

3.1 Inspeção de estruturas de concreto

Conjunto de procedimentos técnicos e especializados que compreendem a coleta de dados necessários à formulação de um diagnóstico e prognóstico da estrutura, visando manter ou reestabelecer os requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de **durabilidade**

3

4 Tipos de inspeção

Os tipos de inspeções considerados nesta Norma são:

- a) cadastral;
- b) rotineira;
- c) especial;**
- d) extraordinária.**

4

4.3 Inspeção especial

A inspeção especial deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser postergada para até oito anos, desde que se enquadre concomitantemente aos seguintes casos:

- a) obras com classificação de intervenção de longo prazo (notas de classificação 4 e 5, conforme Tabela 1);
- b) obras com total acesso a seus elementos constituintes na inspeção rotineira.

5

A inspeção especial deve ser pormenorizada e contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura.

6

A inspeção especial deve ser feita antecipada quando:

- a) a inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção em curto prazo (notas de classificação 1 e 2, conforme Tabela 1) nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade;
- b) forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portante.

7

4.4 Inspeção extraordinária

A inspeção extraordinária é gerada por uma das demandas não programadas a seguir, associadas ou não:

- a) necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior;
- b) ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra;
- c) ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismo e outros.

8

A inspeção extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra e identificação das anomalias, incluindo mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada.

9

A inspeção extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra e identificação das anomalias, incluindo mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada.

10

5 Critério de classificação das OAE

5.1 Parâmetros de avaliação das OAE

As OAE devem ser classificadas segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade e a gravidade dos problemas detectados, respeitando as Normas Brasileiras aplicáveis em cada caso.

5.1.3 Parâmetros de durabilidade

Designam-se por parâmetros de durabilidade aquelas características das OAE diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado em que a estrutura deve cumprir suas funções em serviço.

Deste modo, estes parâmetros vinculam-se à resistência da estrutura contra ataques de agentes ambientais agressivos. Exemplificam-se como anomalias associadas à durabilidade: **ausência de cobrimento de armadura, corrosão, fissuração que permite infiltrações, erosões nos taludes de encontros, entre outras.**

A relevância dos problemas de durabilidade deve ser avaliada em conjunto com a agressividade do meio em que se situam, com o objetivo de inferir a velocidade de deterioração a eles associados.

11

Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade				
Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.

12

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.

13

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

14

A nota final deve ser a menor nota atribuída ao parâmetro analisado, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Modelo de ficha de classificação da OAE

Parâmetro	Elemento						
	Super estrutura	Meso estrutura	Infra estrutura	Elementos complementares		Pista	Nota final
				Estrutura	Encontro		
Estrutural							
Funcional		NA	NA				
Durabilidade							

15

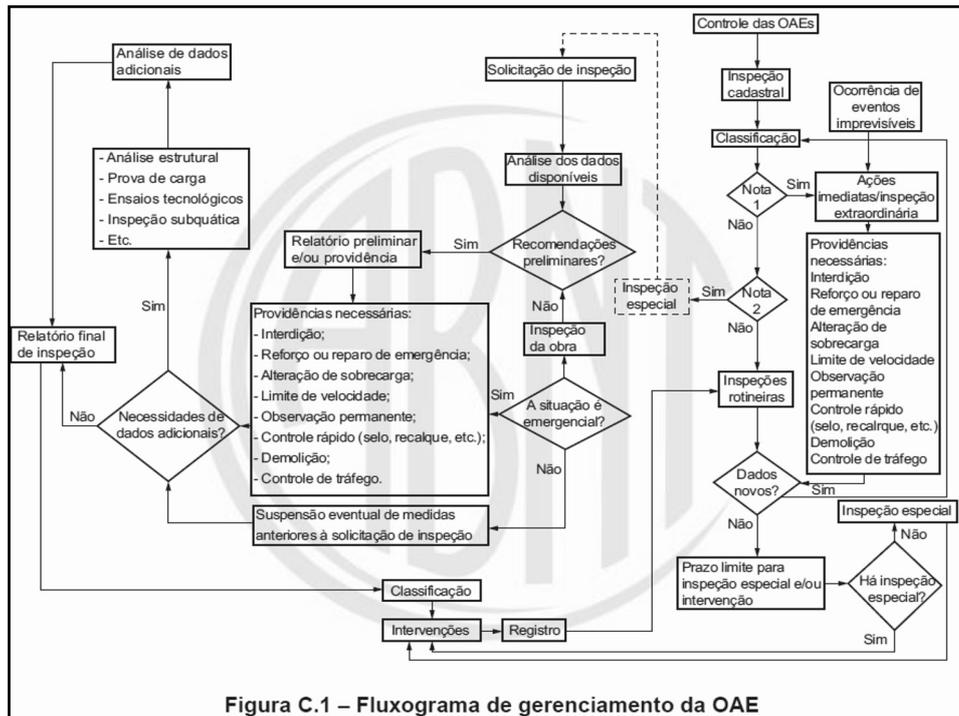


Figura C.1 – Fluxograma de gerenciamento da OAE

16

Anexo D (informativo)

Roteiro básico e ficha para inspeção especial

A inspeção especial deve ser composta pelos seguintes capítulos:

D.1 Relatório I – Patologia

D.1.1 Localização

D.1.2 Descrição da obra

D.1.3 Inspeção

D.1.4 Ensaios

D.2 Relatório II - Terapia e projeto de reparos

a) diagnóstico

b) resumo da análise estrutural (caso seja feita)

c) terapia e metodologia de recuperação/reforço de todas as anomalias

d) classificação da obra

e) ficha-resumo

f) conclusões e recomendações

D.3 Relatórios técnicos complementares

D.4 Ficha-resumo

17

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.4 – Classificação segundo parâmetro de durabilidade

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Fissuração	Quadro de fissuração generalizada, mas dentro dos limites previstos conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	5	5	5
	Quadro de fissuração inaceitável, conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	1	2	3
	Fissuração de elementos estruturais com indícios de reação expansiva (álcali-agregado ou sulfatos)	2	2	3

18

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.4 – Classificação segundo parâmetro de durabilidade

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Armadura	Armaduras expostas com corrosão incipiente	3	4	4
	Armadura exposta em processo evolutivo de corrosão	2	3	4
	Armadura protendida exposta, mesmo sem corrosão, em ambiente de baixa e média agressividade	3	4	—
	Armadura protendida exposta e corroída	1	2	3
	Obras com deficiência de cobrimento sem armadura exposta	4	5	5
	Obras com deficiência de cobrimento com estufamento por expansão da corrosão	3	4	4

19

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.4 – Classificação segundo parâmetro de durabilidade

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m ² em zonas favoráveis de tensões	4	4	5
	Concreto segregado em regiões de tensões de compressão, mas em pequenas áreas (entre 0,1 m ² e 0,5 m ²)	3	4	5
	Concreto segregado em regiões sujeitas a tensões de compressão, em área superior a 0,5 m ²	2	3	4
	Lixiviação superficial do concreto	4	4	5
	Manchas superficiais de fuligem atmosférica	4	4	5
	Calcinação do concreto com exposição de armaduras	1	2	3

20

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.4 – Classificação segundo parâmetro de durabilidade

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Carbonatação	Eflorescências, com surgimento de manchas esbranquiçadas decorrentes de reação de carbonatação	4	4	5
	Carbonatação com profundidade atingindo armaduras principais	3	3	4
	Carbonatação com profundidade superior à espessura do revestimento da armadura	2	3	3

21

Anexo E (informativo)

Referência de classificação da OAE

Tabela E.4 (continuação)

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação
Drenagem	Buzinotes obstruídos	3
	Drenagem do caixão inexistente ou insuficiente, com acúmulo de água dentro dos mesmos	2
	Presença de água internamente às bainhas da armadura pretendida	1
	Drenagem do tabuleiro totalmente inoperante	2
Taludes	Taludes dos encontros com erosão localizada ou solapamento de material	3
	Taludes dos encontros com erosão significativa	2
	Taludes dos encontros com erosão significativa, acarretando desconfinamento da fundação	1
	Taludes protegidos com placas faltantes ou danificados	4
	Percolação de águas pluviais ou subterrâneas pelos taludes dos encontros	3

22

Inspeções Especializadas: Estruturas de Concreto

Leis & Normas

Share

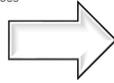
Norma certifica inspetores de estruturas de concreto

NBR 16230 define parâmetros para qualificação profissional, competências e atribuições dos responsáveis pelo exame de estruturas de concreto

Por Bruno Pisaní

Edição 34 - Janeiro/2013

Tweet 0 Recomendar 11 8+1 0



A inspeção de estruturas de concreto deu um importante passo em novembro do ano passado ao ter entrado em vigor seu primeiro código de certificação de profissionais, seguindo a tendência de outras áreas da engenharia. A NBR 16.230, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - que passou a valer em 14 de novembro de 2013 - define quem está apto a realizar este serviço, padroniza os requisitos que o profissional deve cumprir para emitir os laudos de estruturas de concreto e prevê atualizações periódicas do certificado.

"O Brasil tem 200 mil km de estradas pavimentadas e 120 mil pontes e viadutos que necessitam de visitas regulares, mas há pouca gente habilitada para essa inspeção", afirma o coordenador da comissão de estudo da ABNT responsável pela elaboração da norma, Júlio Timmerman.



NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
16230

Primeira edição
14.10.2013

Válida a partir de
14.11.2013

**Inspeção de estruturas de concreto —
Qualificação e certificação de pessoal —
Requisitos**

*Inspection of concrete structures — Personnel qualification and certification
— Requirements*

23

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
16230

Primeira edição
14.10.2013

Válida a partir de
14.11.2013

**Inspeção de estruturas de concreto —
Qualificação e certificação de pessoal —
Requisitos**

*Inspection of concrete structures — Personnel qualification and certification
— Requirements*



ICS 03.100.30; 91.080.40

ISBN 978-85-07-04553-3

Associação
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 16230:2013
19 páginas

© ABNT 2013

24

3.2

candidato

pessoa apta a se submeter ao processo de qualificação e que atenda ao descrito em 4.1 a 4.3

3.3

categorias profissionais de qualificação

profissionais qualificados e autorizados a exercer as atividades de inspeções de estruturas de concreto e serviços derivados, especificados no Anexo A

3.4

inspetor I

profissional apto a inspecionar estruturas de concreto, definir e acompanhar a realização de ensaios necessários, bem como orientar a equipe de trabalho, visando manter ou restabelecer seus requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de durabilidade

3.5

inspetor II

profissional apto para, além das atividades do inspetor I, planejar e supervisionar a inspeção de estruturas de concreto, assim como avaliá-las, visando manter ou restabelecer seus requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de durabilidade

3.6

qualificação

demonstração de aptidão física, conhecimento, habilidade, treinamento e experiência requeridos para desempenhar adequadamente as atividades inerentes a determinada ocupação

3.7

centro de exame de qualificação (CEQ)

centro aprovado pelo organismo de certificação, onde são realizados os exames de qualificação

3.8

certificação

procedimento usado pelo organismo de certificação para confirmar se as exigências de qualificação para uma modalidade, nível e setor foram atendidas, resultando na emissão de um certificado

3.9

certificado

documento emitido pelo organismo de certificação sob as condições desta Norma, indicando que a pessoa identificada demonstrou as competências definidas no certificado

3.10

exame de qualificação

exame administrado por um organismo de certificação ou por um organismo de qualificação

3.11

exame de qualificação prático

avaliação das habilidades práticas onde o candidato demonstra familiaridade e habilidade na realização de processos de inspeção de estruturas de concreto

3.12

exame de qualificação teórico

exame constituído de questões de múltipla escolha, com quatro alternativas, existindo apenas uma correta

2

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

3.13

exame de recertificação

exame simplificado pelo qual deve passar o inspetor de estruturas de concreto, com o objetivo de comprovar a manutenção e a atualização dos seus conhecimentos

3.14

examinador

profissional certificado na modalidade para a qual ele está autorizado pelo organismo de certificação a conduzir, supervisionar e graduar o exame de qualificação

3.15

modalidade de qualificação

área de atuação com características específicas dentro da atividade de inspeção de estruturas de concreto, decorrente da comprovação formal de seus conhecimentos, competências, habilidades e aptidões, que capacitam o profissional a exercer as atribuições e responsabilidades correlatas

3.16

organismo de certificação

organismo que administra os procedimentos para a certificação de acordo com os requisitos desta Norma

3.17

organismo de qualificação autorizado

organismo, independente do empregador, autorizado pelo organismo de certificação para preparar e administrar os exames de qualificação

3.18

cancelamento da certificação

ato de cancelar a certificação profissional

3.19

suspensão da certificação

ato que suspende temporariamente a certificação do profissional

3.20

manutenção de certificação

prorrogação do prazo de validade da certificação

3.21

recuperação

conjunto de procedimentos e intervenções necessários à reconstituição dos requisitos de segurança estrutural e de durabilidade, originalmente previstos para a estrutura

3.22

reforço

conjunto de procedimentos e intervenções a serem implementadas no sentido de dotar a estrutura de novos requisitos de segurança estrutural e de durabilidade em relação à sua concepção original ou vigente

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

3

4 Requisitos gerais

4.1 Escolaridade

Os candidatos à qualificação e requalificação devem apresentar diploma ou certificado que comprove a escolaridade especificada na Tabela 1.

4.2 Experiência profissional

Os candidatos à qualificação e requalificação devem comprovar experiência, através de registro formal, relativa às atribuições das respectivas categorias, discriminadas no Anexo A e de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Requisitos mínimos de escolaridade e experiência profissional

Categoria	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Inspetor I	Curso superior na área de construção civil, com um ano de experiência em patologia e terapia das estruturas de concreto	Ensino médio profissionalizante em construção civil com dois anos de experiência em patologia e terapia das estruturas de concreto	Ensino médio com cinco anos de experiência na atividade de inspeção, recuperação ou reforço
Inspetor II	Engenheiro civil especialista (pós-graduado <i>lato sensu</i> , mestre ou doutor) em patologia e terapia das estruturas ou em estruturas de concreto, com dois anos de experiência na atividade	Engenheiro civil com cinco anos de experiência em patologia e terapia das estruturas de concreto	Curso superior na área de construção civil com dez anos de experiência em patologia e terapia das estruturas de concreto

4.3 Treinamento

Recomenda-se que o processo de qualificação e requalificação seja baseado nos tópicos das Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Programa básico de treinamento para inspetor I

Item	Assunto	Conhecimento necessário
1	Conceitos gerais	<ul style="list-style-type: none"> – Noções básicas de utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamento de proteção coletiva (EPC) – Noções de metrologia e calibração de equipamentos – Noções básicas de matemática/ cálculo (média, volume, área, densidade, consumo) – Manuseio de equipamentos, máquinas, ferramentas e instrumentos (ver Anexo C) – Sistema Internacional de Unidade (SI) – Regras para arredondamento e algarismos significativos (ABNT NBR 5891) – Noções básicas de preservação do meio ambiente
2	Orientação de equipe de trabalho nas atividades de inspeção em campo	<ul style="list-style-type: none"> – Gestão de pessoas – Liderança – Conceitos em SMS (saúde, meio ambiente e segurança) – Conceitos em planejamento
3	Inspeção de estruturas de concreto	<ul style="list-style-type: none"> – Desenho técnico – Noções de comportamento estrutural – Patologia das estruturas de concreto – Materiais de construção civil – Técnicas construtivas – Normalização
4	Conhecimento de métodos de ensaio em estruturas de concreto	<ul style="list-style-type: none"> – Fundamentos de eletricidade – Equipamentos de ensaio – Noções básicas de eletrônica – Noções básicas de química

Tabela 3 – Programa básico de treinamento para Inspetor II

Item	Assunto	Conhecimento necessário
1	Conceitos gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Noções básicas de utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamento de proteção coletiva (EPC) - Noções de metrologia e calibração de equipamentos - Noções básicas de matemática/cálculo (média, volume, área, densidade, consumo) - Manuseio de equipamentos, máquinas, ferramentas e instrumentos (ver Anexo C) - Sistema Internacional de Unidade (SI) - Regras para arredondamento e algarismos significativos (ABNT NBR 5891) - Noções básicas de preservação do meio ambiente - Noções de informática
2	Planejamento da inspeção de estrutura de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Conceitos em SMS (saúde, meio ambiente e segurança) - Noções de planejamento - Noções de logística - Patologia das estruturas de concreto - Ensaios em estruturas de concreto (Anexo B)
3	Supervisão da inspeção de estruturas de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Liderança - Gestão de pessoas - Planejamento - Gestão de recursos
4	Avaliação das estruturas de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Concepção estrutural - Comportamento estrutural - Patologia das estruturas de concreto - Ensaios em estruturas de concreto - Normalização - Materiais constituintes da estrutura - Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto e critérios de projeto que visam a durabilidade (ABNT NBR 6118)

29

ABNT NBR 16230:2013

4.4 Aptidão física

4.4.1 Acuidade visual

Os candidatos à qualificação devem ter acuidade visual, natural ou corrigida, avaliada pela capacidade de ler as letras J-2 do padrão JAEGER para visão próxima, a 50 cm de distância, ou pelo emprego de método equivalente.

Os candidatos à qualificação devem ter acuidade visual para visão longínqua, natural ou corrigida, igual ou superior a 20/20 da escala SNELLEN.

A acuidade visual deve ser comprovada anualmente.

4.4.2 Habilidade para o desempenho da função

Os candidatos à qualificação para inspetor I devem possuir condição física para desempenho das atividades de inspeção de campo, conforme condições de trabalho possíveis (ver Anexo D), a qual será verificada no exame prático.

4.5 Qualificação e requalificação

A qualificação é obtida através da aprovação do candidato em exames teóricos geral e específico e exames práticos.

A requalificação é indicada para os seguintes casos:

- a) revisão da(s) norma(s) técnica(s) descrita(s) no Anexo B;
- b) evidências objetivas de inabilidades demonstradas pelo profissional;
- c) vencimento da qualificação.

4.6 Organismo de certificação

O organismo de certificação deve obedecer aos requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17024. Ele não pode ter envolvimento direto no treinamento do pessoal em processos de inspeção de estruturas de concreto.

O organismo de certificação deve ser respaldado por um Comitê Técnico composto por representantes das partes interessadas (usuários, fornecedores e órgãos governamentais, quando apropriado). Esse Comitê será responsável pelo estabelecimento e manutenção dos documentos de exame. Seus membros devem ser qualificados para as atribuições, através da combinação adequada de certificação e/ou experiência em inspeção de estruturas de concreto.

O organismo de certificação deve:

- a) iniciar, promover, manter e administrar a sistemática de certificação de acordo com esta Norma;
- b) aprovar os centros de exame, dotados de equipamentos e pessoal adequados, que devem ser monitorados;
- c) delegar, sob sua responsabilidade direta, a administração detalhada da qualificação a órgãos de qualificação autorizados para os quais o organismo de certificação emitirá as especificações para as instalações, pessoal, equipamento, materiais de exame, registros etc.;

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados 7

30

- d) realizar uma auditoria inicial e auditorias periódicas de manutenção nos órgãos de qualificação para garantir a conformidade com as especificações;
- e) ser responsável por garantir a segurança de todos os materiais de exame (corpos de prova, gabaritos, bancos de dados de exames, provas etc.);
- f) garantir que os elementos dos exames práticos não sejam usados para fins de treinamento;
- g) manter cadastros atualizados de profissionais de inspeção de estruturas de concreto;
- h) emitir certificados e documentos de identificação de profissional de inspeção de estruturas de concreto.

4.7 Organismo de qualificação autorizado

Quando existente, o organismo de qualificação autorizado deve:

- a) trabalhar sob o controle do organismo de certificação;
- b) garantir sua imparcialidade com relação a cada candidato em busca de qualificação, alertando o organismo de certificação para qualquer fato real ou potencial que ameace a sua imparcialidade;
- c) cumprir as especificações emitidas pelo organismo de certificação;
- d) aplicar um sistema de gestão de qualidade documentado, aprovado pelo organismo de certificação;
- e) possuir os recursos e experiência necessários para estabelecer, monitorar e controlar os centros de exames, incluindo os exames, calibrações e controle dos equipamentos;
- f) preparar e supervisionar os exames sob a responsabilidade de um examinador autorizado pelo organismo de certificação;
- g) manter corretamente os registros de acordo com as exigências do organismo de certificação.

Caso não haja organismo de qualificação autorizado, o organismo de certificação deve realizar as funções do organismo de qualificação.

4.8 Centro de exame de qualificação

O CEQ deve:

- a) trabalhar sob o controle do organismo de certificação ou do organismo de qualificação autorizado;
- b) aplicar um sistema de gestão de qualidade documentado, aprovado pelo organismo de certificação;
- c) possuir os recursos necessários para ministrar os exames, incluindo as calibrações e controle dos equipamentos;
- d) preparar e conduzir os exames sob a responsabilidade de um examinador autorizado pelo organismo de certificação;
- e) possuir pessoal qualificado, instalações e equipamentos adequados para garantir exames de qualificação satisfatórios para as modalidades e setores em questão;

31

- f) usar apenas os documentos e questionários de exames estabelecidos e/ou aprovados pelo organismo de certificação;
- g) se responsabilizar por garantir a segurança de todos os materiais de exame (elementos de exames práticos, gabaritos, banco de questões etc.);
- h) manter corretamente os registros de acordo com as exigências do organismo de certificação.

5 Exames de qualificação

5.1 Geral

O exame de qualificação deve abranger um determinado processo de inspeção de estruturas de concreto como aplicado, em um setor industrial, a um ou mais tipos de produtos. O organismo de certificação deve definir e publicar o tempo máximo permitido para o candidato completar cada exame, que deve se basear no número e na dificuldade das questões. O tempo médio permitido para as questões que exigem dissertações ou respostas narrativas deve ser determinado pelo organismo de certificação.

5.2 Conteúdo dos exames

5.2.1 Exame teórico

O exame teórico deve abranger questões tipo múltipla escolha que avaliem o conhecimento das atividades de inspeção de estruturas de concreto. O candidato deve responder no mínimo 40 questões de múltipla escolha.

5.2.2 Exame prático

O candidato deve estar aprovado no exame teórico da modalidade pleiteada para realizar exame prático.

O exame prático deve avaliar o candidato na análise de situações reais de inspeção de estruturas de concreto, distribuídas por atividades conforme estabelecido pelo Organismo de Certificação.

5.3 Pontuação atribuída nos exames

5.3.1 Exame teórico

O candidato é considerado aprovado se obtiver aproveitamento mínimo de 70 %.

5.3.2 Exame prático

O candidato é considerado aprovado se obtiver aproveitamento mínimo de 80 % em cada prova.

5.4 Realização dos exames

Todos os exames devem ser realizados nos centros de exames de qualificação estabelecidos, aprovados e monitorados pelo organismo de certificação, seja diretamente ou por um organismo de qualificação autorizado.

Antes do início do exame, o candidato deve apresentar ao examinador um comprovante válido de identidade.

32

Caso se verifique durante o transcorrer do processo de qualificação qualquer atitude ou ação fraudulenta por parte do candidato, o CEO deve comunicar o fato ao organismo de certificação para registro e providências.

Os exames devem ser fiscalizados, avaliados e aprovados pelo examinador.

O examinador deve ser responsável pela pontuação do exame de acordo com os procedimentos estabelecidos ou aprovados pelo organismo de certificação. O examinador não tem permissão de examinar qualquer candidato que ele tenha treinado para o exame, ou que tenha o mesmo empregador.

5.5 Reexame

O candidato excluído por conduta antiética deve aguardar pelo menos um ano antes de reinscrever-se.

O exame teórico pode ser solicitado tantas vezes quanto necessário.

O candidato que não obtiver a nota requerida no exame prático pode solicitar reexame até duas vezes, desde que os reexames ocorram a intervalos mínimos de 30 dias e não mais do que um ano depois do exame original. O organismo de certificação, a seu critério, pode permitir um reexame antes do prazo, caso o candidato receba um treinamento adicional que seja aceito pelo organismo de certificação.

O candidato reprovado no segundo reexame deve seguir o procedimento estabelecido para novos candidatos.

6 Certificação

6.1 Emissão da certificação

Com base nos resultados dos exames de qualificação aplicados pelo CEO, o organismo de certificação emite um documento para identificação do profissional, atestando que este atendeu satisfatoriamente a todos os requisitos desta Norma.

O documento de certificação deve incluir pelo menos:

- a) nome completo do profissional certificado;
- b) data da certificação;
- c) data de validade do certificado;
- d) modalidade;
- e) nome do organismo de certificação;
- f) setores aplicáveis;
- g) número exclusivo de identificação pessoal;
- h) assinatura do profissional certificado;
- i) fotografia do profissional certificado;
- j) assinatura no documento de um representante designado pelo organismo de certificação.

33

6.2 Manutenção da certificação

Anualmente o profissional deve encaminhar ao organismo de certificação o atestado de acuidade visual, conforme 4.4.1.

6.3 Validade da certificação

A certificação do profissional tem um prazo de validade de 60 meses, a contar da data de emissão do certificado.

A certificação deve ser suspensa em um dos seguintes casos:

- a) por decisão do organismo de certificação, após análise da evidência de comportamento antiético;
- b) quando o profissional não atender aos requisitos de acuidade visual (ver 4.4.1);
- c) quando o profissional não for aprovado na recertificação.

6.4 Recertificação

Antes do término do prazo de validade, o profissional certificado deve ser recertificado pelo organismo de certificação para um período similar de tempo, desde que ele atenda aos critérios, e deve-se completar com sucesso um exame simplificado que permita a verificação da manutenção e atualização dos seus conhecimentos, realizando duas provas práticas definidas pelo Organismo de Certificação.

6.5 Suspensão da certificação

A suspensão da certificação deve ocorrer quando o profissional não apresentar o atestado de acuidade visual, conforme 4.4.1, dentro do prazo de manutenção estabelecido em 6.2.

A suspensão perdurará até que o profissional regularize a referida documentação.

6.6 Cancelamento da certificação

O cancelamento da certificação deve ocorrer em um dos seguintes casos:

- a) existência de evidências objetivas e comprovadas, que indiquem não estar o profissional qualificado para exercer as atividades para as quais foi certificado;
- b) em função de falhas cometidas e comprovadas que demonstrem negligência profissional;
- c) em função de fraudes, comportamento antiético ou prática de atos delituosos pelo profissional.

Cabe ao organismo de certificação a análise das evidências, apuração dos fatos e implementação do cancelamento, podendo também aplicar uma suspensão preventiva durante a apuração dos fatos.

34

Anexo A
(normativo)

**Unidades de competência dos profissionais de
Inspeção de estruturas de concreto**

A.1 Inspetor I

A.1.1 Unidade de competência 1

Inspeccionar estruturas de concreto visando a manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e de funcionalidade, de acordo com a normalização, conforme Tabela A.1.

Tabela A.1 – Unidade de competência 1 para inspetor I

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Ler e interpretar projetos	<ul style="list-style-type: none"> – Identificando simbologias – Correlacionando o desenho com a estrutura existente
Cadastrar elementos estruturais	<ul style="list-style-type: none"> – Identificando elementos estruturais – Realizando levantamento geométrico – Elaborando croqui do cadastramento geométrico
Coletar informações do histórico da obra em campo	<ul style="list-style-type: none"> – Entrevistando proprietário, usuários da obra, vizinhança, profissionais responsáveis pelo projeto, pela execução e outros
Documentar manifestações patológicas	<ul style="list-style-type: none"> – Identificando as manifestações patológicas – Caracterizando as manifestações patológicas – Registrando graficamente, fotograficamente e/ou por meio de planilhas – Quantificando as manifestações patológicas – Dimensionando as manifestações patológicas
Identificar a gravidade das manifestações patológicas	<ul style="list-style-type: none"> – Comparando com referências técnicas e/ou dados de estudos anteriores e bibliografia técnica – Correlacionando as anomalias às suas causas prováveis – Informando aos superiores sobre a gravidade das manifestações patológicas

35

A.1.2 Unidade de competência 2

Definir e acompanhar a realização de ensaios necessários em estruturas de concreto, visando à manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e de funcionalidade, de acordo com a normalização, de acordo com a Tabela A.2.

Tabela A.2 – Unidade de competência 2 para inspetor I

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Distribuir atividades	<ul style="list-style-type: none"> – Delegando tarefas – Controlando o tempo de execução das tarefas
Coletar amostras para ensaio	<ul style="list-style-type: none"> – Retirando manual ou mecanicamente – Acondicionando – Identificando – Transportando – Verificando suas condições frente aos procedimentos previstos nas Normas Técnicas
Acompanhar ensaios em campo (Anexo B)	<ul style="list-style-type: none"> – Interpretando procedimentos e/ou normas – Estabelecendo pontualmente o local do ensaio – Verificando consistência dos resultados

36

A.1.3 Unidade de competência 3

Orientar a equipe de trabalho nas atividades de inspeção em campo necessárias à manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e funcionalidade, de acordo com as Normas Brasileiras pertinentes e com a Tabela A.3.

Tabela A.3 – Unidade de competência 3 para inspetor I

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Cumprir plano de trabalho	<ul style="list-style-type: none">– Realizando a mobilização das atividades com os recursos previstos– Controlando o cronograma– Sugerindo ajustes no cronograma ao seu superior
Designar atividades	<ul style="list-style-type: none">– Distribuindo equipamentos, ferramentas e materiais para a equipe– Implantando a logística de execução das atividades– Especificando tarefas– Apontando riscos eminentes
Mitigar situações de risco	<ul style="list-style-type: none">– Verificando ações de segurança para a equipe– Tomando ações necessárias para mitigação de riscos– Abortando a atividade se houver riscos não mitigáveis para a equipe– Reportando para o superior a situação de risco de acidente

37

ABNT NBR 16230:2013

A.2 Inspetor II

A.2.1 Unidade de competência 1

Planejar a inspeção de estruturas de concreto visando à manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e funcionalidade de acordo com a normalização, de acordo com a Tabela A.4.

Tabela A.4 – Unidade de competência 1 para inspetor II

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Interpretar o escopo técnico do contrato	<ul style="list-style-type: none">– Identificando o objeto do contrato– Avaliando o prazo disponível para execução do serviço– Verificando as exigências contratuais de qualidade, segurança, meio ambiente e saúde
Pesquisar o histórico da obra	<ul style="list-style-type: none">– Fazendo busca de documentos técnicos– Coletando informações complementares (como entrevistas, registros de imprensa etc.)
Elaborar plano de trabalho	<ul style="list-style-type: none">– Dimensionando a equipe– Especificando equipamentos, ferramentas e materiais– Elaborando cronograma– Definindo metodologia de inspeção– Definindo tipos, locais e quantidades de ensaios com base na análise do conjunto de características, propriedades e condições de exposição (Anexo B)– Definindo forma de mobilização e logística– Definindo prioridades

38

A.2.2 Unidade de competência 2

Supervisionar a inspeção de estruturas de concreto, visando à manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e funcionalidade, de acordo com as Normas Brasileiras pertinentes e com a Tabela A.5.

Tabela A.5 – Unidade de competência 2 para inspetor II

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Orientar a equipe	<ul style="list-style-type: none">– Definindo atribuições– Explanando o plano de trabalho– Explanando as exigências contratuais de qualidade, segurança, meio ambiente e saúde
Verificar o cumprimento do plano de trabalho	<ul style="list-style-type: none">– Comparando o avanço físico em relação ao cronograma– Propondo adequações ao plano de trabalho

14

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

39

ABNT NBR 16230:2013

A.2.3 Unidade de competência 3

Avaliar estruturas de concreto visando à manutenção dos requisitos de segurança estrutural, durabilidade e funcionalidade de acordo com as Normas Brasileiras pertinentes e com a Tabela A.6.

Tabela A.6 – Unidade de competência 3 para inspetor II

Elementos de competência	Padrões de desempenho
Diagnosticar o quadro patológico	<ul style="list-style-type: none">– Atribuindo grau de criticidade à estrutura– Analisando o histórico da obra, documentos técnicos e condições ambientais– Analisando os resultados de ensaios de acordo com normas técnicas e parâmetros estabelecidos (Anexo B)– Analisando os dados coletados em campo– Utilizando equipes multidisciplinares
Prognosticar o quadro patológico	<ul style="list-style-type: none">– Analisando o diagnóstico– Elaborando plano de manutenção preventiva e/ou corretiva– Estimando a evolução da manifestação patológica– Utilizando equipes multidisciplinares
Elaborar relatório	<ul style="list-style-type: none">– Compilando os resultados das análises– Organizando a apresentação dos dados– Analisando elementos gráficos– Analisando planilhas quantitativas e qualitativas de anomalias
Emitir laudo	<ul style="list-style-type: none">– Consolidando os resultados das análises– Formalizando as conclusões sobre as análises– Validando relatórios– Propondo a ação a ser tomada
Elaborar metodologia de recuperação ou reparo e proteção	<ul style="list-style-type: none">– Definindo procedimentos executivos– Especificando materiais, equipamentos e normalizações– Utilizando equipes multidisciplinares

40

Anexo B
(normativo)

Requisitos mínimos relativos a ensaios de campo

Tabela B.1 – Requisitos mínimos relativos a ensaios de campo

Ensaio	Inspetor I	Inspetor II
Medidor de espessura de cobrimento de armadura, estimativa do diâmetro e sua posição (pacometria)	EX	AR
ABNT NBR 7584	EX	AR
ABNT NBR 7680	EX	AR
ABNT NBR 8802	EX	AR
ABNT NBR 12655	EX	AR
ASTM C 876	CB	AR
DIN EN 14630	EX	AR

CB Conhecimento básico do ensaio, ou seja, princípio de funcionamento, condições de aplicação, limitações de uso, natureza dos resultados esperados.
 EX Além do previsto em CB, executa o ensaio e registra as condições de ensaio e resultados obtidos.
 AR Além do previsto em EX, planeja, orienta a execução do ensaio, interpreta e avalia os resultados, ou seja, tem discernimento sobre procedimentos executivos de inspeção, amostragem, quantidade de ensaios, periodicidade e pontos de coleta e avalia os limites de aceitação ou representatividade dos resultados.
 NOTA Os inspetores I e II podem dispor de mão de obra auxiliar para transporte e manipulação dos equipamentos necessários à execução dos ensaios.

41

Anexo C
(informativo)

Recomendações para os meios de trabalho

Os meios de trabalho recomendados (equipamentos, máquinas, ferramentas e instrumentos) necessários aos inspetores I e II são os seguintes:

- a) trena eletrônica;
- b) binóculo;
- c) trena de fita;
- d) paquímetro;
- e) máquina fotográfica;
- f) fissurômetro;
- g) termo-higrômetro;
- h) escalímetro;
- i) indicador colorimétrico de pH;
- j) esclerômetro de reflexão;
- k) extratora de testemunho de concreto;
- l) aparelhos de ultrassonografia para concretos;
- m) furadeiras elétricas;
- n) marteleto;
- o) detector de metais e determinador de espessura de cobrimento e de diâmetro de armaduras;
- p) multímetro e eletrodo;
- q) ponteiro, talhadeira, marreta, espátula, desempenadeira, lixa.

42

Exemplo de licitação para inspeção de pontes

43



CONCORRÊNCIA 005/2017-SMSO

**TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE
INSPEÇÕES ESPECIAIS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO EM OBRAS DE ARTE
ESPECIAIS DA CIDADE DE SÃO PAULO**

Setembro/2017

44

3.3. Realização de Ensaios na OAE

A fim de caracterizar mais precisamente o estado de deterioração ou comprometimento do quadro patológico, poderão ser realizados, a partir de um plano desenvolvido com base na análise dos resultados da Inspeção, devidamente justificado, ensaios destrutivos ou não-destrutivos nas estruturas. Os ensaios previstos são os seguintes:

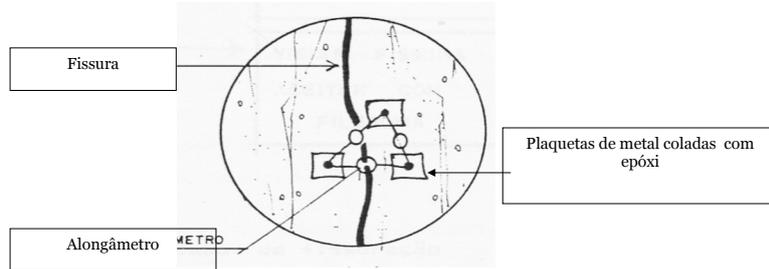
- 3.3.1 Determinação da profundidade de carbonatação do concreto e do cobrimento das armaduras**
- 3.3.2 Verificação do Potencial de Corrosão**
- 3.3.3 Verificação da Resistividade Elétrica do Concreto**
- 3.3.4 Verificação da homogeneidade do concreto**
- 3.3.5 Verificação do fck do concreto**
- 3.3.6 Determinação do teor de íons cloretos**
- 3.3.7 Determinação do teor de sulfatos**
- 3.3.8 Reação Álcali Agregado (RAA)**
- 3.3.9 Instrumentação**

45

INSPEÇÃO e ENSAIOS

46

Procedimento para a determinação de movimentação da fissura pelo método do alongâmetro



