão em estruturas de concreto armado**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993. Tese de livre docência.
- Helene, Paulo & Pereira, Fernanda (Ed.). **Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto**. Bogotá, Colombia, SIKA, 2007. 600 p. ISBN 85-60457-00-3
- Kardec, Alan & Nascif, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. ISBN 85-7303-323-1.
- Lapa, J.S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia da UFMG. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- Lichtenstein, N. B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. São Paulo. 191p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.
- Lorenzi, A.; Caetano, L.; Campagnolo, J.; Pinto da Silva Filho, L. **Analysing two different data processing strategies for monitoring concrete structures using ultrasonic pulse velocity**. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – Alconpat. Volumen 2, número 3, septiembre-diciembre 2012, p. 193-205.
- Menegotti, M. **Proposta de padronização de inspeção para redução de riscos e aumento da vida útil de estruturas de concreto**. São Leopoldo, UNISINOS, Programa de Engenharia Civil, 2013.
- Muñoz, A. H. **Evaluación de patologías en estructuras de concreto**. 21 p. In: Seminario Evaluación y Diagnóstico de Las Estructuras en Concreto. Bogotá, Noviembre de 2001.
- Moreira, A. J. **Técnicas de Diagnóstico e Inspeção em Estruturas**. Departamento de Engenharia. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, Portugal, Setembro de 2004.
- Red Durar, Cytel D. **Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado**. Ibero-America, Cytel, Red Durar, Red Temática XV.B **Durabilidad de la Armadura**, Abril 1997. 205 p. ISBN 980-296-541-3.
- Red Rehabilitar, Cytel. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. Cytel, Red Rehabilitar. Red Temática XV.B **Rehabilitación de las Estructuras**, 2003. Patrocínio de Degussa Brasil, 718 p. ISBN 85-9037-072-0.
- Wilke, Tânia. **Sistema de Gestão de manutenção: elaboração de um modelo de programa de manutenção preventiva**. São Leopoldo, UNISINOS, Programa de Engenharia Civil, 2012.

# Boletins Técnicos Alconpat

**BT 01 – Bernardo Tutikian e Marcelo Pacheco**

Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil

*Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil*  
*Civil Construction Assessment*

**Boletim técnico 02 – Raúl Husni**

Reparación y Refuerzo

*Reparo e Reforço*  
*Repair and Strengthening*

**Boletim técnico 03 – Antônio Carmona Filho e Thomas Carmona**

Grietas en Estructuras de Hormigón

*Fisuração nas Estruturas de Concreto*  
*Cracking in Concrete Structures*

**BT 04 – Fernando Branco, Pedro Paulo e Mário Garrido**

Vida Útil en la Construcción Civil

*Vida Útil na Construção Civil*  
*Service Life in Civil Construction*

**BT 05 – Gilberto Nery**

Monitoreo en la Construcción Civil

*Monitoração na Construção Civil*  
*Monitoring in Civil Construction*

**BT 06 – Enio Pazini Figueiredo e Gibson Meira**

Corrosión de armadura de estructuras de hormigón

*Corrosão das armaduras das estruturas de concreto*  
*Reinforcement corrosion of concrete structures*

**BT 07 – Alicia Mimbacas**

Sostenibilidad en la Construcción

*Sustentabilidade na Construção*  
*Construction Sustainability*

**BT 08 – Paulo Helene e Salomon Levy**

Curado del Hormigón

*Cura do Concreto*  
*Concrete Curing*

**BT 09 – Paulo Helene e Jéssika Pacheco**

Controle da Resistência do Concreto

*Control de la Resistencia del Hormigón*  
*Conformity control for compressive strength*

**BT 10 – Hênio Tinoco**

Responsabilidad Social en Construcción

*Responsabilidade Social na Construção Civil*  
*Social Responsibility in Civil Construction*

Patrocínio de: