

INFORME CHC

PROCEDIMENTOS RECOMENDADOS ÀS INSPEÇÕES DE ESTRUTURAS ANTIGAS EM CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO

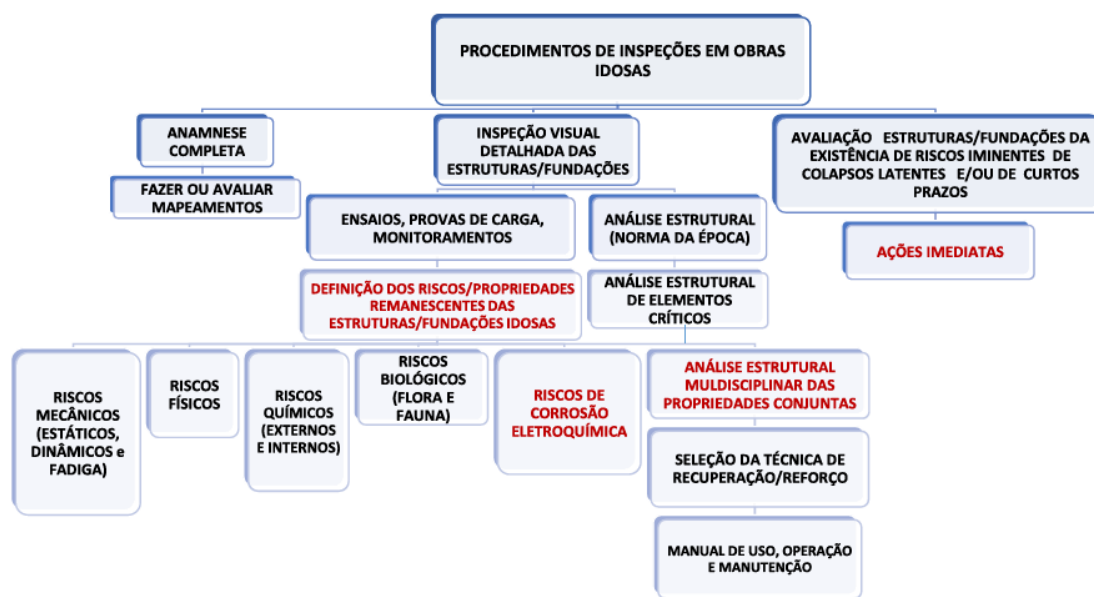
1ª etapa do E-book

TABELAS SUGESTIVAS DA *ANAMNESE, DA INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DAS ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES e DAS AVALIAÇÕES DOS RISCOS DE COLAPSOS LATENTES IMINENTES*



Eng. Civil Carlos Henrique de Carvalho
Prof. Dr. Aposentado UFS/IFS

Iniciando, efetivamente, a partir desta primeira etapa, o **MANUAL DE PROCEDIMENTOS RECOMENDADOS ÀS INSPEÇÕES DE ESTRUTURAS ANTIGAS DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDAS**, conforme **Detalhamento do Fluxograma de Inspeções** da Fig.1.



FONTE: AUTOR (CHC)

Fig. 1 - DETALHAMENTO DO FLUXOGRAMA DE INSPEÇÕES

Os **Procedimentos de Inspeções em Obras Idosas**, Fig.1, apresentam as três etapas iniciais no escopo do Fluxograma Global que são: **Anamnese Completa, Inspeção Visual detalhada das Estruturas e Fundações bem como da Avaliação da existência de Riscos iminentes de colapsos.** A seguir serão sugeridos alguns procedimentos em cada dessas etapas.

1. ANAMNESE COMPLETA

O Fluxograma da Fig.1 apresenta essa etapa como:

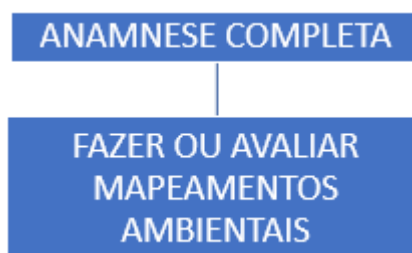


Fig.1. Anamnese Completa

Essa fase de pesquisar o histórico da estrutura (**ANAMNESE**) auxilia

sobremaneira as etapas seguintes, inclusive nas decisões finais das intervenções.

Toma-se como exemplo recente a decisão do **NIST - National Institute of Standards and Technology (EUA)**, de adicionar novos especialistas à Equipe Nacional de Segurança da Construção (NCST) que investiga o colapso parcial de 24 de junho de 2021 do prédio no condomínio residencial **Champlain Towers South em Surfside, Flórida**. Foi adicionada um equipe de **Ciências Sociais** no Projeto de Preservação de Evidências que conduzirá entrevistas com moradores, socorristas, familiares e outros com conhecimentos das condições dos edifícios colapsados bem como eventos dos próprios colapsos.

Segundo o líder da equipe, o objetivo colimado dos trabalhos dos cientistas sociais será o de apoiar o trabalho técnico, ajudando a refinar ou refutar hipóteses desenvolvidas pela equipe da engenharia, ou, talvez, colocar novas pistas. Afirmou Ganapati, líder da equipe: *“ouvir uma variedade de pessoas que têm diferentes perspectivas, memórias do evento e do edifício ao longo do tempo pode ajudar a preencher quaisquer lacunas em nossa compreensão que as medições quantitativas não podem preencher”*. Isso faz parte da **ANAMNESE**, etapa inicial do processo de Inspeção.

Segue-se uma sugestão, **TABELA 1**, de pontos importantes a serem considerados nessa etapa de **ANAMNESE em ESTRUTURA ANTIGA**.

TABELA 1 - SUGESTÕES À ANAMNESE	
OBSERVAÇÕES	
1. Requer cognições e habilidades nas interpretações dos acervos técnicos e informações sobre Projetos Estruturais e de Fundações. 2. Requer cognições e habilidades nas interpretações do desempenho estrutural durante o uso, inclusive de Recuperações e/ou Reforços. 3. Incluir, durante a ANAMNESE, a participação de Engenheiro Estrutural e de Fundações nas devidas fases pertinentes à coleta de informações mais precisas e sistêmicas. 4. Efeitos do meio ambiente	
SUGESTÕES	OBSERVAÇÕES
Época ou Ano de construção.	
Construtor ou Construtora, históricos e conceitos construtivos. Pesquisar histórico técnico da empresa Construtora no empreendimento objeto da Inspeção e/ou do Engenheiro Civil, Gestor da Produção.	
Se possível, entrevistar o Empreendedor, Construtor, Mestre, Engenheiro da obra etc...	
Estudos dos Projetos Arquitetônicos, Projetos Estruturais, de Fundações, Reservatórios, Fossas e Filtros, incluindo-se proximidades às Fundações, Memórias de Cálculos, Análises de detalhes construtivos de armaduras e componentes estruturais,	

Análises das Interfaces das Estruturas e Fundações com os Projetos das Instalações domiciliares , inclusive dos reservatórios enterrados, fossas e filtros. Normas Técnicas da ABNT usadas.	
Verificações geométricas de componentes estruturais, à luz das normas da ABNT da época, principalmente nos locais com manifestações patológicas visíveis e acentuadas, bem como sua compatibilização com os projetos.	
Calculista Estrutural e de Fundações – se possível, entrevistá-los. Pesquisar acervo de obras equivalentes, histórico de desempenho estrutural na vida útil e histórico das recuperações/reforços quando autores.	
Pesquisar a cultura metodológica construtiva adotada na época	
Não conformidades entre o que foi projetado e o efetivamente executado.	
Seleção e especificações incorretas de materiais e técnicas construtivas.	
Informações das características do solo do terreno (sondagens, lençol freático, variações nas alturas do lençol nas estações do ano, contaminantes do lençol, profundidades de assentamento das fundações diretas, indiretas ou reforços de solos , presença e profundidade de solos moles, expansíveis e colapsíveis etc., presença de taludes, proximidades de rios, presença de ascensão capilar nos pilares do subsolo ou semi-enterrados etc. Poços existentes.	
Sistemas e processos construtivos das estruturas, fundações e interfaces com alvenarias, fachadas, mezaninos, instalações e histórico das recuperações e/ou reforços, bem como a cultura metodológica construtiva praticada na época.	
Tipos e Fontes dos materiais usados [cimento, areia (se arenosos ou areias naturais), britas tijolos, argamassas], tipos dos aços.	
Registros de Controles de Qualidade dos concretos e aços.	
Registros de Controles de Qualidade de demais materiais usados.	
Informações existentes sobre o macroclima da região, microclima de componentes com danos visíveis , informações do lençol freático sobre níveis de variações, históricos de alagamentos térreos e/ou de subsolos , históricos de assoreamentos do solo no subleito face os alagamentos, da execução de drenagens ou sistemas urbanos de esgotos nos passeios ou vizinhanças das proximidades, inclusive caixas profundas de bombeamentos de esgotos, históricos de contaminações dos solos e/ou águas dos reservatórios enterrados, quantidade e proximidades de poços existentes ou que existiam no condomínio ou vizinhanças etc.	
Inadequação da estrutura ao ambiente.	

Alterações das condições do contexto envolvente do edifício não prevista em projeto.	
Existência de reservatórios enterrados, fossas e filtros próximos as fundações, inclusive distâncias e profundidades relativas, existência de sistemas de esgotos cerâmicos ou metálicos enterrados nas proximidades de fundações e suas profundidades relativas.	
Análises e Informações sobre os desempenhos das interfaces com demais projetos executivos (estrutural, fundações e domiciliares) ao longo do tempo de uso, inclusive das interfaces com as vizinhanças	
Existência e Estudos dos DIÁRIO de OBRA, CONTRATOS, HABITE-SE etc.	
Existência de outros acervos técnicos do tipo Notificações de Órgãos Públicos e/ou Entidades profissionais.	
Entrevistas com moradores, proprietários mais antigos do prédio sobre o histórico do desempenho da obra até o momento e de manifestações patológicas ocorridas, incluindo-se histórico de recalques, empenos de portas, fissurações, destacamentos de materiais, corrosões, reações álcalis-agregados, etc. Entrevistas com Síndicos.	
Sistema viário da época de construção, pavimentos adjacentes e RN escolhido .	
Verificar o tipo de sistema de esgoto doméstico (fossa séptica, filtro, sumidouro, existência de sistema de tratamento químico obrigatório antes das entradas das fossas) que existia e/ou existe ainda, sua proximidade às fundações, existências de palmeiras ou plantas vegetais sobre os componentes desses sistemas , mudanças de sistemas, exemplo da ligação com novos sistemas de esgotos urbanos mais recentes na região.	
Se possível, comparar desempenho estrutural de obras equivalentes da mesma época.	
Histórico da existência permanente ou não de agentes biológicos vegetais ou animais sobre as estruturas e fundações	
Histórico de retrofits e/ou transformações parciais levadas a efeito até o momento para aumentos de cargas, mudanças de finalidades, adaptações de ambientes etc.	
Histórico das recuperações/reforços levados a efeito junto às empresas especializadas ou síndicos , se possível.	
Existência de Manual de uso, operação e manutenção , sua abrangência interdisciplinar (engenharia civil + engenharia de materiais), sua aplicação e metodologia de gestão da manutenção praticada.	
Histórico e periodicidade das Inspeções, monitoramentos e ensaios realizados nas estruturas, fachadas, alvenarias,	

revestimentos de pisos e paredes, instalações domiciliares, cobertura, fundações e demais subsistemas construtivos.	
No caso da existência de edificações vizinhanças estruturais equivalentes , coletar as épocas construtivas respectivas, tipologias estruturais adotadas e tipos de fundações.	
Avaliar o desempenho, até a data da inspeção, e se a tipologia estrutural adotada na edificação foi adequada diante das agressões ambientais microclimáticas e da gestão de manutenção praticada.	

Durante a fase da **ANAMNESE** deve-se pesquisar a existência de **MAPEAMENTOS DE AGENTES AGRESSIVOS (cloretos, sulfatos, ácidos, CO₂ etc.)** do macro clima regional. Geralmente, são encontrados em Trabalhos de Conclusão de Cursos (TCCs), Dissertações de Mestrados e Teses de Doutorados de universidades públicas.

Salienta-se que esses **Mapeamentos Ambientais** demandam um período mínimo de avaliação de um ano completo, face necessidade imperiosa de serem coletadas as condições meteorológicas em termos de concentrações químicas dos agentes, velocidades e direções dos ventos, bem como as rajadas, umidade, temperatura etc., em todas as estações climáticas. Temperaturas mais altas aumentam a velocidade das reações químicas, já que facilitam a mobilidade e a penetração de íons e moléculas no interior do concreto armado. De acordo com o **Comité Euro-International du Béton (CEB, 1992)**, o aumento da temperatura em 10 Cº causa uma **duplicação da taxa de reação e da velocidade das reações químicas**, a exceção desse aumento é as reações provocadas por sulfato, o qual diminui com o aumento da temperatura. A **Fig. 2.2 do CEB-1992 (antigo Comitê Europeu de Beton)** ilustra a influência da temperatura nas reações.

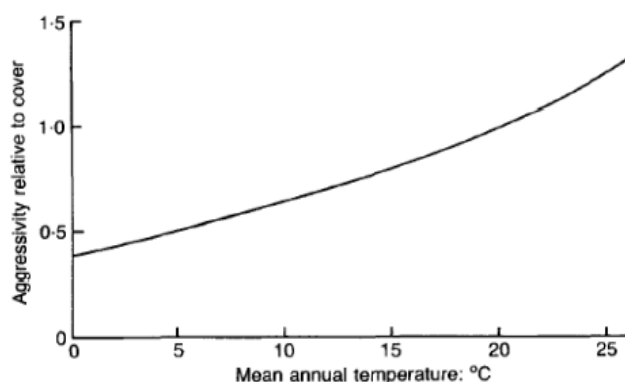


Figura 2.2 – Influência da temperatura na agressividade ambiental relativa ao cobrimento (CEB, 1992).