Prof. Enio Pazini Figueiredo

49

Pacomетria

50

pacômetro



51



pacômetro

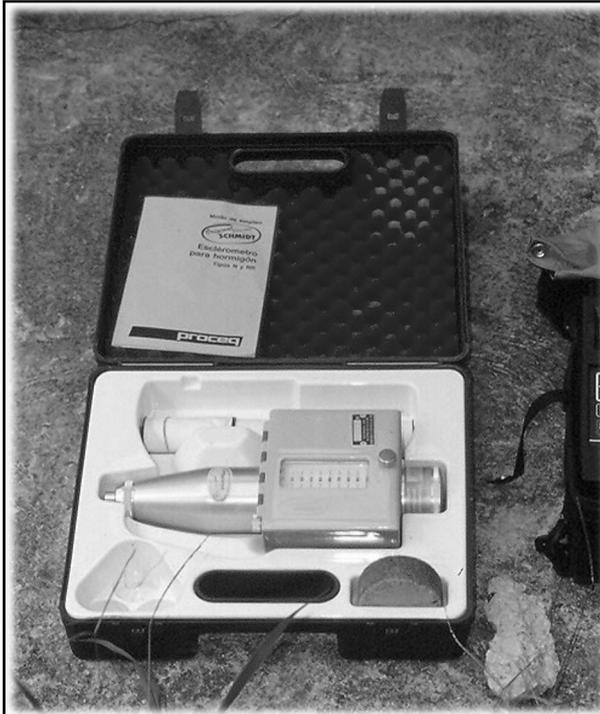
52



53

ABNT NBR 7584 Esclerometria

54

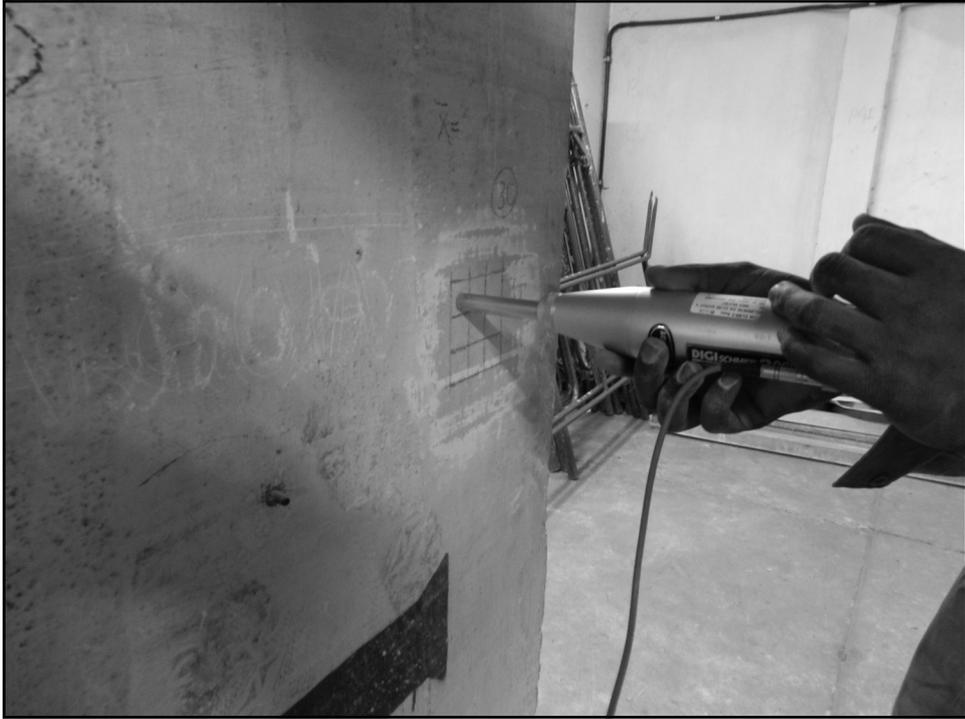


**esclerômetro
de reflexão**

55



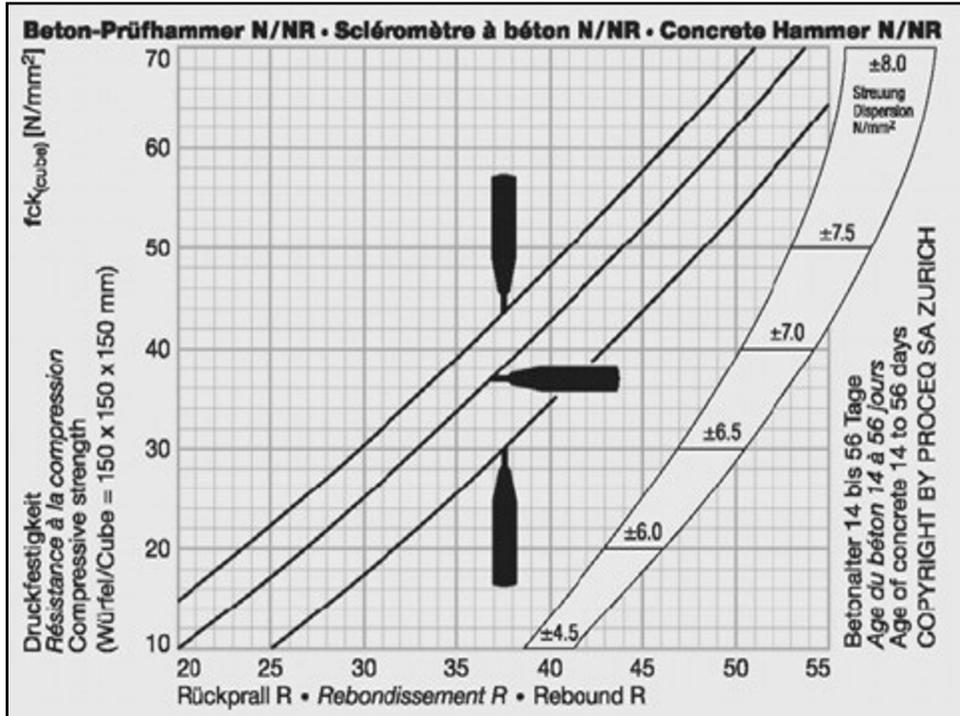
56



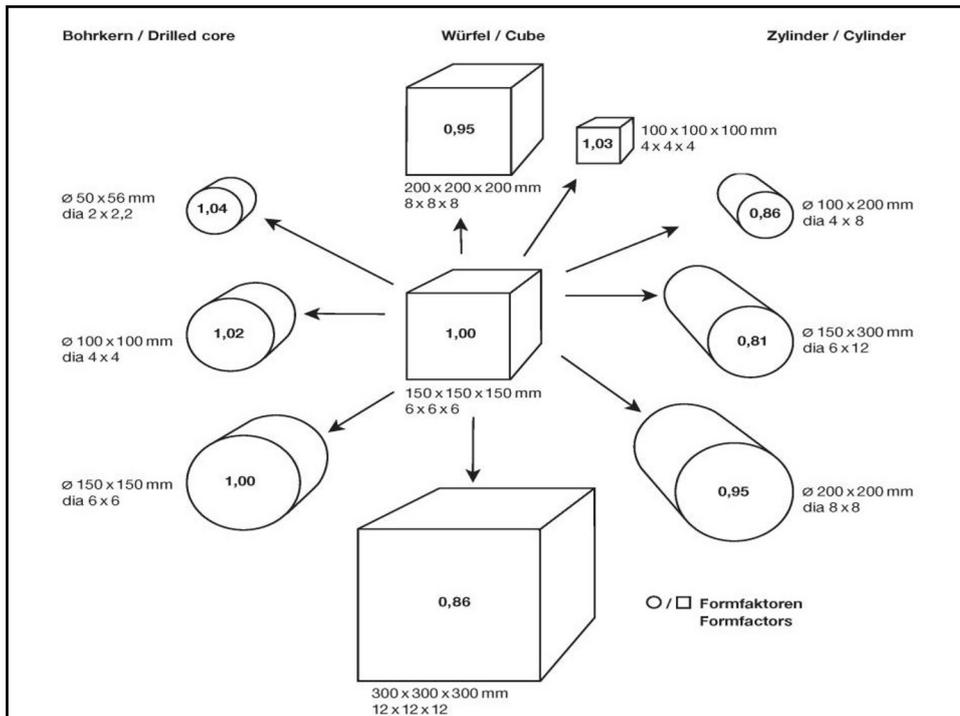
57



58



59



60

ABNT NBR 7680 Extração de testemunhos

61



62



63



64



65



66

ABNT NBR 8802 Ultrassom

67



68

ultrassom calibragem



69

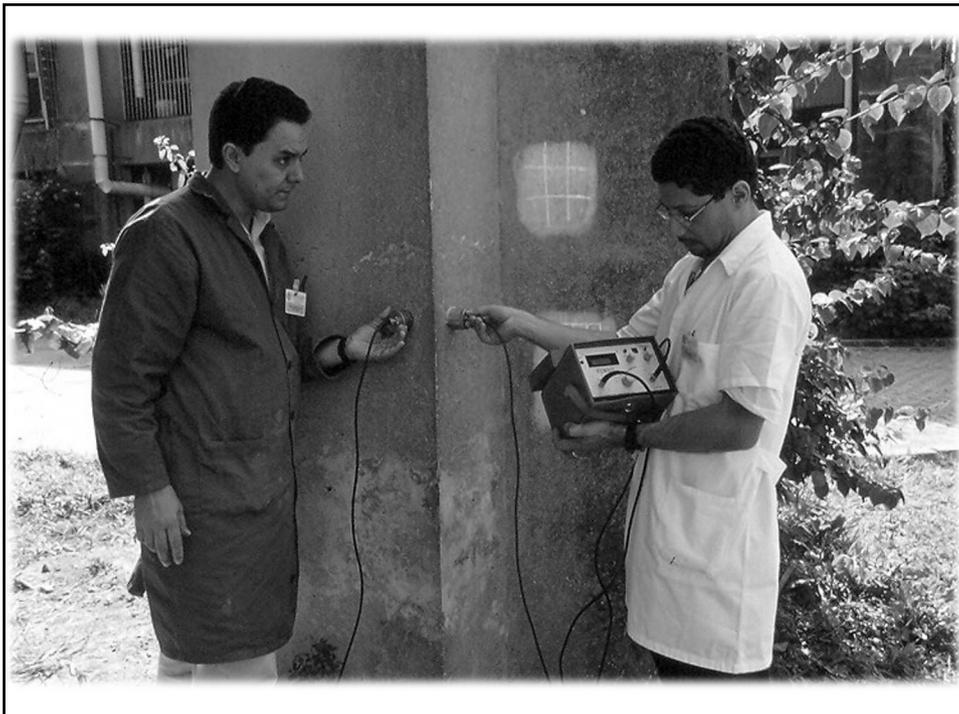


ultrassom

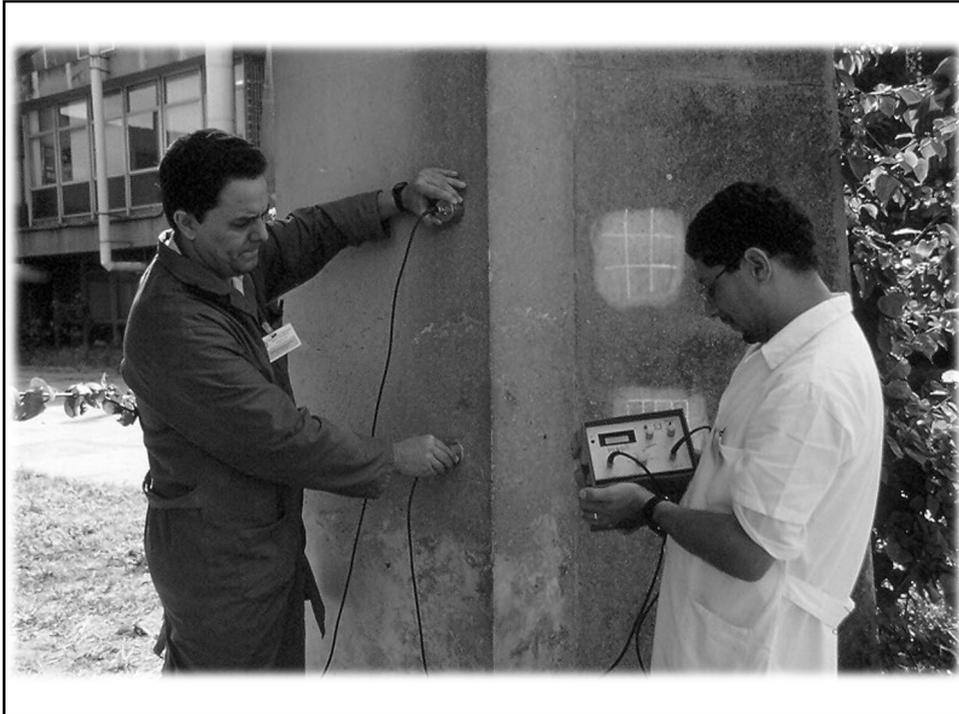
70



71



72



73

ABNT NBR 12655
Sulfatos,
Cloretos e
Solo Agressivo

74

Sulfatos

ABNT NBR 12655:2015

Tabela 4 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa ^c	Acima de 0,20	Acima de 1 500	0,45	40

^a Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

^b A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.

^c Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

75

Amostras de solo



76

Amostras de solo



77

ataque por Sulfatos externos

- Reação químicas na qual íons sulfato (SO_4) oriundos do ambiente circundante reagem com aluminatos do cimento, formando compostos expansivos (etringita+gesso) que absorvem água, gerando tensões internas que fissuram o concreto.
- O ataque desagrega a superfície do concreto, tornando-a friável;
- A velocidade de ataque é normalmente lenta (pode necessitar 5 a 20 anos para que o ataque se manifeste de forma severa);
- Pode gerar movimentações globais da estrutura;



78

ataque por Sulfatos internos (DEF)

- Em alguns casos pode ocorrer uma reação deletéria entre os aluminatos do cimento com os **sulfatos internos provenientes de agregados, adições, ou mesmo reguladores de pega à base de sulfatos de cálcio (gipsita)**;
- Essa reação pode ser desencadeada pela temperatura, sempre que esta sobre passe os 65°C, e neste caso chama-se DEF (delayed ettringite formation) ou formação de etringita tardia;
- O ataque, em geral se manifesta no primeiro ano e pode gerar fissuras de grande abertura a ponto de confundir-se com AAR



Foto: Prof. Tibério Andrade

79

DEF

Trata-se de uma reação por ataque de sulfatos que resulta na formação de etringita tardia (delayed ettringite formation, DEF)

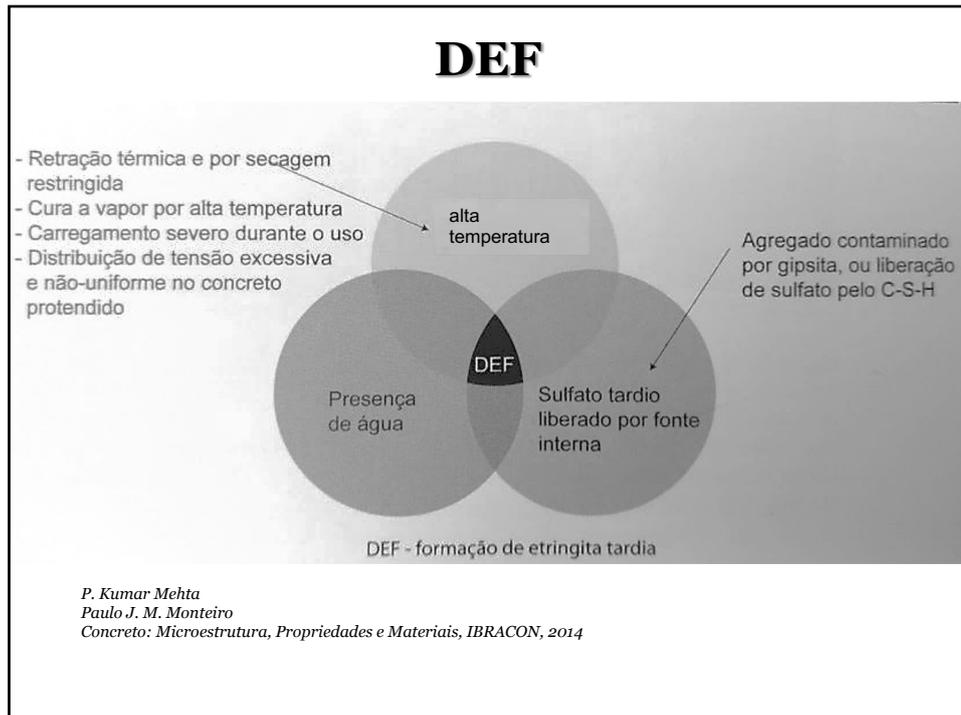


Etringita formada no concreto fresco, pode ser considerado um problema comum. Entretanto, a formação de etringita no concreto endurecido é prejudicial.

