



Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS

Curso: Engenharia Civil

GABRIELA MENDES ROMERO DE ANDRADE

MATRICULA: 2125932/3

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA PRECISÃO DE DIFERENTES
EQUIPAMENTOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
DE PACOMETRIA**

Brasília – DF

2017

GABRIELA MENDES ROMERO DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA PRECISÃO DE DIFERENTES
EQUIPAMENTOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
DE PACOMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) apresentado como um dos
requisitos para a conclusão do
curso de Engenharia Civil do
UniCEUB - Centro Universitário
de Brasília

Orientador: Eng^o Civil Jorge
Antônio da Cunha Oliveira, DsC.

Brasília – DF

2017

GABRIELA MENDES ROMERO DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA PRECISÃO DE DIFERENTES
EQUIPAMENTOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
DE PACOMETRIA**

Trabalho de Curso (TC) apresentado ao Centro
Universitário de Brasília (UniCEUB) como requisito para
conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Jorge A. da Cunha Oliveira.

Brasília, 06 de Julho de 2017.

Banca Examinadora

Eng^o. Civil Jorge Antonio da Cunha Oliveira, DsC.
Orientador

Eng^o. Civil Jocinez Nogueira Lima, MsC.
Examinador Interno

Eng^o. Civil Jairo Furtado Nogueira, MsC
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, o grande responsável por todas as oportunidades e conhecimentos adquiridos durante esses 5 anos. Ele que me guiou, protegeu de todos os males e me deu força, persistência e fé em momentos de dificuldade.

Aos meus pais, Ildeu Álvares de Andrade e Gimena Mendes Romero de Andrade cujo os esforços em me educar e prover uma educação de qualidade se coroam na apresentação desse trabalho de conclusão de curso.

A minha irmã, Thaiz Mendes Romero de Andrade que sempre foi um sinônimo de perseverança e conquistas no âmbito acadêmico e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao professor e orientador Jorge Oliveira pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho, juntamente com sua experiência técnica no assunto mencionado que fomentaram o desejo na área estudada.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento de meu conhecimento e interesse na área da engenharia civil.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes, dias e noites sacrificados em prol dos estudos.

Por fim, a todos, que de alguma forma fizeram parte da minha vida ao longo desses 5 anos, o meu obrigada!

RESUMO

Todo elemento construtivo possui uma vida útil e durante esse período é possível que ocorra o aparecimento de anomalias, fenômenos patológicos, capazes de reduzir seu desempenho e conseqüentemente sua vida útil. Esses fenômenos podem surgir em diferentes fases da edificação: planejamento, projeto, execução ou utilização. As edificações estão com vida útil cada vez mais reduzida, aparecendo manifestações patológicas com maior frequência, pois hoje em dia está muito comum serem empregadas opções desfavoráveis em aspectos técnicos, utilizando mão de obra barata com custos reduzidos e materiais de má qualidade. Com o aparecimento das manifestações patológicas, estão sendo cada vez mais utilizados os ensaios não destrutivos para se avaliar as estruturas de concreto armado. No presente trabalho, foram estudados e realizados ensaios de pacometria em um protótipo de concreto armado feito no laboratório do UniCEUB, usando três equipamentos, tipo pacômetro, de três fabricantes diferentes, para ser avaliado e comparado o desempenho de cada um. Estes ensaios servem para identificar vários fatores, dentre eles, tem-se a determinação da localização das armaduras, determinação das bitolas e a espessura do cobrimento, que foram identificadas através dos ensaios realizados neste trabalho. Porém, o ensaio possui uma relevante desvantagem, a qual pode não apresentar valores tão precisos, devendo o responsável pela realização do ensaio, estar atento a valores possivelmente incorretos. Após a coleta de tais informações, foi realizada a análise e pôde-se chegar à conclusão que apesar de um dos três pacômetros ser melhor quanto a utilização e precisão dos resultados, nenhum dos três equipamentos são indicados para se realizar ensaios com a finalidade de se obter resultados precisos nos valores do cobrimento e dos diâmetros das barras, sendo indicados apenas para definir o posicionamento das barras de aço, para redesenhar um projeto estrutural, fazer pequenas extrações e/ou auxiliar em outros ensaios, como esclerometria e ultrassonografia.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Ensaios não destrutivos. Pacometria.

ABSTRACT

Every constructive element has a useful life and during this period there may be anomalies, pathological phenomena, capable of reducing its performance and consequently its useful life. These phenomena may arise in different phases of edification: Planning, design, execution or use. The buildings have an increasingly shorter useful life, with pathological manifestations occurring more frequently, because nowadays it is very common to use unfavorable options in technical aspects, using cheap labor with reduced costs and poor quality materials. With the appearance of the pathological manifestations, the non destructive tests are being used more and more to evaluate the structures of reinforced concrete. In the present work, pacometry assays were studied and performed on a prototype of reinforced concrete made in the UniCEUB laboratory using three pactometric equipment from three different manufacturers to evaluate and compare the performance of each one. These tests serve to identify several factors, among them, the determination of the location of the reinforcement, determination of the gauge diameter and the thickness of the covering, which were identified through the tests carried out in this work. However, the test has a significant disadvantage, which may not present such precise values, and the person responsible for carrying out the test must be aware of possibly incorrect values. After the collection of such information, the analysis was performed and it was concluded that although one of the three pacometers is better in terms of the use and precision of the results, none of the three equipments are indicated to perform tests in order to obtain precise results in the values of the cover and the diameters of the gauges, being indicated only to define the positioning of the steel bars, to redesign a structural design, to make small extractions and /or assist in other tests such as sclerometry and ultrasonography.

Keywords: Pathological manifestations. Non-destructive testing. Pacometry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Engenharia Legal	12
2.2. Engenharia Diagnóstica	13
2.3. Problemas e Manifestações Patológicas	15
2.3.1. Ensaio não destrutivo	17
2.3.2. Esclerometria	18
2.3.3. Ultrassonografia	19
2.3.4. Aplicação de fenofaleína para medição do avanço de carbonatação	22
2.3.5. Pacometria	23
3. METODOLOGIA	26
3.1. Execução do protótipo de concreto armado	27
3.4. Cura do concreto do protótipo	29
3.5.1. Equipamento A (Hilti)	30
3.5.2. Equipamento B (Proceq)	31
3.5.3. Equipamento C (Controls)	33
4. RESULTADOS E ANÁLISES	35
4.1. Resultado do ensaio com o pacômetro A	35
4.2. Resultado do ensaio com o pacômetro B	37
4.3. Resultado do ensaio com o pacômetro C	39
5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Divisões da Engenharia Legal	12
Figura 2 - Etapas das Engenharias	13
Figura 3 – Área de ensaio e pontos de impacto	19
Figura 4 - Transmissão direta.....	20
Figura 5 - Ensaio de ultrassonografia.....	21
Figura 6 – Classificação da qualidade do concreto	22
Figura 7 - Avaliação da frente de carbonatação.....	23
Figura 8 – Utilização do pacômetro	24
Figura 9 - Fluxograma dos serviços executados	26
Figura 10 – Protótipo de concreto armado	27
Figura 11 – Protótipo de concreto armado	27
Figura 12 – Gráfico de bitolas	28
Figura 13 – Cobrimento de 4cm	29
Figura 14 – Cobrimento de 3,5cm	29
Figura 15 – Cura de um concreto.....	30
Figura 16 – Pacômetro A (Hilti PS 50)	30
Figura 17 – Pacômetro B (Proceq).....	31
Figura 18 – Pacômetro C (Controls).....	33
Figura 19 – Utilização do Pacômetro A	36
Figura 20 – Utilização do Pacômetro B	37
Figura 21 – Utilização do Pacômetro B	38
Figura 22 – Utilização do Pacômetro B	38
Figura 23 – Utilização do Pacômetro C	40

1. INTRODUÇÃO

A construção civil está associada ao desenvolvimento econômico de um país. No Brasil não é diferente. Nas obras de Engenharia são empregadas opções desfavoráveis em aspectos técnicos, utilizando mão de obra barata, com menor prazo, custos reduzidos e materiais de má qualidade ou até mesmo genéricos.

Os resultados desses mecanismos são construções de menor qualidade, com vida útil cada vez mais reduzida, exigindo assim, maior frequência de manutenções devido a manifestações patológicas que provavelmente aparecerão nas estruturas de concreto armado, tornando o ambiente inadequado ou impróprio ao uso, podendo colocar em risco, a vida humana.

Segundo Bauer (2016), vida útil “[...] é o período de tempo, depois da instalação em que todas as propriedades são superiores a um valor mínimo aceitável, quando rotineiramente mantidos”. Logo, até mesmo as obras projetadas e executadas perfeitamente exigem cuidados para que tal período seja alcançado ou até mesmo estendido.

As manifestações patológicas podem aparecer não só pelos mecanismos utilizados como o uso de materiais e mão de obra não qualificados, mas também por falta de manutenção adequada ou mau uso na utilização da estrutura.

Quando as manutenções são realizadas na hora certa, evitando possíveis manifestações patológicas, chama-se de manutenções preventivas, mas quando são feitas após o aparecimento de deterioração é chamada de corretiva.

“As manifestações patológicas nas edificações são anomalias ou problemas do edifício e alterações anatômicas e funcionais, que foram adquiridas durante a execução da obra, ou na concepção do projeto, ou mesmo obtida ao logo de sua vida” (SILVA, 2011).

Para a determinação das manifestações patológicas e suas causas, é necessária a contratação de um profissional da área, denominado perito, para a avaliação e elaboração de um laudo técnico, onde é relatado tudo o que foi observado na edificação.

A norma NBR- 13.752/96 – Perícias de engenharia na construção civil, ABNT (1996), define perito como “Profissional legalmente habilitado pelos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, com atribuições para proceder à perícia”.

Com as manifestações patológicas, estão sendo cada vez mais utilizados os ensaios não destrutivos para se avaliar as estruturas de concreto. Estes ensaios são, por exemplo, ultrassonografia, esclerometria, pacometria, entre outros.

No presente trabalho, serão estudados e realizados ensaios de pacometria em um protótipo de concreto armado feito em laboratório, usando três pacômetros diferentes, para ser avaliado e comparado o desempenho de cada um.

Sempre será necessária, nas edificações, principalmente nas edificações antigas, ou edificações que precisam passar por ensaios estruturais, a utilização de ensaios não destrutivos de pacometria, com utilização de outros equipamentos, como esclerometria ou ultrassonografia. O trabalho em questão vai tentar mostrar qual a precisão dos resultados dos ensaios de pacometria, onde será feito um estudo bibliográfico de estudos reais. Será apresentada uma metodologia de como poderá ser aplicado o pacômetro, avaliação e discussão de resultados.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral fazer um estudo comparativo das análises dos ensaios não destrutivos de pacometria, avaliando a precisão de três diferentes equipamentos, chamados pacômetro, com a finalidade de ver se os resultados conferem com a realidade de uma edificação, para assim realizar um laudo técnico e recomendações para uma possível recuperação na estrutura do edifício.

1.1.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do presente trabalho, tem-se:

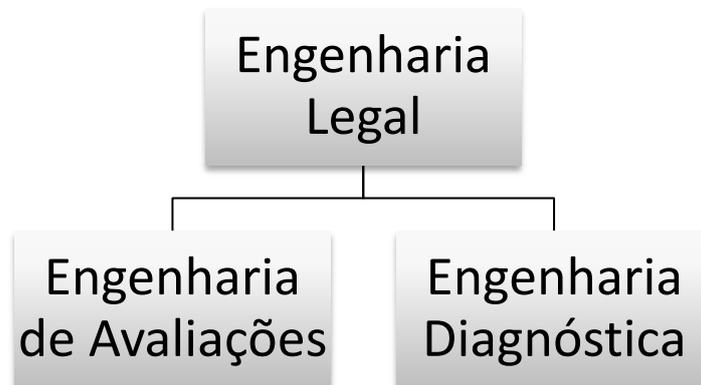
- Utilizar três tipos de pacômetro para fazer a análise do cobrimento e da bitola da barra de aço e verificar a diferença de precisão que existe entre eles;
- Verificar e analisar através do pacômêtro, o posicionamento das barras de aço, observando também a diferença entre os três equipamentos;
- Elaborar laudo e apresentar resultados e recomendações necessárias para a recuperação da edificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Engenharia Legal

A Engenharia Legal, de acordo com a **NBR 14.653/2001 – Avaliação de bens** é a “parte da engenharia que atua na interface técnico-legal envolvendo avaliações e toda espécie de perícias relativas a procedimentos judiciais”, logo é um ramo da Engenharia Civil que unida ao Direito busca a criação de laudos que atendam às normas técnicas e às leis. A expressão surgiu em 1937, no decreto nº 23.569 e compreende as atividades que visam solucionar problemas jurídicos que dependem de conhecimentos técnicos que vão além do que advogados e magistrados podem ter, assim, dependem de um perito judicial especializado em engenharia.

Figura 1 - Divisões da Engenharia Legal



Fonte: Autor

A Engenharia legal se subdivide em Engenharia de Avaliações e Diagnóstica, conforme Figura 01. Aquela é definida pela **NBR 14.653/2001 – Avaliação de bens** como o “conjunto de conhecimento técnico-científicos especializados, aplicados à avaliação de bens”. O exercício dessa Engenharia compete ao profissional legalmente habilitado, capacitado e registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia- CREA.

Já a Engenharia Diagnóstica, segundo Tito Lívio, Jerônimo Cabral e Marco Gullo (2009), é a arte de criar ações pró-ativas, por meio dos

diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, visando à qualidade total da edificação, por meio de ferramentas diagnósticas”. A Figura 02 pode explicitar os serviços abrangidos por cada divisão que compõe a moderna Engenharia Legal.

Figura 2 - Etapas das Engenharias



Fonte: Autor

2.2. Engenharia Diagnóstica

A Engenharia Diagnóstica é um ramo da Engenharia Legal surgida como uma evolução da Inspeção Predial, visando a controles para a obtenção de uma boa qualidade da edificação. Tal ramo busca apurar as causas de problemas que possam surgir nos edifícios, focando na manutenção desses, tanto corretiva como preventiva. Para que esses trabalhos sejam realizados com eficácia, faz-se necessário um profissional e/ou uma equipe qualificada, experiente, informada, atualizada e com amplos conhecimentos técnicos e jurídicos sobre as leis vigentes.

A Engenharia Diagnóstica deve estar presente em todas as etapas construtivas do produto imobiliário: Planejamento, projeto, execução e uso. No

planejamento, recomendações quanto à promoção imobiliária, contratos, informações e folders, por exemplo, devem ser feitas evitando possíveis falhas e contradições. A fase de projeto requer que as normas, as legislações e o desempenho dos sistemas construtivos sejam atendidos, o que ocorre a partir de orientações e revisões recomendadas pela engenharia responsável.

Na fase de execução, são submetidos a controle a mão-de-obra, que deve estar sempre treinada e motivada, os materiais, que devem atender às especificações de projeto, e os métodos construtivos. A etapa do uso, diferente do que se acredita, deve receber uma atenção especial com vistorias e manutenções periódicas a fim de se alcançar e até mesmo aumentar a vida útil da edificação.

Por esses e outros motivos, a Engenharia Diagnóstica tornou-se uma realidade e uma preocupação das construtoras e incorporadoras, já que, quando executada corretamente, gera uma excelente qualidade predial. Para obtenção desse resultado, tal ramo possui ferramentas que o auxilia. A seguir, elas serão apresentadas hierarquicamente e definidas, segundo Art. 1º da Resolução Nº 345, de 27 de julho de 1990 e de acordo com Tito Lívio, Jerônimo Cabral e Marco Gullo (2009).

- **VISTORIA EM EDIFICAÇÃO:** É a constatação de um fato após exames feitos “in loco” e descrição dos elementos nele contidos;
- **INSPEÇÃO EM EDIFICAÇÃO:** É a análise técnica do fato baseado em informações, conhecimento e experiências do Engenheiro Diagnóstico;
- **AUDITORIA EM EDIFICAÇÃO:** É o atestamento técnico, ou não, da conformidade de um fato relacionado à edificação;
- **PERÍCIA EM EDIFICAÇÃO:** É a apuração das causas e origens que motivaram determinado evento;

- **CONSULTORIA EM EDIFICAÇÃO:** É a prescrição técnica de um fato relativo a uma edificação.

Inspeção predial conforme NBR 15.575/2013 é a “verificação, através de metodologia técnica, das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação”.