As reações químicas se aceleram com o aumento da temperatura. **Considera-se que um aumento de 10°C na temperatura dobra-se a velocidade da reação química. Portanto, nossos climas tropicais são mais agressivos que outros amenos.**

A umidade relativa ocasiona uma variação de umidade no interior do concreto, fazendo com que este tenha uma umidade maior que a do exterior face sua porosidade, uma vez que, de forma geral, **o processo de absorção da água pelo concreto é mais rápido que o processo de saída da água.**

Com as informações coletadas dos macroclimas nesses Mapeamentos Ambientais regionais, criam-se condições para análises dos microclimas nas superfícies de componentes estruturais expostos. No caso do concreto armado **TRÊS PRINCIPAIS PROVOCADORES DE DANOS** são: **O DIÓXIDO DE CARBONO E OS CLORETOS**, que causam a remoção de toda a película passiva, promovendo a corrosão, respectivamente, generalizada e por pites; **OS ÁCIDOS**, OS QUAIS AGEM DISSOLVENDO OS PRODUTOS DE HIDRATAÇÃO DO CIMENTO, OS SULFATOS E OS ÁLCALIS. Ciclos de umedecimento e secagem afetam a durabilidade.

A pressão atmosférica e o regime de ventos têm incidência sobre a durabilidade contribuindo para o processo de degradação via erosão de partículas arrastadas pelos ventos.

NA HIPÓTESE DA INEXISTÊNCIA DE MAPEAMENTOS AMBIENTAIS NA REGIÃO da estrutura idosa em análise, dificulta-se, sobremaneira, os trabalhos de inspeção, mas essa é uma regra predominante na nossa capital sergipana que só possui um mapeamento localizado na região sul de Aracaju/Se, com sete estações próximas à orla marítima, devidamente pesquisadas através de um **TCC – Trabalho de Conclusão de Curso. ALTERNATIVAS DE INFORMAÇÕES DEVEM SER PESQUISADAS VISANDO-SE UM MÍNIMO CONHECIMENTO DE AGRESSÕES QUÍMICAS NO AR ATMOSFÉRICO DA REGIÃO, TAIS COMO:**

- **VERIFICAR NAS VIZINHANÇAS MAIS ANTIGAS OS DANOS MAIS FREQUENTES NAS SUPERFÍCIES DE COMPONENTES ESTRUTURAIS, INCLUSIVE PROCESSOS DE RECUPERAÇÕES LEVADOS A EFEITO;**

- **PESQUISAR A DURABILIDADE MÉDIA DE COMPONENTES METÁLICOS DAS SUPERFÍCIES, INCLUSIVE GRADES METÁLICAS, ESQUADRIAS, POSTES E SEUS TRANSFORMADORES, UTENSÍLIOS METÁLICOS DOMÉSTICOS, ETC**

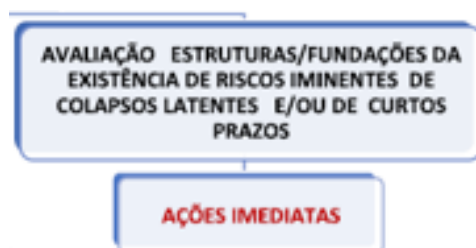
- **VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE AMBIENTES INDUSTRIAIS NAS REDONDEZAS;**

- **DENSIDADE DE TRÁFEGO URBANO AO LONGO DO SISTEMA VIÁRIO DA ESTRUTURA;**

- **OPINIÕES DE MORADORES MAIS ANTIGOS SOBRE OS PROBLEMAS ATMOSFÉRICOS MAIS FREQUENTES, ENTRE OUTROS.**

BASICAMENTE, os focos colimados seriam de DETECTAR PRESENÇAS DE CLORETOS, CO₂, SULFATOS E EVENTUAIS ÁCIDOS NO AR ATMOSFÉRICO DESCONHECENDO SUAS CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS.

2. AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES DA EXISTÊNCIA DE RISCOS IMINENTES DE COLAPSOS LATENTES E/OU DE CURTOS PRAZOS



A avaliação da **EXISTÊNCIA DE RISCOS IMINENTES OU DE CURTOS PRAZOS VISÍVEIS E/OU LATENTES** torna-se fundamental no início dos trabalhos de inspeção, **face a necessidade de algumas ações imediatas tais como:**

- desocupar de imediato o edifício e, paralelamente, tomar as medidas de segurança estrutural requerida;
- recomendar ações imediatas que poderão incluir: a. instalação de escoramentos temporários; b. restrições de acesso ao prédio; c. instalações de invólucros de proteções etc...;
- para, se, a qualquer momento durante uma inspeção, descobrir um perigo iminente que colocaria em risco a segurança do público ou condôminos;
- comunicar imediatamente à alguém que tenha autoridade ou responsabilidade de tomar medidas apropriadas, bem como autoridade com jurisdição sobre a estrutura que está sendo inspecionada.

Exemplos emblemáticos recentes aconteceram face áreas críticas subestimadas durante a inspeção visual, salientando-se o caso do **Condomínio Residencial CHAMPLAIN TOWERS SOUTH na Flórida em 2021, onde a corrosão latente nos capitéis embutidos da laje plana do deck próximo á piscina foi um dos gatilhos principais** à tragédia, face ter deflagrado as condições para o **colapso progressivo seguinte nos prédios vinculados.**

Outros acidentes emblemáticos foram: o desabamento da marquise do Batistão após uma Perícia liberando a área à ocupação; o colapso de degraus da Fonte Nova/Salvador/Ba após Recuperações e da Ponte de Pedra Branca em Laranjeiras/Sergipe.

