

UTILIZAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS NA ANÁLISE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

*Juliana Rodrigues Siqueira¹
Fábio Sergio da Costa Pereira²*

RESUMO

O Concreto armado no Brasil surgiu no século XX sendo o método construtivo mais utilizado nas edificações atualmente, no entanto existem inúmeras edificações recentes e antigas com patologias que afetam o dia a dia do proprietário, causadas por erros cometidos nas etapas de construção da obra ou devido à falta de manutenção na edificação. Em virtude disso, para evitar transtornos para o construtor e para o proprietário, este trabalho tem como objetivo apresentar a descrição das metodologias executivas de alguns ensaios não-destrutivos existentes. Estes ensaios servem para identificar as causas das patologias existentes e direcionar os serviços de recuperação estrutural e/ou reforço estrutural a serem executados, contribuindo assim tanto para evitar danos nas estruturas como para identificar problemas ainda no estágio inicial da construção gerando um custo inferior aos serviços de recuperação estrutural a serem realizados ou a não necessidade da realização dos mesmos, sem causar danos (destruição) aos materiais analisados, fato este importantíssimo principalmente nos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes). Os ensaios realizados neste trabalho foram: PH do concreto, presença de cloretos, presença de carbonatação, resistência à compressão através de esclerômetro. Foi realizado um estudo de caso como modelo para execução destes ensaios não destrutivos, visando a melhoria do estado das estruturas de concreto armado, bem como a diminuição das patologias nas edificações e ocorrência de colapsos estruturais. Após a análise dos resultados dos ensaios não-destrutivos realizados, e exames visuais in-loco, foi evidenciado patologias nas estruturas analisadas, devendo-se iniciar o projeto de recuperação e reforço dos pilares das estruturas do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), pois as mesmas necessitam de serviços de recuperação e/ou reforço estrutural, devido a existência de corrosão com ou sem perda de seção das armaduras, apresentando contaminação por cloretos e por carbonatação, além de deficiência de resistência a compressão, devendo-se realizar a seguinte metodologia executiva nos serviços: remoção do concreto desagregado com liberação das armaduras com corrosão, aplicação de um hidro jateamento de areia nas armaduras com corrosão para sua limpeza, aplicação de pintura de zinco nas armaduras antigas, aplicação de grout tixotrópico, aplicação de uma argamassa de cimento e areia no traço 1:3 para recomposição das seções e aplicação de uma argamassa polimérica externa visando o aumento da durabilidade e vida útil. Caso exista situação de perda de seção superior a 10% em alguma armadura principal ou de estribo nos pilares, deverá se proceder o reforço estrutural com introdução de nova armadura com mesmo diâmetro e comprimento, sendo a mesma ancorada no bloco de fundação, substituindo-se o grout tixotrópico pelo grout expansivo, com a introdução de formas metálicas.

Palavra-chave: Ergonomia. Análise. Diagnóstico.

- 1 Engenheira Civil pelo Centro Universitário do Rio Grande do Norte: UNI-RN. Endereço para acessar CV: <http://lattes.cnpq.br/1736853288192968>.
- 2 Docente PhD. Coordenador do Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário do Rio Grande do Norte - UNI-RN. E-mail: engecal.fabio@gmail.com. Endereço para acessar CV: <http://lattes.cnpq.br/6695109770318583>.

ABSTRACT

The history of reinforced concrete in Brazil arose in the century XX and is the method constructive more utilized in buildings in days of day, however exist numerous buildings recent and old with pathologies affecting the day by day the owner, such facts possibly occur in steps constructive the work or due the lack maintenance in buildings. Because of that to avoid disorders for the constructor and for the owner. This article has the objective to Present in the description of executive methodologies of currently existing non-destructive trials and the results obtained in the non-destructive trials performed in loco in reinforced concrete structures of Centro Universitário do Rio Grande do Norte. These tests are used to identify the causes of existing pathologies and to address recovery services and structural reinforcement to be executed, thus contributing to prevent damage in the structures as well as to identify problems still in the initial stage of construction, without causing any damages (destruction) of the material analyzed, which is extremely important mainly in structural elements (pillars, beams and slabs). The tests referred to in this article are PH of concrete, presence of chlorides, presence and depth of carbonation, integrity test of cuttings of reinforced concrete, identification and location of the armour, resistance to compression through a rebound hammer. At the end of the article it will be presented a case study, which serve as models for the execution of these non-destructive tests by the community of civil construction and improving the state of our concrete structures, as well as the decreasing of pathologies in our buildings and the occurrence of structural collapses. After analyzing the results of the non-destructive tests performed, and in-situ visual exams, pathologies were evidenced in the analyzed structures, and the recovery and reinforcement of the pillars of the structures of the Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI) -RN, since they require recovery and / or structural reinforcement services, due to the existence of corrosion with or without loss of section of the reinforcement, presenting chloride and carbonation contamination, as well as compressive strength deficiency, the application of a sandblasting in the reinforcement with corrosion for its cleaning, application of zinc paint in the old reinforcement, application of thixotropic grout, application of a cement and sand mortar in the 1: 3 trace for the recomposition of the sections and an external polymer mortar to increase durability and service life. If there is a section loss of more than 10% in some main reinforcement or abutment in the abutments, the structural reinforcement should be carried out with the introduction of new reinforcement of the same diameter and length, being anchored in the foundation block, replacing the thixotropic grout by the expansive grout, with the introduction of metallic forms.

Keywords: Carbonation. Chlorides. Resistance.

1 INTRODUÇÃO

As edificações são de grande importância para as atividades humanas nos dias de hoje, como atividades industriais, comerciais ou para uso residencial. Elas devem atender as exigências do cliente e corresponder às expectativas depositadas ao comprar um imóvel.

As exigências do cliente tornaram-se maiores em todas as áreas de consumo, tornando-o necessário maior atenção a qualidade do produto, no caso das edificações, é primordial que as patologias pós-obra sejam minimizadas ao máximo, ou ainda, que essas patologias fossem mostradas no cronograma de manutenção ao decorrer da utilização da estrutura.

A implantação do Código de Defesa do Consumidor em 1990 possibilitou o cliente de artifícios para fazer valer seus direitos, fazendo com que surgisse os conceitos de “qualidade”, “desempenho” e “certificações de conformidades”, exigindo melhorias em todo o processo construtivo, como material e também mão-de-obra (GONÇALVES, 2015).

No Brasil, o prazo de garantia que os construtores devem dar em suas construções é de cinco anos, prazo previsto no Código Civil. No entanto, existem poucas pesquisas para que as patologias adquiridas no intervalo de cinco anos sejam minimizadas. Segundo Degussa (2008), isso acontece porque grande prazo do aprendizado na área de engenharia estrutural é voltado para a parte de projeto e execução das estruturas, deixando de lado a reabilitação e manutenção das estruturas em geral.

A falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação (GONÇALVES, 2015).

2 DIAGNÓSTICOS DE PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

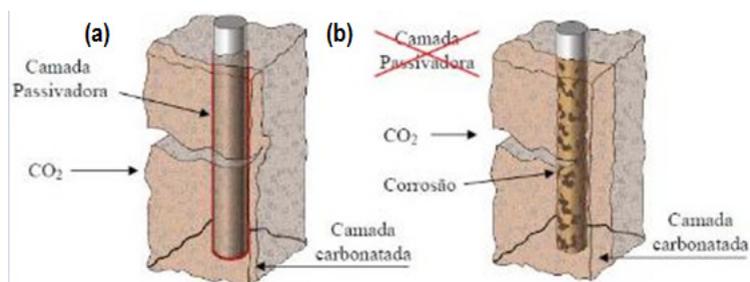
2.1 MÉTODOS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

2.1.1 Ensaio de carbonatação

O processo de carbonatação do concreto é resultado de uma reação química que altera o PH do material e pode reduzir a durabilidade da estrutura. O composto químico que desencadeia o fenômeno da carbonatação quando o concreto está exposto a alta concentração é o gás carbônico isso ocorre quando o CO₂ da atmosfera penetra no concreto e reage com a umidade e a temperatura ambiente. Com isto ocorre a corrosão generalizada.

Para evitar corrosão no concreto e nas armaduras é necessária a introdução de uma camada passivadora ou protetora, como mostra a (figura 12).

Figura 1 – Esquema do processo de Carbonatação; (a) Fase inicial; (b) Fase final.



Fonte: Tula (2000).

As condições ambientais concentram alto teor de CO₂, aumentando as chances de ataque ao concreto. Como também o traço do concreto com alteração no fator água/cimento resultam em concretos porosos e por isso aumentam as chances de difusão de CO₂ nos poros. Um concreto com baixa permeabilidade ao compactar, dificultará a entrada de agentes agressivos.

Os danos causados são vários como: fissuração do concreto, destacamento do recobrimento do aço, redução da seção da armadura e perda de aderência desta com o concreto.

Para aberturas de fissura maior que 0,4 mm, segundo Souza e Ripper (1998), a carbonatação é acelerada e ruma diretamente às barras da armadura. Portanto, pode-se concluir que se o concreto estiver totalmente saturado, não haverá carbonatação, dado que a propagação do dióxido de carbono se dá através dos poros do concreto.

2.1.1 1 Descrição do método

O ensaio de carbonatação é um ensaio simples sendo um bom indicador de corrosão, tendo um custo acessível, variando seu resultado de acordo com a qualidade do concreto e a exposição a umidade. O indicador utilizado para o experimento é a fenolftaleína que é aplicada no concreto. Após a sua aplicação se a superfície do concreto ficar com coloração rosa ele não apresenta carbonatação, ou seja, despassivação da alcalinidade do concreto. Após a sua aplicação se a superfície do concreto ficar incolor ele tem carbonatação, ou seja, ocorreu a despassivação da alcalinidade do concreto.

Figura 2 – Incolor – apresenta carbonatação



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo (2017).

Figura 3 – Rosa – não apresenta carbonatação



Fonte: Pereira (2010).

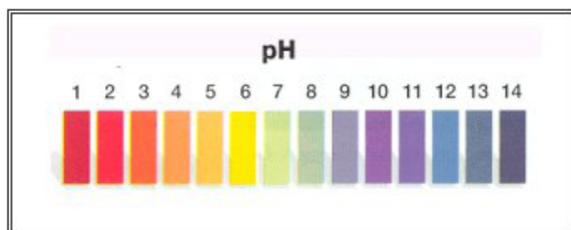
2.1.1.2 Norma técnica

RILEM CPC-18 – Profundidade de Carbonatação

2.1.2 Ensaio de ph do concreto

O PH é a medida de acidez ou alcalinidade de uma solução. É utilizado para medir a concentração de íon hidrogênio existente na solução. O PH é dividido em 3 etapas, ácido, neutro e alcalino. Em uma solução ácida o seu PH é abaixo de 7, uma solução neutra a substância tem valores próximos a 7, e uma solução é considerada alcalina quando seus valores são maiores que 7. O Cimento tem o PH alto, então é uma substância alcalina e essa alcalinidade impede a corrosão do material metálico. Com o passar dos anos, essa alcalinidade diminui, pois, o concreto absorve gás carbônico da atmosfera com isso a armação de ferro fica propícia a corrosão. O Concreto inicialmente preparado deve ter um PH acima de 12.

Figura 4 – Tabela de cores PH



Fonte: Colégio Assis Chateaubriand et al.(2011).

2.1.2.1 Descrição do método

O Lápis medidor de PH, mostra o real ph do concreto e identifica a presença de carbonatação in-loco. Deve-se limpar o concreto nas áreas a serem analisadas, molhar e riscar a superfície com o Lápis. Em pouco tempo aparecerá à cor que informará, pela escala de cor apresentada na figura 13, a seguir, qual o valor do pH do concreto. Na figura 14, mostra a descrição dos constituintes em relação ao pH.

Figura 5 – Realização do ensaio de Ph em um dos pilares da piscina do complexo Noilde Ramalho.

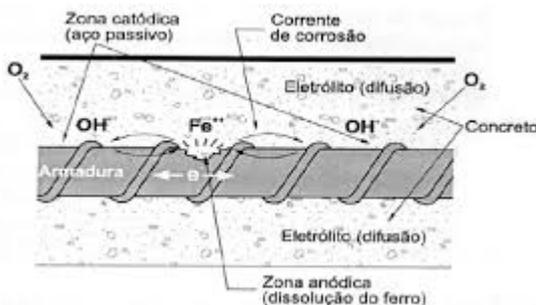


Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo(2017).

2.1.3 Ensaio de presença de cloretos

A contaminação por íons de cloreto pode acontecer na composição do concreto como agente acelerador de pega e endurecimento, e podem vir através de agregados e água de amassamento contaminados (nestes casos diz-se que eles são incorporados a massa de concreto). Ou podem penetrar por sais anticongelantes (empregados nos invernos rigorosos de países frios), salmouras industriais e maresia, nestes casos diz-se que a contaminação se deu por impregnação da superfície de concreto pelos agentes agressivos externos). Causando assim a corrosão nas armaduras que é uma das principais causas de deterioração da estrutura. Estes íons são agressivos comparando-os com o CO₂ e outras soluções ácidas. A (figura 15) mostra a deteriorização localizada na armadura.

Figura 6 – Detalhe da penetração de cloretos.



Fonte: HUSNI (2003).

2.1.3.1 Descrição do método

O Ensaio de presença de Cloreto é um ensaio parecido com o ensaio de carbonatação, simples e prático de fazer. O indicador utilizado para o experimento foi o nitrato de prata – que foi despejado no corpo de prova. Após a aplicação se a superfície do concreto ficar incolor significa que não tem cloreto no concreto. Após a aplicação se a superfície do concreto ficar com coloração marrom ou branca significa que tem cloreto no concreto.

Figura 7 - Incolor – não apresenta cloreto



Figura 8 - Marrom ou branco – apresenta cloreto



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo(2017). **Fonte:** Elaborado pelas autoras para o artigo(2017)

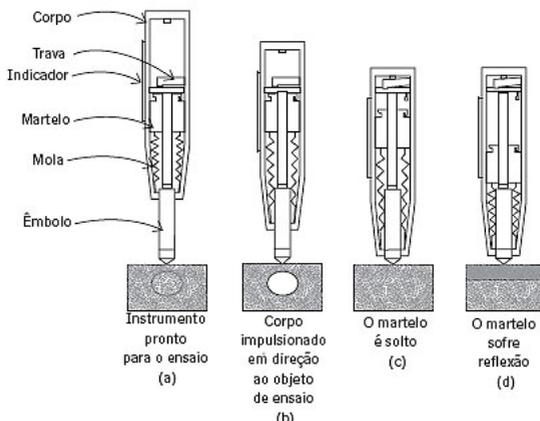
2.1.3.5 Norma técnica

ASTM C1152 e ASTM C1411 – Teor de cloreto

2.1.4 Ensaio de resistência à compressão através da esclerometria

Segundo Bungey (1989), as tentativas iniciais de medir a dureza superficial do concreto ocorreram no ano de 1930, quando inicialmente foi utilizado um método de medição no retorno de uma bola de aço fixada no pêndulo, ou atirada de uma pistola. Porém o princípio do ricochete foi o mais aceito mundialmente, que diz que “o retorno de uma massa elástica depende da dureza da superfície onde ela se choca”, entretanto o esclerômetro mais usado em vários países por anos tem sido o suíço “Schmidt Hammer”. A (figura 24) mostra o esquema do ensaio de esclerometria.

Figura 9 – Esquema do ensaio de esclerometria



Fonte: Mehta e Monteiro (2008).

2.1.4.1 Descrição do método (I.E.)

Este método submete a superfície do concreto a vários impactos de forma padronizada, como mostra a figura 26, medindo-se o valor do índice esclerométrico (I.E). Tem-se verificado que não há uma correlação única entre o valor do índice esclerométrico e a resistência à compressão, devido à influência de vários fatores nessa relação: tipo e quantidade de cimento, natureza do agregado, maturidade e teor de umidade do concreto (FOCAOARU, 1984). A (figura 25) mostra o processo de lixamento do pilar antes dos impactos.

Tabela 1 – Índice Esclerométrico

IES			
IE1	IE2	IE3	IE4
IE5	IE6	IE7	IE8
IE9	IE10	IE11	IE12
IE13	IE14	IE15	IE16

Fonte: Escobar et al. (2008).

No final ao medir o índice esclerométrico faz-se uma média mínima e máxima dos valores encontrados.

Equação 1 – Média Máxima

$$MédiaMáx = \frac{SomaIES(16)}{16}$$

Fonte: Adaptada ABNT (2012a).

Equação 2 – Média Mínima

$$MédiaMin = \frac{SomaIES(5)}{5}$$

Fonte: Adaptada ABNT (2012a).

Figura 10 – Lixamento dos pilares antes da aplicação do esclerômetro.



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo(2016).

Figura 11 – Aplicação do esclerômetro em um dos pilares do UNI-RN.



Fonte:Elaborado pelas autoras para o artigo (2016).

2.1.4.2 Vantagens e aplicações do ensaio de esclerometria

O esclerômetro é um equipamento fácil de operar e acessível, com relação aos dados coletados possuindo grande eficiência e rapidez. Quase não há danos na superfície, sendo os mesmos praticamente nulos. O método é bom para avaliação da uniformidade do concreto, monitoramento do desenvolvimento da resistência ao longo do tempo e também para estimar a resistência do concreto. Com a utilização deste método, pode-se comparar a qualidade do concreto em diferentes áreas da estrutura sem necessidade de danificar o concreto, o que exigiria pequenos reparos, e também estimar a sua resistência com base em curvas de correlação. Devendo-se sempre relacionar os resultados obtidos com o esclerometro com os obtidos na prensa hidráulica, por causa dos vários fatores que influenciam o ensaio de esclerometria.

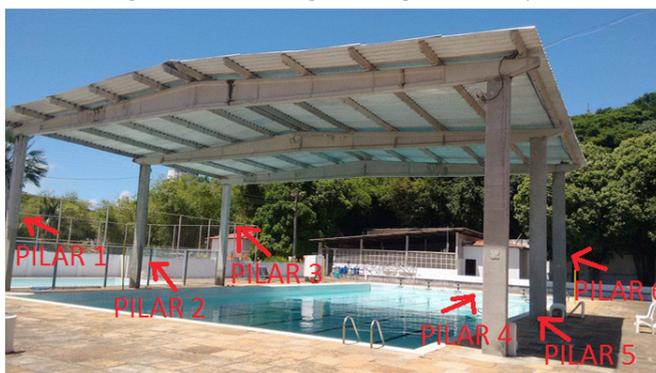
2.1.4.3 Norma técnica

ABNT NBR 7584:2012 – Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio

3 ESTUDOS DE CASOS

3.1 ESTUDO DE CASO 1 – PISCINA DO ED/HC

Figura 12 – Vista dos pilares da piscina do ED/HC



Fonte:Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

3.2 ESTUDO DE CASO 2 – GINÁSIO DE INTEGRAÇÃO

Figura 13 – Vista do Ginásio de Integração



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 14 – Pilares do ginásio de integração



Fonte:Elaborado pelas autoras para o artigo(2018).

Figura 15 – Pilares do ginásio de integração



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 16 – Pilares do ginásio de integração



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo(2018).