Um ramo da Engenharia Civil que vem conquistando lugar pelo fato de ser uma análise técnica que faz uma avaliação dos danos e deficiências da edificação, trazendo planos estratégicos, classificando o grau de risco, e elaborando orientações técnicas para ajudar na manutenção predial.

Segundo a Norma de Inspeção Predial (Ibape/SP 2011), há níveis de inspeção predial que consiste na classificação devido à complexidade da vistoria, designando o grau de risco constatado na inspeção, categorizados em crítico, regular e mínimo dependendo da intensidade do risco das anomalias.

Logo, é possível verificar que nas ferramentas Vistoria e Inspeções são analisadas as características, informações e as condições físicas do edifício, enquanto as Auditorias e Perícias avaliam os efeitos, origens, causas, agentes e fatores de agravamento das falhas constatadas.

2.3. Problemas e Manifestações Patológicas

As edificações são bastante necessárias nos dias de hoje para todo tipo de atividades, como comerciais, industriais e residenciais. É de extrema importância dar um maior valor e atenção à qualidade final do produto e fazer com que os problemas pós-obra sejam minimizados o máximo possível.

Porém, problemas patológicos vêm ocorrendo com maior frequência, devido a vários fatores, como:

- Falta de manutenção;
- Má utilização da edificação;
- Mão de obra não qualificada;
- Materiais de má qualidade;
- Ataques de agentes químicos;
- Ação da umidade;
- Instabilidade do solo.

Isso faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para piores situações, tendo assim, um alto custo de recuperação.

DEGUSSA (2008) entende patologia como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis e à terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

De acordo com Silva (2011), manifestações patológicas nas edificações são anomalias ou problemas do edifício, que foram adquiridas durante a execução da obra, ou na concepção do projeto, ou mesmo serem adquiridas ao longo de sua vida. São defeitos que tornam as edificações não convenientes ou até não apropriadas ao uso, que se não tratados, podem acarretar a ruína da estrutura. Por isso, se faz necessário a busca do histórico, para um correto diagnóstico.

As manifestações patológicas podem ser identificadas imediatamente, no caso de manchas, fissuras ou infiltrações, que são visíveis a olho nu, ou precisar de ensaios e exames para serem detectadas, no caso de carbonatação, que só é descoberta após ensaios com uso da fenolftaleína.

Existem vários tipos de patologias das estruturas de concreto armado. Dentre elas, as principais são:

- Corrosão das armaduras;
- Falta de qualidade e espessura do cobrimento;
- Deformação estrutural;
- Irregularidade geométrica dos elementos de concreto armado;
- Lixiviação de compostos hidratados;
- Segregação do concreto e fissuras.

Para Piancastelli (1997), sendo o concreto armado, um material não inerte, ele se sujeita a alterações, ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

Quando uma estrutura de concreto armado apresenta problemas patológicos, torna-se necessário efetuar uma vistoria para determinar as

condições da estrutura, de forma a avaliar as anomalias existentes, suas causas, providências e métodos a serem tomados para a recuperação. O levantamento dos dados deve ser feito por um engenheiro especialista em Patologia das Estruturas, que seja capaz de caracterizar a necessidade ou não de adoção de medidas especiais.

Segundo GRANATO (2002), inspecionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária.

Diagnóstico é a identificação e descrição do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pela patologia encontrada em uma estrutura ou elemento estrutural. A constatação de manifestações patológicas pode decorrer tanto de um sintoma externo evidente, ou de uma vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa rotineiro de manutenção. A fase do levantamento de dados é extremamente importante, pois é esta etapa que fornecerá subsídios necessários para que a análise possa ser feita corretamente (HELENE 1993).

2.3.1. Ensaios não destrutivos

Para se identificar as manifestações patológicas, são realizados ensaios não destrutivos feitos no local que não causam danos significativos ao elemento ensaiado, não gerando perda da capacidade resistente.

Estes ensaios investigam o avanço da frente de carbonatação, a qualidade do concreto, sua resistência e dureza superficial, a localização e determinação das armaduras e a espessura do cobrimento, através de determinados ensaios, como aplicação de fenolftaleína, ultrassonografia, esclerometria e por último a pacometria, que será a ferramenta utilizada para serem feitos os estudos e ensaios do presente trabalho.