Seguem-se sugestões através da **TABELA 2**, sobre pontos importantes a serem considerados nessa etapa de **AVALIAÇÃO DE RISCOS IMINENTES.**

TABELA 2 -AVALIAÇÃO DE RISCOS IMINENTES ou de CURTOS PRAZOS NAS ESTRUTURAS e FUNDAÇÕES

PRINCÍPIOS

- Deverá, de imediato, identificar a existência de **RISCOS IMINENTES** e proceder ações de segurança imediatas. **São os membros suspeitos de serem susceptíveis às falhas repentinas.** Nesses casos, testes de carga não são recomendados porque colocariam em risco a segurança da estrutura e das pessoas que realizariam os testes.
- **Todas as perturbações visuais, deteriorações e danos existentes em componentes estruturais deverão ser localizados através de uma inspeção visual minuciosa desses elementos considerados críticos.** Exemplos de “ perturbações visuais face evidências de falhas” são: fissuras, fragmentação, esmagamento, sinais de fluência em pilares, deflexões ou rotações de tal magnitude e extensão que sejam consideradas excessivas, na opinião de um Engenheiro Estruturalista qualificado, e não compatíveis com os requisitos de segurança da estrutura.
- Identificar **ÁREAS CRÍTICAS** das **ESTRUTURAS e FUNDAÇÕES** no início da Inspeção.
- Torna-se imperiosa a coparticipação nas inspeções das áreas críticas de Eng.de Corrosão agregado ao Engenheiro Estruturalista. A hipótese do Eng. Civil Estruturalista com especialização na Corrosão Eletroquímica nos concretos seria outra opção viável.
- **Essa avaliação preliminar às Inspeções não pretende ser uma análise abrangente do edifício ou obra d’arte, no entanto, uma Análise Numérica Preliminar torna-se necessária e sensata na verificação e adequação dos elementos críticos.** Esses cálculos geralmente utilizam métodos aproximados e devem concentrar-se nas áreas ou nos elementos suspeitos do edifício para determinar se as condições identificadas são motivo de preocupação. Esses cálculos podem identificar a necessidade de ação imediata, investigação adicional ou fornecer satisfação de que um determinado elemento é estruturalmente adequado.

COMPONENTES e DETALHES ESTRUTURAIS COM POTENCIAIS CRÍTICOS PARA ANÁLISES INICIAIS

BALANÇOS; MARQUISES; TRANSIÇÕES DE CARGAS EM VIGAS; TRANSIÇÕES DE CARGAS EM LAJES; CAPITÉIS EMBUTIDOS EM LAJES PLANAS OU NERVURADAS, COMUNS E/OU PROTENDIDAS; NERVURAS DE CONCRETO ARMADO E/OU PROTENDIDAS EM LAJES NERVURADAS; PILARES SOB CAPITÉIS; ANCORAGENS DE COMPONENTES PROTENDIDOS NÃO ADERENTES; PEÇAS PROTENDIDAS; PILARES TRACIONADOS PROTENDIDOS; PILARES ESBELTOS; FUROS EM CAPITÉIS FACE PASSAGENS DE INSTALAÇÕES DOMICILIARES; PILARES DENTRO DE ÁGUA; PILARES ESBELTOS; VÃOS GRANDES DE VIGAS; PILARES DO SUBSOLO; PILARES DE SEMIENTERRADOS COM ASCENSÃO CAPILAR; PILARES SUJEITOS À FLEXÃO BIAXIAL OU FLEXÃO EM TORNO DO EIXO MENOR; PILARES INCLINADOS; CONSOLOS; JUNTAS ESTRUTURAIS; TAMPAS DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA ENTERRADOS; TAMPAS DE FOSSAS E FILTROS; BLOCOS DE FUNDAÇÕES E/OU SAPATAS E PILARES DE FUNDAÇÕES

(POPULARES PESCOÇOS), INCLUSIVE BALDRAMES, NAS REGIÕES PRÓXIMAS DE FOSSAS, FILTROS E RESERVATÓRIOS; INTERFACES DAS ESTRUTURAS E ALVENARIAS; INTERFACES DAS ESTRUTURAS E PEÇAS DE MADEIRAS ESTRUTURAIS EMBUTIDAS; CABOS E ANCORAGENS ESTAIADOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO; ETC. Proceder análises estruturais simultâneas com as influências dos agentes agressivos presentes visando-se o ELU.	
PROCEDIMENTOS RECOMENDADOS	
NA HIPÓTESE DA EXISTÊNCIA DE CORROSÃO EM ÁREAS CRÍTICAS, DEVERÁ SER PROCEDIDA UMA ANÁLISE SIMPLIFICADA E/OU DETALHADA DO GRAU DE RISCO ESTRUTURAL. <i>Jamais se deverá prescindir dessa multidisciplinaridade, principalmente em estruturas idosas.</i>	
- Avaliar o nível de agressividade de produtos que podem acelerar a deterioração de elementos estruturais críticos, principalmente em áreas industriais e de concentração de cloretos. Exemplos da influência das concentrações de cloretos nas ferragens negativas das marquises, nos pilares protendidos e nos estais de pontes entre outros. - Durante a inspeção de tais estruturas críticas, os engenheiros estruturais devem ser minuciosos na identificação dos primeiros sinais de deterioração e considerar seriamente a recomendação de uma investigação estrutural completa para verificar a integridade estrutural do componente e sua influência na estabilidade do conjunto, bem como a necessidade de reforço ou recuperação. - Observações de quaisquer sinais relevantes de defeitos estruturais, danos, deformação ou deterioração, por exemplo: rachaduras, deflexão excessiva, falha de conexão, instabilidade, recalques de fundação, deformações em pisos, inclinações, fragmentação do concreto, corrosão do aço. As possíveis causas, extensões e gravidade de quaisquer defeitos estruturais devem ser avaliadas no seu grau de risco. Exemplos de regiões de transpasses de pilares nos subsolos (presença de umidade ascendente, vazios face dificuldades de adensamentos, densidade de armaduras, falta de cobrimentos adequados etc. Fotos a seguir ilustram algumas observações em pilares de edifícios idosos.	

Umidade ascensional do lençol freático em pilares do subsolo



Vazios detectado pelo ultrassom em pilares do subsolo



Pilar corroído na região térrea dos transpasses



Pilar com corrosão generalizada



- Nas estruturas antigas sujeitas às ações frequentes alternadas como o caso de pontes, a resistência à fadiga dos aços é inferior a dos aços atuais face número de ciclos de cargas atuantes e muitas das vezes em ambientes agressivos. Torna-se necessários avaliar o risco de fadiga mecânica em ambientes agressivos.

- A verificação da geometria e das dimensões dos membros, por medição em campo, deve ser feita para todos os membros críticos.

Os membros são suspeitos de serem suscetíveis a falhas repentinas. Nesse caso, um teste de carga colocaria em risco a segurança da estrutura e das pessoas que realizam o teste. A falha por compressão (como colunas ou arcos), cisalhamento ou ancoragem geralmente é repentina.

Escopo de uma **INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DAS ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES**

O fluxograma parcial seguinte, retirado do **Fluxograma Total**, ilustra o escopo sugerido na fase da Inspeção Visual detalhada.



Fluxograma Parcial

Segue-se uma sugestão, Tabela 3, de pontos importantes a serem considerados nessa etapa de **INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DAS ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES**.