Caso a temperatura no interior do concreto atinja temperaturas de mais de 65°C, devido ao calor aplicado (cura térmica) ou a geração de calor durante a hidratação do cimento, principalmente nos casos do lançamento de concreto em grande volume, há risco da formação de etringita tardia, DEF, que pode levar à expansão e à fissuração do elemento estrutural.

Para que os efeitos nocivos ocorram, é necessário que o concreto esteja molhado ou umedecido permanente ou intermitentemente. Os efeitos nocivos são a redução da resistência, a diminuição do módulo de elasticidade e, em algumas situações, a intensa fissuração.

80



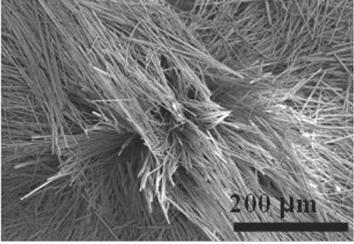
81

ataque por sulfatos – formação cristais expansivos

- C₃A → 8% aluminatos de cálcio



Etringita
(tri sulfoaluminato de cálcio com 32 moléculas de água)



82

Manifestação Patológica

Reações expansivas com a pasta de cimento hidratado

Sintoma: fissuras aleatórias, redução significativa do módulo, da dureza e resistência superficial do concreto, redução do pH com risco de despassivação do aço

Quando o concreto fissura, a sua porosidade aumenta e a água agressiva penetra mais facilmente no seu interior, acelerando o processo de deterioração.

83

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015 “qualidade do cobrimento”

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,50	35
Severa ^c	> 0,20	> 1500	0,45	40

- (a) Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa difusibilidade do concreto ou proteção contra corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.
- (b) A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.
- (c) Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

84

Cloretos

ABNT NBR 12655:2015

Tabela 5 – Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto

Classe de agressividade (5.2.2)	Condições de serviço da estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl ⁻) no concreto % sobre a massa de cimento
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

85

ensaio de aspersão de Nitrato de Prata em corpos-de-prova cilíndricos de argamassa de 5 x 10 cm



Prof. Enio Pazini Figueiredo

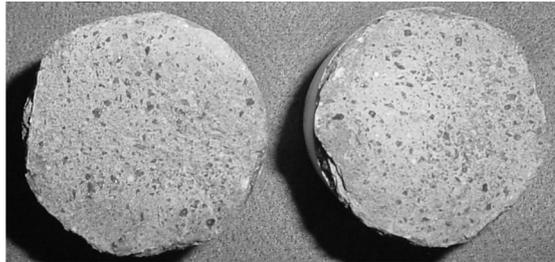
86

Aspecto dos corpos-de-prova após a aspersão



**ausência de cloretos
livres e/ou combinados**

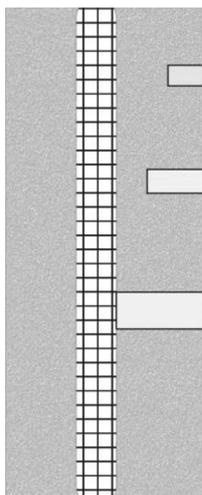
**presença de
cloretos**



Prof. Enio Pazini Figueiredo

87

Cloretos



**ACI, CEB, Internacionais
 $\leq 0,4\%$ concreto armado
 $\leq 0,05\%$ concreto
protendido.**

88

Cloretos

a) Conhecidos:

- Perfil de concentração de cloretos
- Idade da estrutura

b) Calcular o coeficiente de difusividade pela 2ª lei de Fick

c) Simplificadamente ajustar uma lei do tipo $e_{xcl} = k_{cl} \cdot t^{0,5}$

89



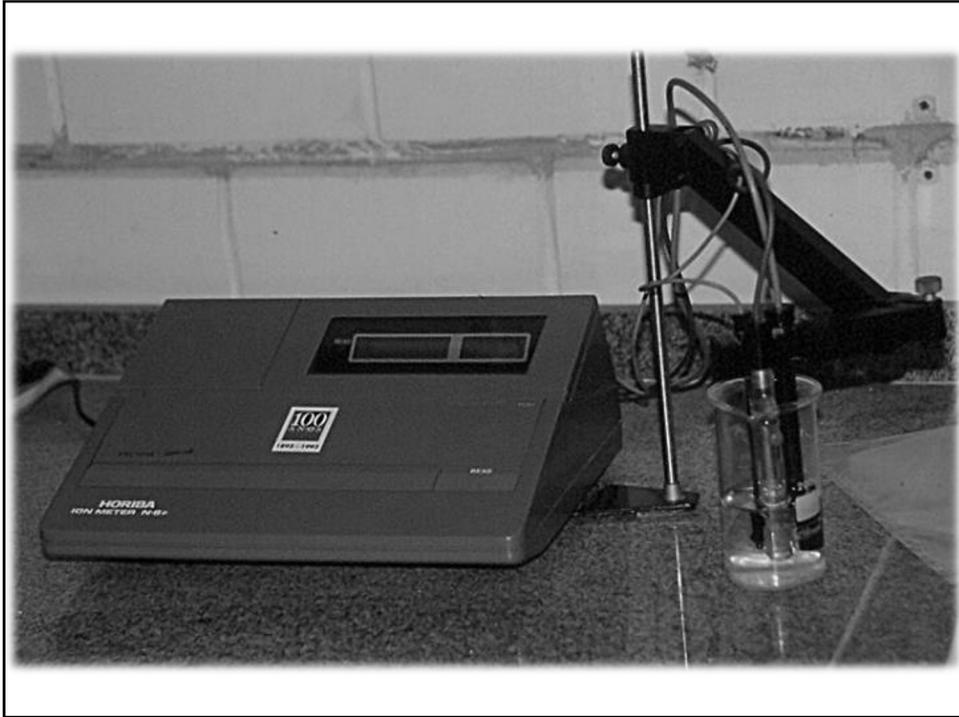
90



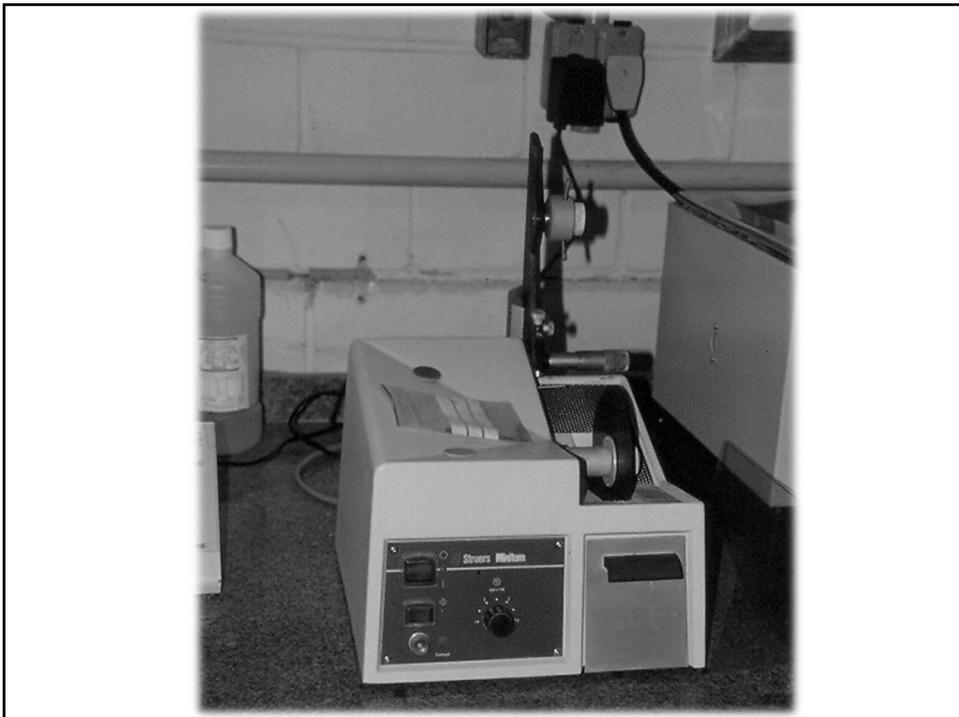
91



92



93



94

Outros agentes agressivos

ABNT NBR 12655:2015

Tabela A.1 Características recomendadas para concreto exposto a soluções aquosas agressivas ^a

Condições de exposição em função da agressividade	pH ^b (Ver Bibliografia, [1])	CO ₂ agressivo mg/L (Ver Bibliografia, [5])	Íon magnésio mg/L (Ver Bibliografia, [3])	Íon Amônia mg/L (Ver Bibliografia, [2])	Resíduo sólido mg/L (Ver Bibliografia, [4])	Máxima relação água/cimento ^b	Mínimo f_{ck} MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	0,45	40

^a Esta Tabela não é exaustiva e, para casos especiais e outras questões complementares, como o tipo e consumo de cimento, bem como da espessura mínima de cobrimento, deve-se consultar um especialista ou fazer uso de procedimentos e normas internacionais aplicáveis e aceitos pela comunidade tecnocientífica, como as constantes da bibliografia desta Norma, que foi utilizada para a elaboração deste Anexo.

^b Propriedade adimensional.

95

Amostras de água



96

Amostras de água

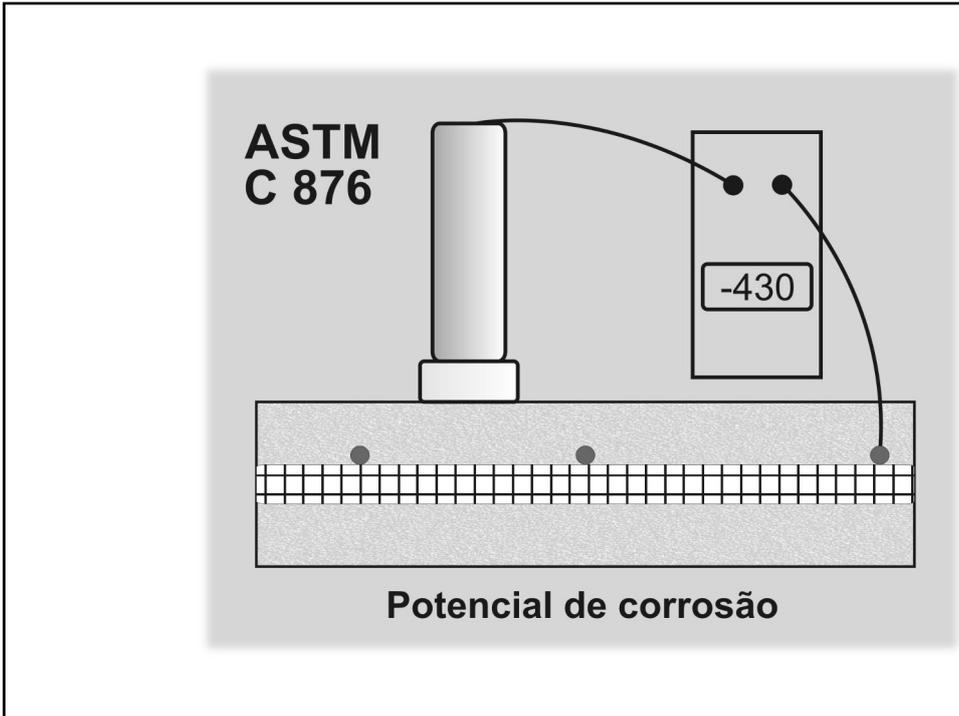


97

ASTM C 876

Potencial de Corrosão

98



99



100



101



102



103

POTENCIAL DE CORROSÃO

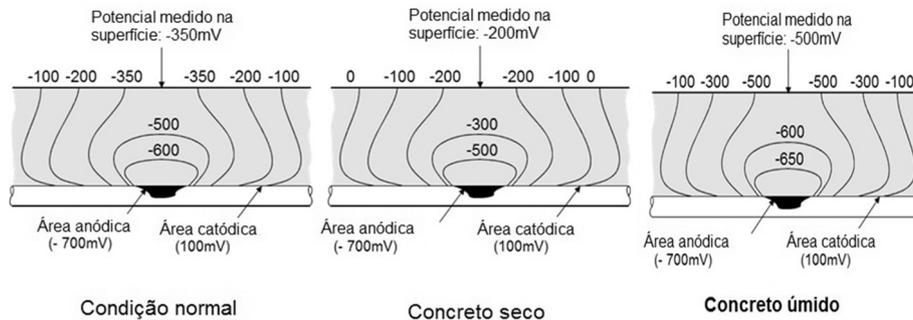
Critérios de avaliação segundo a ASTM C-876

E_{corr} (mv, Cu/SO ₄ Cu)	PROBABILIDADE DE CORROSÃO
> -200	< 5%
entre -200 e -350	50%
< -350	> 95%

A utilização dessa técnica para a obtenção de um mapa de linhas equipotenciais pode ser bastante útil no momento de identificar as regiões de caráter anódico de uma estrutura de grandes dimensões (FIGUEIREDO et al., 1991). Esses mapas têm sido usados para planejar trabalhos de reparo de estruturas de concreto.