Os ensaios não destrutivos cada vez mais têm sido utilizados para poder se avaliar uma estrutura de concreto, com a intenção de não causar danos e problemas nas estruturas. Cada vez mais as estruturas vêm passando por avaliações e inspeções prediais. E dentre algumas ferramentas, tem-se utilizado a pacometria.

Outras propriedades do concreto que podem ser avaliadas por meio de ensaios não destrutivos são: massa específica, módulo de elasticidade e resistência, absorção, permeabilidade, condições de umidade, e também a existência de vazios e fissuração.

Estes ensaios podem ser utilizados em estruturas novas ou antigas. No caso de estruturas novas, eles podem ser empregados para monitorar a evolução da resistência ou para esclarecer dúvidas a respeito da qualidade do concreto. Os ensaios em estruturas já existentes visam avaliar a sua integridade e capacidade de resistir às solicitações.

Além do ensaio de pacometria, que é o ensaio estudado e apresentado no presente trabalho, também podem ser citados outros ensaios não destrutivos, como esclerometria, ultrassonografia e aplicação de fenolftaleína para medição do avanço da frente de carbonatação, que serão mostrados a seguir.

2.3.2. Esclerometria

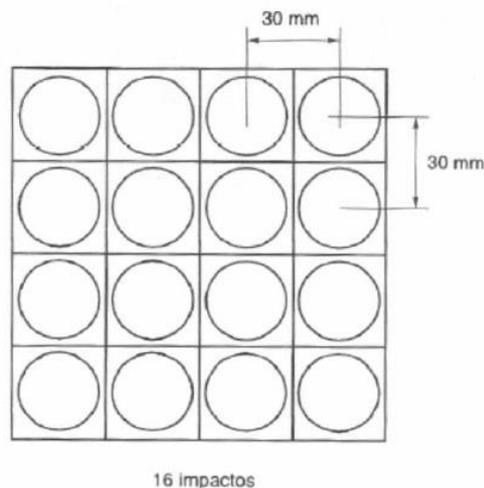
O ensaio é executado de acordo com a NBR 7584/2013: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio, ABNT (2013). O método é capaz de medir a resistência superficial do concreto através de impactos feitos pelo esclerômetro sobre a área ensaiada. Tal aparelho, de acordo com a NBR 7584 (ABNT 2013) consiste em “uma massa-martelo, que, impulsionada por uma mola, choca-se, através de uma haste, com ponta em forma de calota esférica, com a área de ensaio”.

A região de estudo deve ser localizada, preferencialmente, nas faces verticais dos elementos, distantes de locais com segregação, juntas, armação excessiva, canos, cantos, etc. Após determinação do local ideal, a região deve ser polida por um disco de carborundum através de movimentos circulares a fim de reparar pequenas irregularidades existentes na região. Caso haja uma camada superficial alterada sobre a superfície do concreto, uma máquina de polimento deverá ser utilizada, a fim de retirá-la.

O local escolhido deve ser dividido em 16 pontos igualmente distribuídos e espaçados numa distância mínima de 30mm, conforme Figura 03. Em cada

ponto, devem ser efetuados 16 impactos, cada um produzirá uma reflexão (retorno) variando com a dureza superficial da região. Após medições, uma média aritmética dos impactos é calculada, obtendo-se o índice esclerométrico médio da área de ensaio. Tal média deve ser obtida com no mínimo 05 (cinco) valores individuais, desprezando os índices que afastem em mais de 10% do valor médio obtido.