TABELA 3 - INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DAS ESTRUTURAS/FUNDAÇÕES
ESTADO DA SUPERESTRUTURA E FUNDAÇÕES DO EDIFÍCIO
PRINCÍPIOS NA INSPEÇÃO
- Tratam-se de INSPEÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E/OU PROTENDIDAS IDOSAS EXISTENTES VISANDO-SE AVALIAR SUAS ATUAIS PROPRIEDADES MECÂNICAS (ESTÁTICAS, DINÂMICAS, FADIGA), FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS, ELETROQUÍMICAS, AMBIENTAIS (INTEMPERISMO) E VIDA ÚTIL REMANESCENTE. Procura-se conhecer a condição existente da estrutura para obter uma avaliação confiável da sua capacidade estrutural disponível e subsidiar ações adequadas de recuperações e/ou reforços. - A INSPEÇÃO ESTRUTURAL DEVE TER COMO FOCOS OS ELU (ESTADO LIMITE ÚLTIMO), ELS (ESTADO LIMITE DE SERVIÇO) E ELD (ESTADO LIMITE DE DURABILIDADE) DOS SEUS COMPONENTES. Estado Limite é definido, (Nowok & Collins, 2000), como a fronteira entre o desempenho desejado e indesejado nas estruturas; A durabilidade é um conceito de desempenho material e não é uma propriedade material intrínseca; um concreto que é durável em um ambiente pode não ser durável em outro. A durabilidade está associada à deterioração do concreto durante a vida útil pretendida da estrutura. Cada vez mais, os proprietários estão exigindo que os projetistas e contratados forneçam garantia de uma vida útil pré-definida e sem reparos das estruturas de concreto. - Quando uma área de preocupação é identificada, uma análise estrutural pode ser necessária para quantificar o nível de adequação estrutural de um membro, parte do edifício ou edifício como um todo. Critérios de projeto com cargas estáticas, dinâmicas e climáticas devem ser consideradas. Portanto, as análises estruturais levadas a efeito (analíticas e numéricas) dos componentes estruturais deverão contemplar as propriedades resistentes e incômodos sensoriais (ELU e ELS), bem como a resistência aos agentes agressivos ambientais (ELD);

- **Para a realização das análises estruturais serão consideradas a geometria existente da estrutura atual bem como as ações e condições de apoios capazes de reproduzir adequadamente a estrutura dominante.** Os tipos de análises poderão ser linear, não linear e plástica. É frequente, na maioria dos Engenheiros Inspectores Estruturais Qualificados, a consideração de que os componentes estruturais têm comportamento elástico linear, muito embora isso não seja estritamente verdadeiro no concreto armado. **A alternativa pela análise não-linear não é frequente, face demandar cognições e habilidades especiais dos Engenheiros Inspectores Estruturais Qualificados não encontradas na sua maioria, e a opção elástica-linear fornece uma estimativa razoável para os efeitos das cargas mais significativas; (ACI...**
- **Caberá ao Engenheiro Inspetor Estrutural Qualificado a decisão do tipo de avaliação a ser realizada, se, exclusivamente, por métodos analíticos ou combinação de métodos inclusive testes de carga locais. Independentemente do método de avaliação, é essencial que a avaliação inclua todas as manifestações patológicas detectadas na inspeção visual.** Todas as suposições necessárias para conduzir a análise estrutural teórica devem fornecer um valor limite inferior conservador para a capacidade segura de suporte de carga da estrutura;
- O peso próprio da estrutura deve ser estimado usando as dimensões medidas no campo e com densidades do material através de amostras analisadas. As dimensões obtidas exclusivamente a partir de projeto original devem ser usadas com cautela, porque podem existir diferenças entre o projetado e o realizado. Podem existir diferenças entre densidades no local devido variações nos teores de umidade constituintes dos materiais ou outros motivos;
- A magnitude das cargas permanentes sobrepostas (peso de todos os materiais incorporados no edifício excluído o peso próprio) pode ser estimada realizando-se um levantamento em campo no edifício. Deve-se considerar as cargas permanentes sobrepostas que podem não estar presentes no momento da inspeção, mas podem ter sido aplicadas ao longo da vida útil da estrutura em análise;
- As cargas móveis de projeto constantes das normas devem ser usadas como carga móvel mínima na avaliação estrutural. As estimativas de cargas móveis devem ser obtidas através de levantamentos em campo ou medições de cargas em outros edifícios com ocupações semelhantes;
- Na avaliação de coberturas devem ser consideradas as cargas que resultam do acúmulo de águas pluviais face deflexões de membros ou drenagens inadequadas;
- Deve-se avaliar o mapeamento de eventuais fissuras na laje de cobertura e outros componentes descobertos face falhas nas avaliações higrotérmicas nessas lajes. Grandes seções de concreto não respondem rapidamente às mudanças bruscas higrotérmicas ambientais como seções mais finas;
- **Variações na temperatura dentro de um edifício devem ser consideradas. Exemplos de áreas onde o aquecimento ou resfriamento é desligado durante um período significativo ou falta de isolamentos adequados (exemplo de câmaras frigoríficas);**
- **Os efeitos da Fluência e Retração a longo prazo são considerações importantes nas avaliações dos elementos de concreto armado.** Em componentes de uma estrutura de concreto as tensões internas podem resultar da retração ou expansão restringidas bem como da fluência a longo prazo. Essas tensões, quando combinado com outras tensões, podem ser significativas. Exemplo ilustrativo de pilares carregados onde as tensões nas suas armaduras podem aumentar a longo prazo face fluência natural do material concreto (ACI...);
- **Verificar a hipótese da existência de Recalques do solo, variações do lençol frático e pressões hidrostáticas;**
- A estabilidade de estruturas construídas em declives devem ser avaliada face desequilíbrio nas pressões do solo e movimentos de taludes;