3.3 ESTUDO DE CASO 3 – GINÁSIO POLIVALENTE 1

Figura 17 – Vista dos ginásios polivalentes



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 18 – Pilar do ginásio polivalente 1



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 19 – Pilar do ginásio polivalente 1



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

3.4 ESTUDO DE CASO 4 – GINÁSIO POLIVALENTE 2

Figura 20 – Pilares do ginásio polivalente 2



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 21 – Pilares do ginásio polivalente 2



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

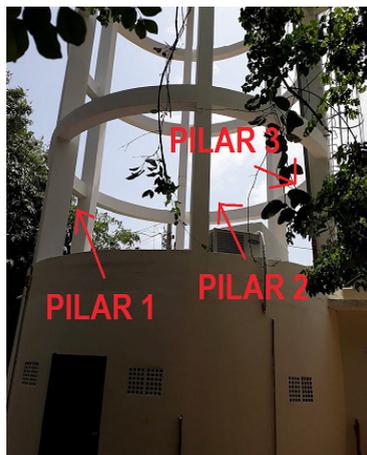
3.5 ESTUDO DE CASO 5 – RESERVATÓRIO SUPERIOR

Figura 22 – Vista do reservatório Superior



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 23 – Pilares do reservatório Superior



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 24 – Pilares do reservatório Superior



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

3.6 ESTUDO DE CASO 6 – CORREDOR DOS LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA CIVIL

Figura 25 – Pilares do corredor dos laboratórios de engenharia civil



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

3.7 ESTUDO DE CASO 7 – PRAÇA DE ESPORTES NOILDE RAMALHO

Figura 26 – Vista da praça de esportes Noilde Ramalho



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 27 – Pilares externos da praça de esportes Noilde Ramalho



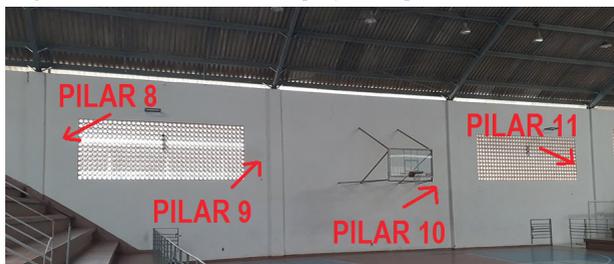
Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 28 – Pilares externos da praça de esportes Noilde Ramalho



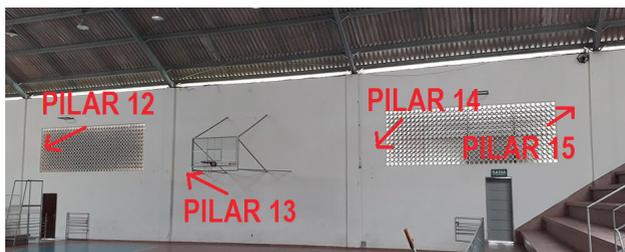
Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 29 – Pilares internos da praça de esportes Noilde Ramalho



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

Figura 30 – Pilares internos da praça de esportes Noilde Ramalho



Fonte: Elaborado pelas autoras para o artigo (2018).

4 RESULTADOS OBTIDOS

Este experimento foi aplicado na parte externa do concreto, evitando que o ensaio se tornasse destrutivo.

Para as estruturas construídas antes do ano de 2003 adota-se a norma NBR6118/1978 com fck mínimo de 18MPa.

Atualmente adota-se a norma NBR 6118/2014 com o fck mínimo de 20 MPa.

Tabela 2 – Resultados obtidos dos ensaios não destrutivos realizados no Complexo Noilde Ramalho

