

## **VISTORIA TÉCNICA: UM ESTUDO DE CASO DA ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL FRANCISCO SALES FILHO EM ITAITINGA – CE**

Klézio Silva Monte (Prefeitura de Itaitinga - CE) E-mail: klezio\_monte@hotmail.com  
José Ari Rangel Monteiro Filho (Prefeitura de Itaitinga - CE) E-mail: ari.rangel.m@hotmail.com

**Resumo:** O anexo da Escola Fundamental Francisco Sales Filho está localizado na Rua Mario Sales nº 460, no bairro Jabuti, na cidade de Itaitinga, no Estado do Ceará. A estrutura do Anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho é composta por um sistema convencional de concreto armado, contendo pilares, vigas e lajes treliçadas. O anexo é constituído de 1 (um) pavimento térreo com (circulação, caixa de escada e 4 salas de aulas) e 1º pavimento superior também constituído com (circulação, caixa de escada e 4 salas de aulas), coberta em telhado com telhas cerâmicas sobre madeiramento convencional em duas águas e revestimento de piso do tipo granilite. A Edificação em anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho apresenta algumas manifestações patológicas, entre elas destaca-se fissuras e trincas no revestimento de piso das salas e no hall, fissuras nas faces das vigas e deslocamento do material cerâmico do revestimento de parede.

**Palavras-chave:** Fissuras, trincas, deslocamento.

## **RECOVERY AND STRENGTHENING STRUCTURAL OF THE ANNEX OF THE SCHOOL ELEMENTARY FRANCISCO SALES FILHO IN ITAITINGA - CE**

**Abstract:** The annex of the Francisco Sales Filho Elementary School is located at Rua Mario Sales nº 460, in the Jabuti neighborhood, in the city of Itaitinga, in the State of Ceará. The structure of the Francisco Sales Filho Elementary School Annex is composed of a conventional system of reinforced concrete, containing pillars, beams and lattice slabs. The annex consists of 1 (one) ground floor with (circulation, stairwell and 4 classrooms) and an upper 1st floor also consisting of (circulation, stairwell and 4 classrooms), covered in a roof with ceramic tiles. on conventional gabled wood and granilite floor covering. The building attached to the Francisco Sales Filho Elementary School presents some pathological manifestations, among them cracks and fissures in the floor covering of the rooms and in the hall, fissures on the faces of the beams and the detachment of the ceramic material of the wall covering.

**Keywords:** Fissures, cracks, detachment.

### **1. Introdução**

Conhecer os mecanismos e formas de deterioração do concreto, possibilita a promoção de um dos passos fundamentais para a realização de uma avaliação real das condições das estruturas danificadas e implementar soluções.

Neste momento, a recuperação e reforço das estruturas surgem como um forte segmento de mercado da indústria da construção civil, e vem atender a necessidade de reestabelecer as condições originais das estruturas danificadas, ou promover adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso.

Observam-se na literatura, grandes avanços ocorridos nos últimos anos através do desenvolvimento de novos materiais, assim como inovações das metodologias de aplicação destes produtos.

Observam-se na literatura, grandes avanços ocorridos nos últimos anos através do desenvolvimento de novos materiais, assim como inovações das metodologias de aplicação destes produtos.

Quanto aos materiais e técnicas propriamente ditos, os maiores destaques são os concretos e argamassas, considerando-se que se bem projetados e executados são em termos de qualidade e economia um bom princípio, repondo com estes materiais onde era suposto que assim existissem (SOUZA & RIPPER, 1998).

São abordados aspectos do monitoramento e da manutenção preventiva, visando atendimento aos requisitos da durabilidade e qualidade. Estes são aspectos de fundamental importância para uma utilização segura ao longo de toda a vida útil da estrutura e para evitar a necessidade de intervenções de alto custo relacionadas com recuperação e reforço.

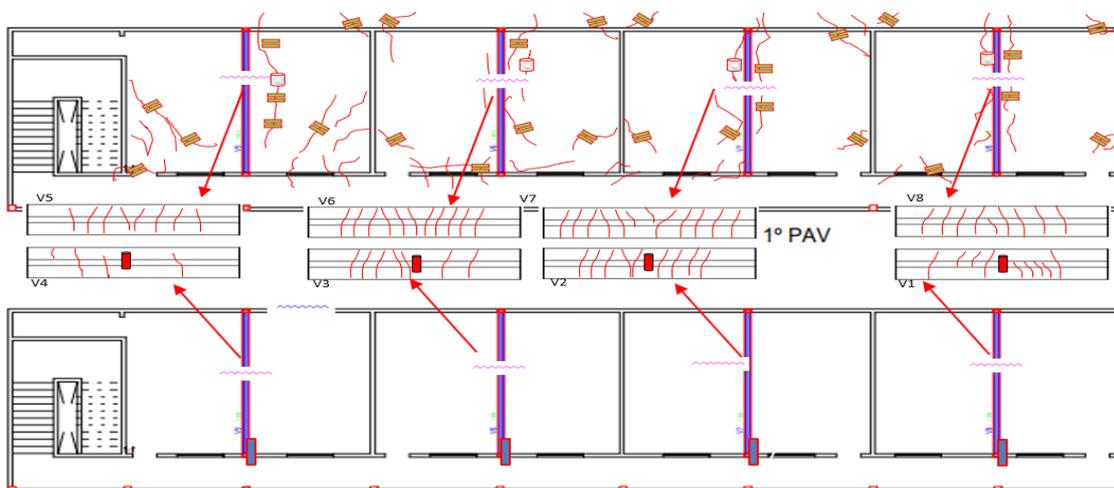
## 2. Objetivos

Inspecionar, realizar vistoria técnica para constatação de manifestações patológicas, realização de ensaios destrutivos e não destrutivos na estrutura de concreto armado do Anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho, que objetivou avaliar a segurança e estabilidade estrutural.

## 3. Revisão bibliográfica e contextualização

As vistorias técnicas foram realizadas no período de 22 a 24 de fevereiro de 2022 e dia 04 de março de 2022. Foram feitos ainda o levantamento geométrico dos elementos estruturais, ensaio de esclerometrias nas faces das vigas do 1º pavimento e nas vigas do teto das salas do térreo, próximo às extrações dos testemunhos realizados nas vigas, objetivando a determinação da resistência à compressão.

A partir de análise visual e tátil, foi identificada uma série de manifestações patológicas presentes na estrutura causadas em decorrência da ausência de projeto, falhas construtivas na execução do Anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho. Na Figura 2 mostram o mapeamento das fissuras no piso, os locais de aplicação dos selos de gesso, locais de ensaios e a legenda das manifestações patológicas.



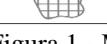
|         |  |  |   |   |
|---------|--|--|---|---|
| LEGENDA |  Esflorescência   |  Corrosão de armadura         |  Furo irregular  |  Reparo Indevido         |
|         |  Infiltração      |  Armadura exposta             |  Fissura         |  Fissura de Cisalhamento |
|         |  Baixo cobrimento |  Deslocamento do revestimento |  Fissura de Laje |  Fissura de Torção       |

Figura 1 - Mapeamento das manifestações patológicas com a legenda e locais de ensaios.

### 3.1 Mapeamento das Fissuras e Realização de Ensaio de Selo de Gesso

Foi realizado o mapeamento das fissuras no piso do 1º pavimento superior e executado 28 selos de gesso distribuídos nas salas de aulas e no hall de circulação. Ver mapa de fissura e locação dos ensaios de selos de gesso na figura 2. As referidas fissuras podem ser resultantes da baixa espessura do granilite, menos de 2cm, e/ou deficiência das juntas de dilatação ou mesmo em função da deformação estrutural, que gera esforço de tração nos revestimentos do piso(contrapiso/granilite). Depois de 15 dias foram feitas inspeções nos selos de gesso para analisar se as fissuras estão ainda ativas, constatamos que nenhum selo de gesso se rompeu, evidenciando que as fissuras no piso estão inativas.

### 3.2 Realização de prospecção em algumas fissuras

Foram realizados 4 (quatro) prospecção sobre algumas fissuras no piso do 1º pavimento superior nas salas de aulas. Ver mapa de fissura na figura 2. Depois de 15 dias foram feitas inspeções nos locais das prospecções para analisar se as fissuras adentravam a estrutura de concreto armado, constatamos que as profundidades das 4 (quatro) fissuras prospectadas, apenas uma apresentava a fissuração na estrutura, evidenciando que as fissuras atingiram a laje de concreto.

Ademais em todas as amostras extraídas das prospecções a fissura atingia o granilite e o contrapiso por completo.

### 3.3 Mapeamentos de Fissuras nas Faces das Vigas do Teto do Térreo e do 1º Pavimento

Foram realizados o mapeamento das fissuras das faces das vigas do teto do térreo e 1º pavimento, ver mapa de fissura na figura 1.



Figura 2 - Detalhe do mapeamento de fissuras nas faces das vigas.

### 3.4 Ensaios realizados

Os ensaios, tais como: ensaio de esclerometrias nas faces das vigas do 1º pavimento e nas vigas do teto das salas do térreo, próximo às extrações dos testemunhos realizados nas vigas que objetivou a determinação da resistência a compressão através do método não destrutivo (esclerometro de reflexão) e destrutivo (Extração de testemunhos),

encontram-se em anexo no final deste volume, juntamente com o Laudo Técnico, emitindo um parecer quanto à segurança e estabilidade da estrutura do anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho com base nas constatações e nos resultados dos ensaios.

### **3.5 Projeto de reforço estrutural**

Após analisar as constatações das vistorias técnicas e os resultados dos ensaios, pode-se afirmar que a estrutura de concreto armado do Anexo da Escola Fundamental Francisco Sales Filho apresenta anomalias estruturais críticas, ausência de projetos e baixas resistências à compressão e que necessitam de um estudo mais aprofundado para que possa garantir a segurança e estabilidade estrutural mínima exigida pelas normas técnicas brasileiras.

A conclusão do laudo técnico afirma que a estrutura de concreto armado do Anexo da Escola Fundamental Francisco Sales Filho não apresenta risco de colapso global imediato, porém devem ser adotadas algumas medidas para segurança, caso contrário pode resultar em agravamento da situação, acarretando a necessidade de reparos mais dispendiosos, prejuízos materiais e risco aos próprios usuários.

Tendo em vista os resultados obtidos no laudo técnico, foi elaborado um projeto para reforço de tais estruturas com as indicações dos serviços a serem executados e materiais a serem utilizados em cada etapa.

## **4.0 Metodologia**

### **4.1 Extração e Ruptura dos Corpos de Prova**

As extrações dos corpos de prova foram realizadas conforme as orientações prescritas na NBR 7680-1 (ABNT, 2015) – Concreto, Extração, Preparo, Ensaio e Análise de testemunhos de estruturas de concreto parte 1: Resistência à compressão axial.

Inicialmente, realizaram-se os ensaios de pacometria na superfície lateral das vigas prospectadas, com o objetivo de identificar as posições das armaduras dos referidos elementos estruturais, possibilitando, desta forma, a redução ou eliminação do corte involuntário das armaduras. Para a realização deste ensaio, foi utilizado um aparelho detector de materiais de marca BOSCH, modelo GMS – 120.

Para a extração dos corpos de prova, utilizou-se uma perfuratriz DD200 da marca HILTI, com um serra diamantado de 100 mm de diâmetro, fixada em um suporte, horizontal, para garantir a perpendicularidade do furo com a superfície do elemento estrutural, conforme figura 3.



Figura 3 – Ensaio de pacometria e extração de testemunhos

No laboratório, os corpos de prova foram cortados e retificados com o objetivo de regularizar a superfície para garantir uma distribuição uniforme de forças nas faces dos corpos de prova na etapa de ruptura. Em seguida, o diâmetro e a altura foram medidos com auxílio de um paquímetro, ver figura 4.



Figura 4 – Retificação dos corpos de prova

Na sequência, os testemunhos foram rompidos em uma máquina universal de ensaio, da marca CONTENCO, modelo 100T, com velocidade de carregamento constante, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007), VER FIGURA 5.



Figura 5 – Corpos de prova rompidos na máquina universal de ensaio

O valor da resistência à compressão dos corpos de prova, extraídos da estrutura de concreto, expresso em megapascals, foi calculado através da equação 1.

$$F_{ci,ext,inicial} = F_c / A_s \quad (1)$$

Onde:

$F_c$  – é a resistência a compressão inicial, em megapascals (Mpa)

$F_c$  – é a carga máxima aplicada, em newtons (N)

$A_s$  – é a área da seção da amostra, em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>)

Destaca-se que, após a determinação da resistência inicial, os valores foram corrigidos, através da aplicação dos coeficientes de correção ( $k_1, k_2, k_3, k_4$ ) e expressos em megapascals.

Em seguida, calculou-se a resistência a compressão axial do testemunho, através da equação 2, conforme preconiza a NBR 7680 (ABNT, 2015)

$$F_{ci,ext} = (1 + (k_1+k_2+k_3+k_4)) F_{ci,ext,initial}$$

#### 4.2 Determinação da resistência à compressão pelo método de esclerômetro de reflexão

O ensaio de esclerometria foi realizado conforme as orientações prescritas na NBR 7584 (ABNT, 2013) – Concreto endurecido, avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – método do ensaio.

O método de avaliação de dureza superficial, utilizando-se o equipamento esclerômetro de Schmidt, consiste em impactar uma superfície com uma dada energia de impacto, baseado no princípio de que a reflexão de uma massa elástica, lançada contra a superfície, depende da natureza dessa superfície.

O referido equipamento pesa cerca de 1 kg e tem dentro dele uma mola principal e um êmbolo. Quando se choca, por meio de uma haste com ponta de forma semiesférica, contra a superfície de concreto em ensaio, depois que golpeia na superfície, ele retorna, pela lei física que compreende a ideia de que toda ação corresponde a uma reação de mesma intensidade, em sentido contrário.

No caso do esclerômetro de reflexão, a energia de impacto é, em parte, consumida na deformação plástica permanente, provocada na superfície em ensaio e, em parte, refletida elasticamente, proporcionando o retorno do martelo. A distância do rebote é registrada como um “número de rebote”, e este número é chamado de índice esclerométrico (IE) ou índice de reflexão.

A figura 6 demonstra o processo descrito acima com o esclerômetro de reflexão.

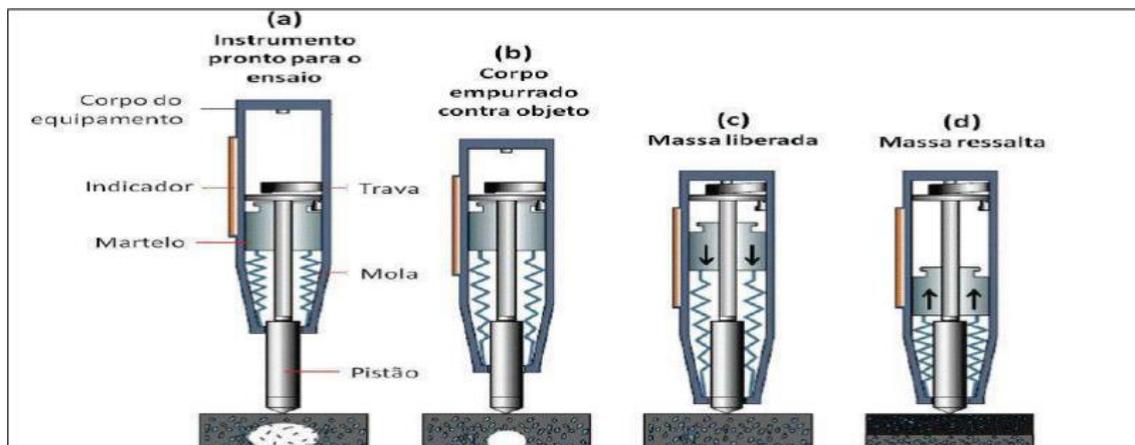


Figura 6 – Esquema ilustrando o funcionamento do esclerômetro de reflexão

Para a realização do ensaio, foi utilizado um aparelho esclerômetro de marca CONCRETE TEST HAMMER, modelo HT – 225 A, com número de série 131119.

Os ensaios com esclerômetro de reflexão foram realizados nos pilares e nas vigas prospectadas em áreas distantes dos cantos e arestas.

Inicialmente, as áreas de ensaios foram preparadas por meio de polimento mecânico e depois limpas com pincel para remoção da poeira superficial. Em seguida, foram realizadas as demarcações das áreas de impactos, com o desenho reticulado com lado de 200mm x 200mm, ver figura 7.