- Na hipótese da estrutura em análise tiver sido exposta ao fogo, deve-se avaliar o efeito que o calor causou na resistência da estrutura através das alterações volumétrica de elementos ou via ensaios petrográficos em amostras do concreto e aço nas regiões atingidas;
- As avaliações devem abordar as características únicas da estrutura em questão e as preocupações específicas que surgirem relativamente às suas integridade e estabilidade estruturais. Geralmente, a avaliação consistirá em:
 - Definir as condições existentes do edifício, incluindo-se: 1. Rever a informação disponível; 2. Realização de uma pesquisa das condições atuais; 3. Determinar a causa e a taxa de progressão de anomalias existentes; 4. Realização de análises estruturais e de estabilidade preliminares; 5. Determinar o grau de intervenções que se procederá após as avaliações; 6. Selecionar os elementos estruturais que necessitam de avaliação detalhada; 7. Avaliar as condições ambientais e de carregamento passadas, presentes e futuras às quais a estrutura esteve e estará exposta sob uso previsto; 8. Avaliação dos resultados; 9. Preparar um relatório abrangente incluindo a descrição do procedimento e as conclusões de todas as etapas anteriores.
- Todas as áreas de deterioração e desgaste nos elementos estruturais do edifício devem ser identificadas, inspecionadas e registradas quanto ao tipo, localização e grau de risco. Os procedimentos para realizar pesquisas de condições estão descritos em normas nacionais e estrangeiras, tais como ABNT, ACI, ASTM, FIB, Eurocode, etc.
- **O Engenheiro Inspetor Estrutural Qualificado decide quais informações serão necessárias para determinar as condições existentes dos elementos estruturais do edifício e/ou obra d'arte idosa que está sendo inspecionada;**
- Identificação dos riscos de instabilidade estrutural na edificação e de componentes, face estado de degradação acentuado de algum componente estrutural, mesmo não crítico, exemplo de pilares com processo de corrosão acentuado nas armaduras potencializando risco de flambagem ou pilares esbeltos degradados;
- O Engenheiro Inspetor Estrutural Qualificado deverá elencar os tipos, localizações e interpretações dos ensaios não destrutivos, semidestrutivos e destrutivos nos componentes estruturais, bem como dos Testes de Cargas, Monitoramentos e dos Ensaios Petrográficos de Caracterização dos Materiais componentes;
- Todas as anomalias visuais, deteriorações e danos existentes na estrutura deverão ser localizados através de uma inspeção visual minuciosa detalhada dos componentes estruturais críticos e representativos do edifício;
- **Deve-se analisar eventuais efeitos das interfaces com componentes das diversas instalações domiciliares, principalmente aquelas que geram o risco de vazamentos de água, esgotos e vibrações nas estruturas. Sabe-se que a umidade é dos piores agentes causadores da corrosão;**
- Aberturas exploratórias podem ser necessárias para verificar condições construtivas latentes, obter mais informações sobre causas de danos, aplicações de ensaios, etc. Normalmente as aberturas são pequenas de forma a minimizar o seu efeito no desempenho do componente estrutural em análise. Na hipótese da necessidade imperiosa de grandes aberturas exploratórias, remoção ou substituição de partes poderá ser exigido a instalação de dispositivos temporários de escoramento;
- A determinação dos nexos causais das manifestações patológicas dos componentes e/ou estrutura devem ser esclarecidos durante o processo de avaliação. Também se considera importante considerar se as condições seriam generalizadas ou particularizadas;
- Deve-se avaliar, também, as consequências dos danos além das causas das deteriorações. Sabe-se que a maior parte das deteriorações progridem e pioram com o tempo, além da

hipótese de poder resultar em uma condição instável ou insegura;

- **DOS CONCRETO PRÉ-TENSIONADOS OU PÓS-TENSIONADOS.** A avaliação in situ de cabos não aderentes e aderentes em um componente estrutural é tecnicamente desafiadora. O teste eletroquímico de potencial de meia célula usado para detectar áreas de corrosão ativa em concreto armado passivados é ineficaz, pois os tendões são eletricamente isolados por bainhas de plástico ou envoltórios de papel. **DEVEM SER IDENTIFICADOS COMPONENTES (PILARES, VIGAS E LAJES) EM CONCRETO PRÉ-TENSIONADOS OU PÓS-TENSIONADOS, ADERENTES OU NÃO ADERENTES E PROGRAMADOS OS ENSAIOS MAIS ADEQUADOS PARA VERIFICAR EVENTUAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS LATENTES NOS TENDÕES, PRINCIPALMENTE CORROSÃO, PERDAS DE PROTENSÃO, QUEBRAS DE FIOS, ARGAMASSA COMPROMETIDA, VAZIOS NAS ARGAMASSAS DE PREENCHIMENTOS, DESTACAMENTOS, DANOS NAS ANCORAGENS, INFILTRAÇÕES DE ÁGUA, POSICIONAMENTOS ERRADOS DOS TENDÕES DE AÇO ALÉM DE NÃO CONFORMIDADES COM A RESISTÊNCIA REQUERIDA DOS CONCRETOS.** Inspeções visuais a procura de fissuras superficiais não são suficientes em obras idosas para a detecção de danos perigosos latentes que podem levar à ruptura brusca do componente face corrosão sob tensão ou fragilização por hidrogênio. Inspeções nas ancoragens e nos cabos deverão ser realizadas com ensaios especializados adequados. Esse estado de corrosão poderá estar instalado e perigosamente continuar evoluindo sem quaisquer sinais visíveis externos do agravamento da deterioração. Os sistemas pós-tensionados não colados são populares entre os desenvolvedores de edifícios residenciais de vários andares, pois reduzem os custos permitindo lajes mais finas e uma construção mais rápida. Entretanto, em muitos desses edifícios, alguns com apenas dez anos, reparos caros foram necessários face a corrosão prematura dos tendões. **O Engenheiro Inspetor Estrutural Qualificado deverá, obrigatoriamente, analisar esses concretos tensionados com ensaios compatíveis;**
- É muito importante registrar as ligações e distribuições dos danos a fim de analisar suas relações com as armaduras ativas ou passivas; As deformações e as armaduras passivas devem ser analisadas conforme procedimentos dos concretos convencionais passivos;
- Devem ser registradas e interpretadas fissurações características de perdas de protensão no componente estrutural;
- **Cuidados especiais devem ser tomados quando da extração de corpos de prova para análises de resistência mecânica e módulo de elasticidade para não atingir as cordoalhas inseridas;**
- Na inspeção de concretos protendidos, deve-se, também, pesquisar se a estrutura foi concebida e executada com pessoal de conhecimentos específicos, tanto para o dimensionamento como para a produção. Salienta-se, que nos EUA, são requeridas certificações para o pessoal encarregado da colocação e tensionamento dos cabos;

PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO

- Identificar e cadastrar todos os tipos de manifestações patológicas estruturais presentes em todos os componentes estruturais (pilares, vigas, lajes, consolos, juntas estruturais, etc), incluindo-se casa de máquinas, caixas de elevadores, reservatórios, escadas, etc. **A identificação das fissurações deve-se focar em todos os nexos causais possíveis tais como: nexos mecânicos, físicos, químicos, eletroquímicos e outros tipos de corrosão, biológicos (flora e fauna, líquens, musgos, algas,**