ESTUDO DE CASO	ECLERONOMETRIA			ENSAIOS				CARBONATAÇÃO		CLORETO	
	NÚMERO DE PILARES	NORMA	RESISTÊNCIA MÉDIA	PH			POSSUI	NÃO POSSUI	POSSUI	NÃO POSSUI	
PISCINA DO COMPLEXO ED/HC	6	57 e 11	22,48 Mpa	ÁCIDO	NEUTRO	ALCALINO					
GINÁSIO DE INTEGRAÇÃO	11	101 e 11	8,46 Mpa	x			x		x		
GINÁSIO POLIVALENTE 1	2	21	32,27 Mpa	x			x		x		
GINÁSIO POLIVALENTE 2	8	81	37,42 Mpa	x			x		x		
RESERVATÓRIO SUPERIOR	6	61	28,29 Mpa	x			x		x		
CORREDOR DE ENGENHARIA CIVIL	18	111 e 21	21,21 Mpa	NÃO FOI POSSÍVEL A REALIZAÇÃO DESTES ENSAIOS							
PRAÇA DE ESPORTES NOILDE RAMALHO	15	151	8,07 Mpa								

Tabela 3 – Ensaio de pH

ESTUDO DE CASO	PH				
	ÁCIDO	NÚMERO DE PILARES	Nº TABELA	NEUTRO	ALCALINO
PISCINA DO COMPLEXO ED/HC	x	3 Pilares	pH = 2		
		2 Pilares	pH = 3		
		1 Pilar	pH = 4		
GINÁSIO DE INTEGRAÇÃO	x	5 Pilares	ph = 2		
		6 Pilares	pH = 3		
GINÁSIO POLIVALENTE 1	x	1 Pilar	pH = 2		
		1 Pilar	Ph = 3		
GINÁSIO POLIVALENTE 2	x	1 Pilar	pH = 2		
		4 Pilares	Ph = 3		
		2 Pilares	Ph = 4		
		1 Pilar	Ph = 8		x
RESERVATÓRIO SUPERIOR	x	6 Pilares	Ph=3		
CORREDOR DE ENGENHARIA CIVIL		NÃO FOI POSSÍVEL A REALIZAÇÃO DESTE ENSAIO			
PRAÇA DE ESPORTES NOILDE RAMALHO					

5 CONCLUSÃO

Todos os pilares avaliados estão carbonatados, com presença de Cloreto, com pH do concreto ácido e 33 PILARES com resistência de compressão abaixo da NBR 6118/1978, no caso 18 MPA.

RECUPERAÇÃO - Remoção do concreto desagregado com liberação das armaduras com corrosão, aplicação de um hidro jateamento de areia nas armaduras com corrosão para sua limpeza, aplicação de pintura de zinco nas

armaduras antigas, aplicação de grout tixotrópico, aplicação de uma argamassa de cimento e areia no traço 1:3 para recomposição das seções e aplicação de uma argamassa polimérica externa visando o aumento da durabilidade

REFORÇO ESTRUTURAL – PERDA DE ARMADURA SUPERIOR A 10% deve-se introduzir uma nova armadura com mesmo diâmetro e comprimento sendo a mesma ancorada no bloco de fundação, substituindo-se o grout tixotrópico pelo grout expansivo com a introdução de formas metálicas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7584** Concreto endurecido Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, 2012.

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das estruturas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: Ibracon, 2005.

ANDRADE, J.J.O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. Porto Alegre, 1997. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto: procedimento. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

CASTRO, R. **Diferença de PH no concreto desencadeia corrosão nas armaduras**. São Paulo, 2007.

CONCRETO Microestrutura, propriedades e Materiais. Mehta e Paulo Monteiro, 2. ed. 2008. Ed. Ibracon.

CRAUSS, C. **Penetração de cloretos em concretos com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial.** Santa Maria-RS, 2010, p.20-25.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações.** 2015. 174 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 13823:** General principles on the design of structures for durability. Genebra: Iso, 2008.

JORGE, A.C. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** Rio de Janeiro, 2002, p.17-21 e p.40-42.

RODRIGUES, F. **Fenolftaleína,** Maringá, 2012.

SAMANIEGO, Y. **Ensaio não destrutivo para avaliação da resistência do concreto:** estudo de aplicação em obras, Brasília,2014.

SANTOS, A. **Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação,** Bahia,2015.

ZAMBERLAN, R. **Avaliação da dureza superficial:** ensaio com esclerômetro de reflexão, Paraná,2012.