Figura 3 – Área de ensaio e pontos de impacto



Fonte: NBR 7584/2013

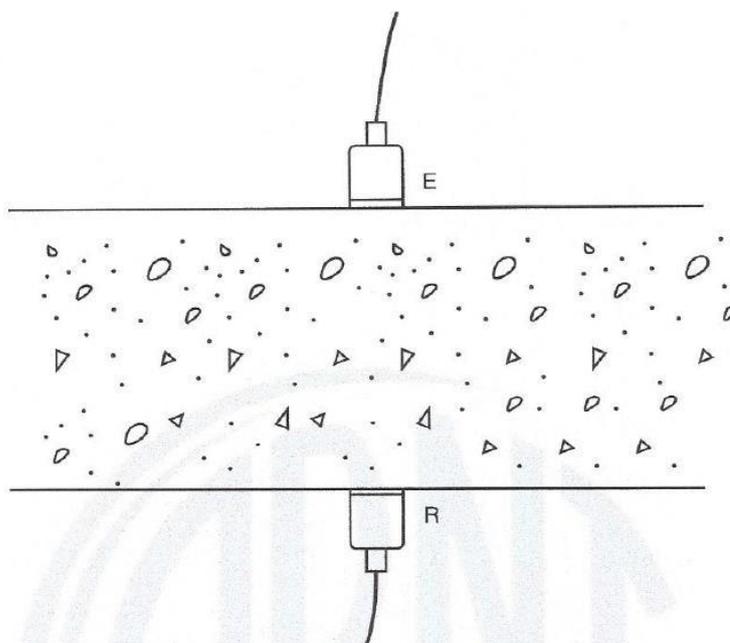
Por fim, vale ressaltar que concretos com alto índice de carbonatação apresentam uma elevada resistência superficial, logo, maior será o recuo e o índice esclerométrico da região. Assim, os valores obtidos podem ser considerados como inválidos quando constatada a presença de concreto carbonatado.

2.3.3. Ultrassonografia

Este ensaio é realizado de acordo com a NBR 8802/2013: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica, ABNT (2013), para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais através do concreto, além de permitir a verificação da homogeneidade, monitorar variações e detectar possíveis falhas e imperfeições na peça.

Para execução correta do ensaio faz-se necessário medir com auxílio de trena as distâncias entre as faces e arestas da superfície para que os transdutores sejam posicionados frente a frente, em faces opostas do material, com precisão de $\pm 1,0\%$ através de uma transmissão direta, segundo Figura 04.

Figura 4 - Transmissão direta



Fonte: NBR 8802/2013 – ABNT (2013)

Após determinação dos locais onde serão posicionados os transdutores, deve-se aplicar à superfície do concreto e às faces daqueles uma camada de acoplante que permite o contato contínuo entre as superfícies. Feito isso, o circuito medidor de tempo (aparelho utilizado), devidamente calibrado, após posicionamento dos transdutores, indicará o tempo em que a onda levará para percorrer a distância existente entre a emissão e a recepção da onda, conforme mostrado na Figura 05.

Figura 5 - Ensaio de ultrassonografia



Fonte: Pereira (2016)

Após aferição do tempo, a velocidade de propagação da onda pode ser calculada usando a equação a seguir, avaliando a qualidade do concreto.

$$V = \frac{L}{t}$$

Onde, V = Velocidade de propagação da onda (m/s);

L = Distância entre as faces dos transdutores (m);

t = Tempo efetivo mínimo lido (s).

Alguns autores utilizam a tabela mostrada pela Figura 06 para determinação da qualidade dos concretos a partir da velocidade de propagação ultrassônica medida pelo ensaio.

Figura 6 – Classificação da qualidade do concreto

Velocidade de propagação (m/s)	Qualidade do concreto armado
> 4500	Excelente
3600 a 4500	Boa
3000 a 3600	Aceitável
2100 a 3000	Má
< 2100	Muito má

Fonte: Oliveira (2012)

Vale ressaltar que a distância entre os transdutores, presença de armadura, densidade, idade, adensamento do concreto, características dos agregados utilizados e tipo de cimento são alguns fatores que influenciam nos resultados do ensaio, conforme NBR 8802 (ABNT 2013). Quanto maior a quantidade de poros, por exemplo, maior será o tempo que a onda levará para percorrer a distância entre os transdutores, diminuindo assim a qualidade do concreto, conforme tabela supracitada.

2.3.4. Aplicação de fenolftaleína para medição do avanço de carbonatação

A Fenolftaleína é uma substância química ($C_{20}H_{16}O_4$) conhecida como um indicador de pH capaz de mudar sua coloração quando em contato com um ambiente ácido ou básico, ficando incolor ou apresentando cor rosa intenso, respectivamente.