<i>raízes de plantas e árvores, cracas, entre outros seres vivos, podem penetrar por meio de fissuras e pontos fracos resultando em tensões extra naquele ponto da estrutura, provocando o aumento das rachaduras e causando mais deteriorações; a presença de alguns desses organismos causa a retenção de água em determinados pontos, levando a um alto teor de umidade, subsequentemente o aumento risco de corrosão da armadura), falhas de produção, falhas de manutenção, falhas de uso e concepção, inclusive o envelhecimento e degradação de materiais utilizados, bem como incompatibilidades de materiais componentes. Torna-se imperioso que o Engenheiro Inspetor de Estrutural de Concreto Armado tenha consolidado na sua mente toda a tipologia do projeto estrutural em análise. nos termos da Anamnese e dos Princípios referidos antes do início efetivo das inspeções;</i>	
- identificar e cadastrar nas estruturas de concreto armado movimentações higrotérmicas, deformações mecânicas, fissuras de retrações e expansões, fissuras ou rachaduras existentes geradas naturalmente pelas movimentações higrotérmicas e aquelas das interfaces entre as prumadas das instalações domiciliares e alvenarias, destacamentos entre componentes estruturais e alvenarias, desempenhos das juntas de movimentação e dessolidarização nas fachadas e no andar do ático da cobertura, fissuras em alvenarias, vergas, contravergas, deflexão excessiva, falha de conexão, instabilidade, assentamentos de pisos, recalques de fundação, inclinações, fragmentações de concretos, corrosão de armaduras, infestação de cupins e outros, madeira podre seca e úmida e outros quaisquer defeitos estruturais. A gravidade de quaisquer defeitos estruturais deve ser avaliada. - Recomendar ações corretivas e/ou monitoramentos necessários para garantir a estabilidade estrutural e a integridade do edifício. Onde houver sinais de ataque de cupins em estruturas de madeira deve recomendar o tratamento por especialista em anti-termitas.	
- Levantamento de muros de contenção e estruturas de proteção de taludes	
- identificar e cadastrar todos os tipos de defeitos não estruturais existentes nos componentes estruturais (pilares, vigas, lajes,etc.) e alvenarias, tais como: eflorescências, infiltrações, manchas de umidade, fuligens, brocas (vazios construtivos), lixiviações, destacamentos, defeitos construtivos, etc, existentes nos componentes estruturais e alvenarias	
- identificar riscos de instabilidade estrutural na edificação e de componentes, face estado de degradação acentuado de algum componente estrutural, mesmo não crítico, exemplo de pilares com processo de corrosão acentuado nas armaduras, potencializando risco de flambagem ou pilares esbeltos degradados;	

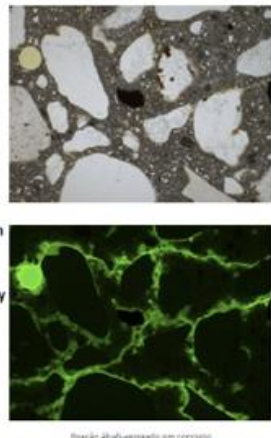
- identificar quaisquer sinais de desgastes estruturais e deformações mecânicas através de medições de flechas, rotações, empenos etc;	
- identificar componentes com danos devido processo de corrosão eletroquímica em componentes estruturais. - identificar a existência de processo de corrosão galvânico instalado, face diferença de potencial elétrico, nas junções de telas de proteção para crianças, chumbamentos das esquadrias e outros com pilares, vigas da estrutura e vergas. - identificar o estado de corrosão dos componentes pré-moldados de concreto armado (exemplo das caixas de ar condicionado) e outros.	
- mapear nos componentes com manifestações patológicas visíveis, as localizações e magnitudes dessas anomalias sistêmicas (mecânicas, físicas, químicas, biológicas, eletroquímicas, outros efeitos do desempenho na vida estrutural e agressividade do microclima) para análises estruturais sistêmicas interdisciplinares.	
- interpretar as influências das corrosões visíveis nas propriedades mecânicas, físicas e durabilidade dos componentes estruturais agredidos para fins de análise estrutural sistêmica interdisciplinar;	
- verificar se o projeto da estrutura teve precauções para minimizar o ingresso da água e/ou facilitar sua drenagem. Se a geometria promove uma boa drenagem evitando-se lugares baixos que acumulam água. Se as drenagens descarregam sobre faces de componentes estruturais.	
- verificar ataque de sulfatos provenientes de frentes externas ao concreto. Os sais de sulfatos em solução ingressam no concreto e atacam os materiais cimentícios. (ACI 201.2R-01)	
- identificar componentes estruturais (pilares, vigas e lajes) com danos devido reações químicas expansíveis e danos biológicos (flora e fauna); identificar presença de vegetação em superfícies de concreto face infiltrações de água.	
- identificar componentes estruturais sujeitos ao ataque de agentes químicos de uso corrente no ambiente, exemplo de laboratórios de fábricas de tecidos que utilizam soda cáustica e outros agentes químicos agressivos ao concreto armado.	
- verificar danos nas alvenarias, revestimentos e concretos de jardineiras, face umidade constante e presença de raízes.	
- identificar as cargas impostas permitidas, a fim de avaliar o uso e possibilidade do escopo da sobrecarga	
- verificar se obras de adição ou alteração não autorizadas que afetam a estrutura do edifício foram realizadas	
- identificar qualquer desvio do uso pretendido, uso indevido e abuso que resultou em sobrecargas e/ou danos visíveis	
- identificar deformações acentuadas caracterizadas por aberturas de juntas longitudinais e transversais devido assentamentos e fluência da estrutura.	
- verificar as causas das diferenças de planicidades em componentes estruturais	
- verificar a ocorrência de vibrações geradas no próprio edifício. Exemplos	

de academia de ginástica em andares elevados.	
verificar a influência da radiação solar (UV) nos materiais das juntas estruturais inclusive dos revestimentos de fachadas;	
- identificar manifestações patológicas nas interfaces de componentes estruturais de concreto armado com todos os demais elementos doutros subsistemas construtivos existentes tais como: esquadrias, sistemas de ar condicionado, fundos de armários, inclusive nas prumadas dos chafts e prumadas embutidas nas paredes das instalações domiciliares.	
- identificar quaisquer sinais de deterioração superficial de materiais (concreto, aço, revestimentos de pisos e paredes) e analisar suas influências na estrutura.	
- identificar existência de vazamentos nas instalações hidrosanitárias, águas pluvias, incêndios, embutidas nas paredes dos sanitários, área de serviço, jardineiras, lajes dos mezaninos, etc., que estejam provocando danos nas adjacências, inclusive com umidade constante nas superfícies de componentes estruturais ou permanência prolongada de água face inadequada solução do traçado de águas pluviais.	
- identificar se houve má interpretação dos projetos.	
- Identifiicar degradação de materiais com deterioração anormal por descuido na utilização.	
verificar a existência de sujidades superficiais em componentes de concreto armado face acumulação de poeiras devido a falta de limpeza e/ou fuligens que provocam corrosão por diferencial de aeração.	
- identificar possíveis erros geométricos na produção de componentes em relação ao projetado	
verificar as infiltrações em lajes de mezaninos, decks de piscina, coberturas, varandas, quadras de esporte, etc., e o estado de lixiviação existentes nessas fissuras face os riscos de corrosões latentes.	
- verificar existências de alterações nas cores das superfícies dos concretos armados face agentes atmosféricos e/ou ataques químicos.	
- identificar descolamentos existentes de revestimentos de pisos face deformações mecânicas das lajes, higrotérmicas ou expansões devido umidade (EPU).	
- identficar se os revestimentos argamassados usados sobre os componentes estruturais de concreto armado possuem componentes argilominerais, exemplo típico da argamassa conhecida como arenoso (mistura de cimento, areia argilosa e água). Essas revestimentos são muito retráteis quando secam e geram estado acentuado de fissuração sobre as superfícies de concreto, catalizando caminhos à corrosão. Repor os revestimentos pesquisados, preferencialmente, com argamassas mistas de cimento, cal hidratada e areia.	
- definir e extrair amostras representativas de componentes estruturais para os ensaios petrográficos visando-se reações químicas expansíveis e ataques biológicos.	
- verificar a existência de ascensão capilar do terreno nos revestimentos das paredes e pilares com a formação de cristais salinos expansivos.	