Figura 7 – Processo de preparação da superfície, marcação de reticulado e ensaio de esclerometria.

Em cada área de ensaio, foram realizados 16 (dezesseis) impactos, com distância mínima, entre si, de 30 mm, em pontos distribuídos uniformemente na área (ensaio) de 200 mm x 200 mm.

Calcula-se a média aritmética dos 16 valores individuais, tendo como resultado o índice esclerométrico da área ( $IE_m$ ), correspondente a uma única área de ensaio.

Todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10 % do  $IE_m$  deve ser desconsiderado e se procede ao cálculo da nova média, conforme preconiza a NBR 7584 (ABNT,2013).

O cálculo do índice esclerométrico médio efetivo ( $IE_a$ ) é dado pela equação 3:

$$IE_a = K \cdot IE_m$$

$IE_a$  – é o índice esclerométrico médio efetivo

$K$  – é o coeficiente de correção do índice esclerométrico, obtido quando da verificação do aparelho, conforme item 3.1.2 da referida norma;  $k = 0,97$

$IE$  - é o índice esclerométrico médio da área

### 4.3 Determinação da profundidade de carbonatação na estrutura

A determinação da profundidade de carbonatação seguiu as orientações mencionadas na LNEC – 391 (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, PORTUGUAL) – Concretos – Determinação da profundidade de carbonatação (Adaptação).

Inicialmente, os corpos de prova extraídos foram limpos e identificados. Em seguida, utilizando um borrifador, uma fina camada de solução alcoólica de fenolftaleína foi aplicada sobre a superfície dos corpos de prova extraídos.

Na sequência, observou-se a sua coloração, sendo possível medir a profundidade de carbonatação com o uso de uma trena métrica. Destaca-se que a zona carbonatada deve apresentar-se incolor, e a não carbonatada deverá apresentar uma coloração rosada, ver figura 8.



Figura 8 – Testemunhos após a aplicação da solução de fenolftaleína, com a face incolor e rosada.

Nas duas amostras, constatamos que a frente de carbonatação ainda não atingiu a região da armadura secundária da viga, e que possivelmente irá desencadear o processo de corrosão das referidas armaduras caso não sejam tomadas medidas protetivas.

### 5.0 Resultados

Constam na tabela 1, os valores das resistências à compressão dos corpos de prova de concreto (testemunhos), extraídos das vigas V1, V2, V3 e V4, pertencentes à estrutura de concreto armado do Anexo da Escola de Ensino Fundamental Sales Filho, com os respectivos valores iniciais e corrigidos, conforme preconiza a ABNT NBR 7680-1/2015.

Tabela 1 – Resultados das resistências à compressão dos corpos de prova.

| Ident. Amostra | Elementos ensaiados | Ø do CP (mm) | Altura do CP (mm) | Coeficiente de correção |      |      |       | Força (N) | $f_{ci, ext, Inicial}$ (MPa) | $f_{ci, ext, corrigido}$ (MPa) |
|----------------|---------------------|--------------|-------------------|-------------------------|------|------|-------|-----------|------------------------------|--------------------------------|
|                |                     |              |                   | K1                      | K2   | K3   | K4    |           |                              |                                |
| ExtV1          | VIGA V1             | 100          | 155               | -0,04                   | 0,06 | 0,05 | -0,04 | 176.776   | 22,5                         | 23,2                           |
| ExtV2          | VIGA V2             | 100          | 155               | -0,04                   | 0,06 | 0,05 | -0,04 | 149.897   | 19,1                         | 19,7                           |
| ExtV1          | VIGA V1             | 100          | 120               | -0,06                   | 0,06 | 0,05 | -0,04 | 86.328    | 11,0                         | 11,1                           |
| ExtV2          | VIGA V2             | 100          | 125               | -0,07                   | 0,06 | 0,05 | -0,04 | 86.936    | 11,1                         | 11,1                           |

Constam na tabela 2, os valores do índice esclerométrico médio corrigido ( $k=0,97$ ), bem como da resistência à compressão estimada com correção da frente de carbonatação na região esclerometrada das vigas V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7 e V8 pertencentes a estrutura de concreto armado do Anexo da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho.