104

Potencial de corrosão

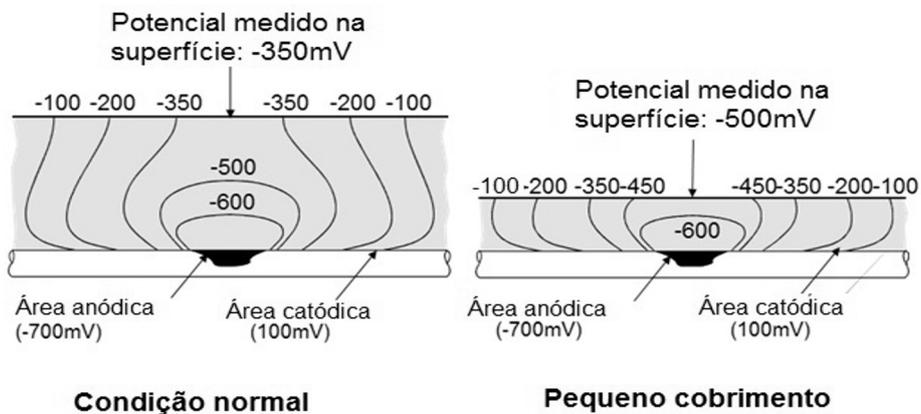


- Influência da umidade do concreto seco e úmido sobre o potencial de corrosão medido (modificado de VENNESLAND *et all.*, 2009)

Prof. Enio Pazini Figueiredo

105

Potencial de corrosão ou de eletrodo



- Influência da espessura do cobrimento sobre o potencial de corrosão medido (modificado de VENNESLAND *et all.*, 2009)

Prof. Enio Pazini Figueiredo

106

DIN EN 14630

Profundidade de Carbonatação

107

Profundidade de Carbonatação

- **Fenolftaleína**
- **Timolftaleína**

1% água / álcool

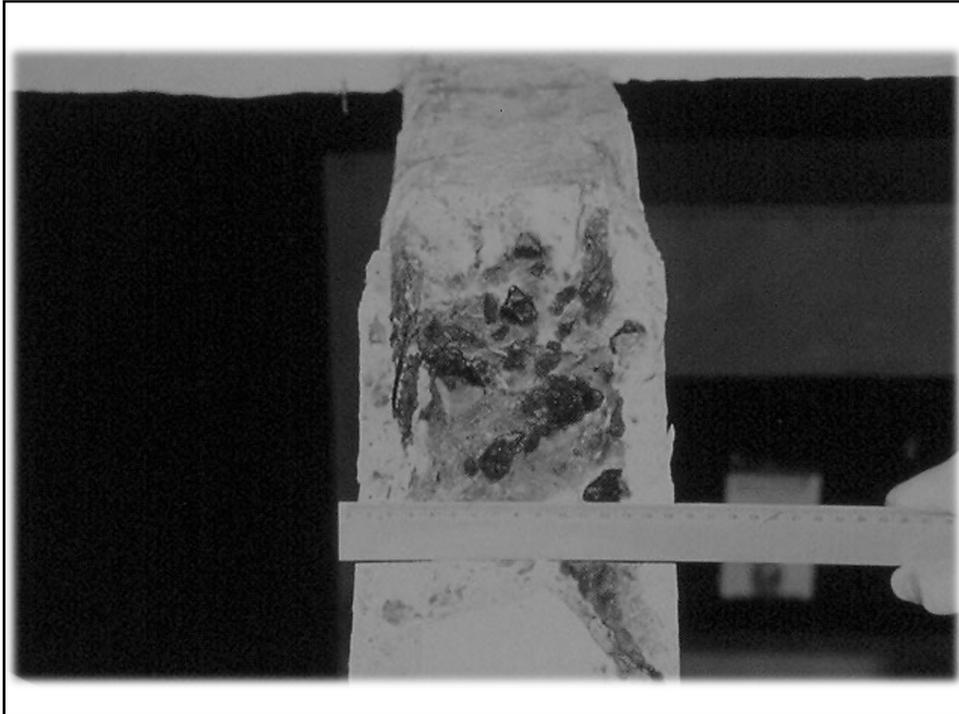
108



109



110



111

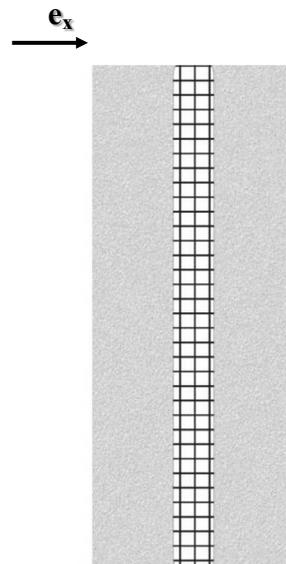
Carbonatação

a) Conhecidos:

- Espessura carbonatada
- Idade da estrutura

b) Calcular k:

$$e_x = k \cdot t^{0,5}$$



112

Resistividade superficial e volumétrica

113



resistividade iônica superficial

114



resistividade iônica superficial

115

■ Resistividade elétrica superficial do concreto



Modelos de sensores para monitorar a resistividade superficial do concreto baseados na técnica dos quatro eletrodos (<http://www.proceq.com>)

116

Resistividade Superficial

Interpretação dos resultados do ensaio de resistividade

RESISTIVIDADE (ohm . cm)	risco de corrosão da armadura
< 5000	MUITO ALTO
5000 A 10000	ALTO
10000 A 20000	BAIXO/MODERADO
> 20000	BAIXO

Prof. Enio Pazini Figueiredo

117

ABNT NBR 9204:2012 Concreto endurecido: determinação da resistividade elétrica-volumétrica – Método de ensaio

a resistividade elétrica-volumétrica do concreto é expressa, nas respectivas idades (28 dias e 91 dias), pela média aritmética dos resultados individuais, considerando 3 cps na câmara umida e 3 cps no ambiente de laboratório.

Norma técnica da SABESP NTS 162

condição saturado com superfície seca (SSS) > 15.000 ohm.cm

Metrô de São Paulo ET-5.00.00.00/3J4-001

1. condição úmida > 15.000 ohm.cm
2. condição seca > 60.000 ohm.cm

Prof. Enio Pazini Figueiredo. Revista CONCRETO. IBRACON

118

ABNT NBR

15577

RAA

119

NBR 15577-1	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto
NBR 15577-2	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto
NBR 15577-3	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto

120

NBR 15577-4	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado
NBR 15577-5	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado
NBR 15577-6	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto

121



122

ABNT NBR 15577

Ensaio

NBR 15577-2	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto
--------------------	--

- **Periodicidade de realização dos ensaios**
 - A cada seis meses ou 150 000 m³ de agregados produzidos, o que ocorrer primeiro, devem ser realizados ensaios de verificação da potencialidade reativa de acordo com o fluxograma da Figura 2 (seção 5) da Parte 1 desta Norma.

123

ABNT NBR 15577

Ensaio

NBR 15577-4	Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado
--------------------	---

- **Avaliação do grau de reatividade dos agregados**
 - Barras de argamassa com traço de 1:2,25 (cimento:agregado) com relação a/c fixa igual a 0,47
 - Cura em solução aquosa de NaOH 1N a (80 ± 2)°C durante 28 dias
- **Valores de expansão ≥ 0,20% aos 30 dias indicam que o agregado é potencialmente reativo.**
- **Valores de expansão < 0,20% aos 30 dias indicam que o agregado é potencialmente inócuo.**

124

ABNT NBR 15577

Ensaio

NBR 15577-6

Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6:
Determinação da expansão em prismas de concreto

- **Avaliação do grau de reatividade dos agregados**
 - Variação dimensional de prismas de concreto de (7,5x7,5x 28,5) cm, com 1,25%eq Na₂O e consumo de cimento de 420kg/m³, curado a 38°C, durante um ano.
- **Valores de expansão ≥ 0,04% em 1 ano indicam que o agregado é potencialmente reativo.**
- **Valores de expansão < 0,04% em 1 ano indicam que o agregado é potencialmente inócuo.**

125

ABNT NBR 15577

Teor de álcalis (kg/m³ Na₂O_e) fornecido pelo cimento ao concreto em função da dosagem de cimento (kg/m³) e do teor de álcalis do cimento (%Na₂O_e)

Teor de cimento (kg/m ³)	Teor de álcalis no cimento (% Na ₂ O _e)				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Álcalis fornecidos pelo cimento (kg/m ³ Na ₂ O _e)				
250	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
275	1,65	1,93	2,20	2,48	2,75
300	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
325	1,95	2,28	2,60	2,93	3,25
350	2,10	2,45	2,80	3,15	3,50
375	2,25	2,63	3,00	3,38	3,75
400	2,40	2,80	3,20	3,60	4,00
425	2,55	2,98	3,40	3,83	4,25

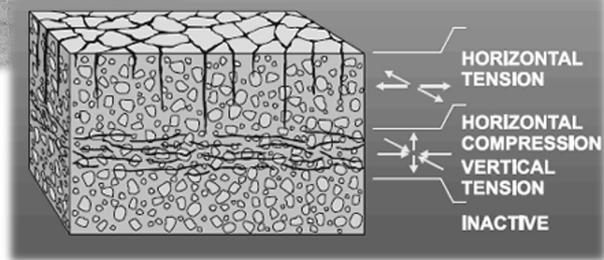
Fournier and Bérubé (2000)

126

Sintomatologia



Fissuração disseminada
(mapeamento)



127

Métodos de Ensaio

- Análise visual
- Extração de testemunhos
- Módulo de elasticidade
- Análise petrográfica
- Ensaio em barras de argamassa
- Ensaio em prismas de concreto

128

Como prevenir?

1. Controlando álcalis no cimento;

Na₂O equivalente < 0,6%

Total álcalis < 3kg/m³

2. Controlando reatividade nos agregados

Método químico ASTM C 289 (24h)

Análise visual ASTM C 294 (24h)

Análise petrográfica ASTM C 295 (24h)

129

Como prevenir?

3. Controle da reatividade no concreto

Método de barras adição mineral ASTM C441 (6 meses)

Método das barras de argamassa ASTM C227 (6 meses)

Método carbonato → ASTM C586

Método álcali carbonato → ASTM C1105

Método acelerado das barras ASTM C1260 (16d e 28d)

Método dos prismas de concreto ASTM C1293 (1ano)

130

Como prevenir?

4. Uso de adições

Método de barras adição mineral ASTM C 441 (6 meses)

Eficácia de adições ASTM C 1567
microsílica, metacaulim, cinzas volantes, escória

5. Impermeabilização

silicone, epóxi, poliuretano, cimento+latex, betume,
drenar, etc.

131

OBRIGADO

paulo.helene@concretophd.com.br

132