- catalogar outros defeitos encontrados nos componentes.	
Levantamento de barreiras de segurança (por exemplo, parapeitos e grades) - Sinais de corrosão, deflexão excessiva, fragmentação, rachaduras, etc. observados em barreiras de segurança, particularmente aquelas em edifícios onde são esperadas grandes multidões (por exemplo, shopping centers, edifícios institucionais, pavilhões esportivos, estádios, teatros, etc.)	
Outras Vistorias ou Verificações Realizadas - Presença de luminárias suspensas pesadas em locais lotados, como tetos falsos pesados sobre áreas de alto tráfego humano, como praças de alimentação, lobbies etc. - Registos e comentários sobre quaisquer problemas de manutenção conhecidos e retificações anteriores efetuadas na estrutura do edifício. Planos úteis, esboços, fotografias e tabulações também podem ser incluídos ilustrar os resultados da inspeção;	
Conclusões - As conclusões sobre a condição estrutural devem incluir conclusões sobre condições de carregamento; trabalhos de adição e alteração; defeitos estruturais, danos, deformação, deterioração; e estrutura geral integridade e estabilidade.	
a. Defeitos do muro de arrimo e outras estruturas de proteção de taludes (por exemplo, rachaduras, inclinação, deslocamento, etc.)	
b. Sinais de condição indesejável ao redor do muro de contenção (por exemplo, rachaduras de tensão no solo, entupimento de poços, presença de grandes árvores nas proximidades, drenagem superficial inadequada, etc.)	
Post- Tensioning and Stay Cable Systems Este capítulo fornece uma visão geral do sistema de pós-tensão, que inclui os sistemas de pós-tensionamento interno e externo e o sistema de cabos permanentes. Os vários componentes de um sistema de pós-tensão, tais como tirantes, dutos, argamassa e sistemas de ancoragem são discutidos. Este capítulo também discute os componentes do sistema de cabos permanentes, tais como os principais elementos de tensão (MTE), revestimento, sistemas de proteção contra a corrosão, selas e sistemas de ancoragem.	
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS. SEMIDESTRUTIVOS, DESTRUTIVOS e PROVA DE CARGA NAS ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
PROCEDIMENTOS MONITORADOS E ENSAIADOS	

- O Engenheiro Inspetor Estrutural Qualificado deverá proceder à programação completa de todos os ensaios provas de cargas necessários às avaliações das propriedades pesquisados dos materiais componentes e compósito concreto armado. Na hipótese do Engenheiro Inspetor Estrutural não possuir cognições e habilidades interdisciplinares suficientes à programação de todos os ensaios demandados, deverá requisitar um Engenheiro de Materiais, preferencialmente especializado em Corrosão Eletroquímica, para, juntos, procederem as análises.

ENSAIOS	OBJETIVOS COLIMADOS
PACOMETRIA	Localização e seção das armaduras; espessura do cobrimento
ESCLEROMETRIA	Uniformidade superficial e correlação imprecisa da resistência do concreto através da dureza superficial
ULTRASSONOGRRAFIA	Verificar a qualidade do concreto produzido (vazios, brocas internas, fissuras etc.); correlação imprecisa da resistência e módulo de elasticidade do concreto
RESISTIVIDADE ELÉTRICA	Avaliar o risco de corrosão
POTENCIAL DE CORROSÃO	Avaliar o risco de corrosão
RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO	Avaliar risco de corrosão e monitoramento da velocidade de corrosão
TEORES DE SULFATOS EXTERNOS e INTERNOS	Causas e riscos de deteriorações do concreto e risco de corrosão nas armaduras
EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS	Resistência característica à compressão; módulo de deformação longitudinal; módulo de Poisson; diagrama tensãoxdeformação; amostras para ensaios físicos-químicos de caracterização do concreto
EXTRAÇÃO DE AMOSTRAS DE AÇO	Resistência à tração; tensão de escoamento; alongamento e dobramento; ensaios de caracterização na microestrutura do material aço
ABSORÇÃO	Causa e risco de deterioração do concreto e risco de corrosão
TEOR DE UMIDADE	Causa e risco de deterioração do concreto e risco de corrosão
ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO	Causa e riscos de ataques químicos na fundações
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO (DRX, MEV/EDS, ANÁLISES QUÍMICAS) EM AMOSTRAS DOS BLOCOS E PILARES DAS FUNDAÇÕES	Causa e riscos de RAA, DEF do concreto e outros ataques químicos nas fundações, exemplo da hipótese de solos úmidos contaminados
PERMEABILIDADE AOS FLUIDOS (água e gases)	Causa e risco de deterioração do concreto e risco de corrosão
POROSIDADE DO COBRIMENTO DA ARMADURA	Causa e risco de deterioração do concreto e riscos de corrosão
POROMETRIA	Verificar a geometria e interconectividade dos poros no cobrimento das armaduras
PERFIL DE	Causa e Risco de corrosão das armaduras e risco na Durabilidade do

DIFUSIBILIDADE DOS CLORETOS	concreto armado
CONCENTRAÇÃO DE CLORETOS	Causa e Risco de corrosão das armaduras e risco na Durabilidade do concreto armado
MÉTODO DA ASPERSÃO DO NITRATO DE PRATA (AgNO₃)	Verificar ausência de cloretos e/ ou cloretos combinados ou cloretos livres; risco de corrosão
PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO	Causa e Risco de corrosão e risco na Durabilidade do concreto armado
CÂMARA DIGITAL BOROSCOPE	Inspeção visual de cavidades estreitas e de difícil acesso.
TOMOGRAFIA IONIZANTE	Causa e risco de deterioração do concreto e risco de corrosão, fissuras nas interfaces armaduras e concretos, outros defeitos presentes, inclusive em concretos protendidos
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA	Verificar risco de corrosão em cabos tensionados dos concretos pré e pós-tendidos
ENSAIOS PETROGRÁFICOS	
 Reação álcali-agrupo em concreto	
PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS PETROGRÁFICOS	
https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/pccp/04150/chapt1.cfm#cur	
PROVA-DE-CARGA	
Medições das deformações geométricas por causas mecânicas e físicas em concreto armado e protendido. Detalhes a seguir, na próxima etapa.	
MONITORAMENTOS	
Monitoramento Estrutural anual em obras consideradas idosas ou mal feitas, incorporando-se, eventualmente, o Monitoramento Geométrico Topográfico. Destarte, necessidade de curto prazo em componentes críticos. Detalhes a seguir, na próxima etapa.	

CHC

2026

1ª etapa do e-book