Tabela 2 – Os índices esclerométricos e as resistências à compressão estimada com a correção da carbonatação.

| Ident. Amostras | Elementos ensaiados | Índice esclerométrico médio corrigido (k=0,97) | Resistencia à compressão Estimada (MPa) |
|-----------------|---------------------|--|---|
| EscV1           | VIGA V1             | 35,6   | 23,7                                    |
| EscV2           | VIGA V2             | 32,3   | 22,3                                    |
| EscV3           | VIGA V3             | 20,8   | 13,9                                    |
| EscV4           | VIGA V4             | 21,2   | 14,1                                    |
| EscV5           | VIGA V5             | 28,8   | 19,2                                    |
| EscV6           | VIGA V6             | 21,6   | 14,4                                    |
| EscV7           | VIGA V7             | 22,4   | 14,9                                    |
| EscV8           | VIGA V8             | 20,5   | 13,6                                    |

## 6.0 Conclusões e recomendações

A carbonatação é um dos mecanismos que mais se verifica na deterioração do concreto armado nos centros urbanos. O dióxido de carbono, presente no ar, penetra nos poros do concreto e reage com o hidróxido de cálcio, formando carbonato de cálcio e água. Este processo resulta da redução da alcalinidade do concreto.

Em concreto homogêneo, a carbonatação progride com a frente paralela à superfície. Quando a frente de carbonatação atinge o cobrimento das armaduras, estas ficam desprotegidas (despassivadas), devido à perda de alcalinidade do concreto, permitindo, assim, o início da sua corrosão (desde que existam água e oxigênio), comprometendo, assim, a durabilidade da estrutura de concreto.

Quanto aos resultados do ensaio de profundidade de carbonatação, em análise, conforme apresentados na figura 8, constatou-se que nas duas amostras extraídas das vigas V1 e V2 apresentam uma profundidade de carbonatação média de 15 mm e as amostras V3 e V4 apresentaram frente de carbonatação média de 25 mm, ou seja, valor maior que as amostras citadas anterior, demonstrando que tem o concreto mais poroso, quando comparado às amostras V1 e V2.

A partir dos valores das duas resistências à compressão dos corpos de prova de concreto (testemunhos), extraídos das vigas V1, V2, V3 e V4 pertencentes a estrutura de concreto armado da Escola de Ensino Fundamental Francisco Sales Filho, determinou-se a resistência à compressão real média no valor de 16,3 Mpa (163,0 kgf/cm<sup>2</sup>).

Porém destacamos a falta de homogeneidades entre as resistências a compressão das quatro vigas, as vigas V1 e V2 apresentaram valores maior e com média de resistência de 21,45 Mpa (214,5 kgf/cm<sup>2</sup>), e as vigas V3 e V4 apresentaram valores iguais, porém menores, resultando no valor médio de 11,1 Mpa (111kgf/cm<sup>2</sup>).

A partir dos valores dos índices esclerométricos individuais, apresentados na tabela 2, verificados pelo método não destrutivo (Esclerômetro de reflexão) e considerando a frente de carbonatação das regiões esclerometradas, podemos concluir que os valores dos índices esclerométricos são elevados e homogêneos, influenciados principalmente pelo processo de carbonatação.

Em relação aos resultados das resistências à compressão, estimados a partir da influência da frente de carbonatação, constatados nos ensaios de esclerometrias, constatou-se uma resistência média estimada de 17,0 Mpa (170 kgf/cm<sup>2</sup>), valor este

pouco superior a resistência a compressão real média no valor de 16,3 Mpa (163kgf/cm<sup>2</sup>), determinada a partir dos resultados dos testemunhos extraídos.

É importante esclarecer quanto a aplicação dos referidos métodos (destrutivo e não destrutivo), para obtenção da resistência a compressão do concreto, que o método destrutivo propicia resultados mais reais, tendo em vista que não sofre tanta influência da carbonatação e de outros fatores, como, por exemplo, o tipo de cimento, o tipo de agregado, as condições de umidade da superfície. E que, portanto devem ser considerados em detrimento de outros ensaios.

### **7.0 Referências**

SOUZA, V. C., RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998. 255 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680-1 (Versão Corrigida: 2015):** Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: **Concreto endurecido- Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão- Método de ensaio**, 2013.