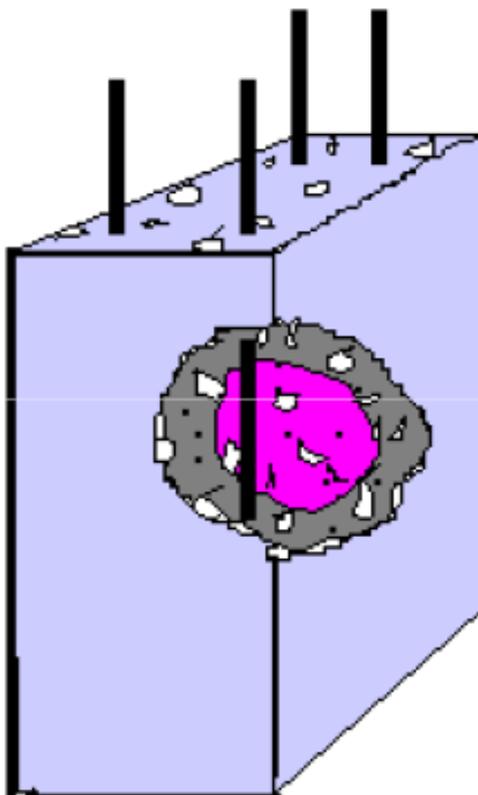
Um concreto com boa qualidade apresenta em seu interior um pH superior a 12, tal nível é responsável pela formação de uma película apassivadora que protege as armaduras contra a corrosão. Porém esse nível é reduzido quando o concreto se encontra carbonatado.

A Fenolftaleína permite determinar a profundidade da frente de carbonatação, avaliando assim a extensão da zona a ser reparada. Com um borrifador, a solução de fenolftaleína é aspergida na superfície e sua coloração deve ser observada. Se ao borrifar, a região assumir uma coloração rosa

significa que a mesma não se encontra carbonatada; porém se o local mantiver-se incolor, a carbonatação a atingiu (pH inferior a 8,3).

A Figura 07 exemplifica o ensaio de Fenolftaleína em um corpo de prova de concreto. O local de aplicação apresenta pontos com e sem carbonatação.

Figura 7 - Avaliação da frente de carbonatação.



Fonte: Vieira (2012)

2.3.5. Pacometria

Os ensaios de pacometria tem a intenção de medir o cobrimento das barras de aço, pois os cobrimentos são as principais fontes de proteção alcalinas das mesmas, podendo evitar a corrosão das armaduras. Também é uma ferramenta que pode determinar as bitolas do aço, que em função disso, é um ensaio que é largamente utilizado por profissionais da área de patologias com a intenção de elaborar laudos técnicos presenciais para dar um diagnóstico de como está a estrutura de concreto armado. E é possível

determinar também posição das barras das ferragens e o espaçamento que existe entre elas.

. Tais resultados, além de mostrarem a situação em que o concreto armado se encontra, auxiliam no ensaio de Esclerometria, já que este deve ser executado em locais com baixa armação.

Porém, o ensaio possui uma relevante desvantagem, a qual pode não apresentar valores tão precisos, devendo o responsável pela realização do ensaio, estar atento a valores possivelmente incorretos. Estes ensaios são realizados através de um aparelho chamado pacômetro.

O Pacômetro, aparelho utilizado, deve ser passado lentamente sobre a área estudada até conseguir uma leitura no visor digital, a fim de detectar as ferragens e obter os resultados com maior precisão, conforme a Figura 08.

Figura 8 – Utilização do pacômetro



Fonte: Autor

O princípio da medição do recobrimento por pacometria consiste em medir as perturbações provocadas pela presença de um objeto metálico colocado num campo eletromagnético emitido por um sistema de bobinas. O

aparelho analisa os sinais induzidos por este campo e calcula o recobrimento e o diâmetro dos aços situados no aprumo do sensor.

Segundo Santos (2008), a base do método de ensaio está descrita em ACI 228 2R-98. As medidas podem ser obtidas em milímetros para o cobrimento, para distância horizontal entre armaduras e para o diâmetro da armadura para a estrutura.

Algumas características do pacômetro são:

- O aparelho é eficiente até a profundidade de 7 cm;
- É influenciado pela proximidade das barras;
- Não identifica barras sobrepostas ou feixes;
- O sensor deve operar paralelamente as barras;
- Emite sinal sonoro quando localiza as barras, sinal progressivo à medida que se aproxima e permite gravação dos dados.

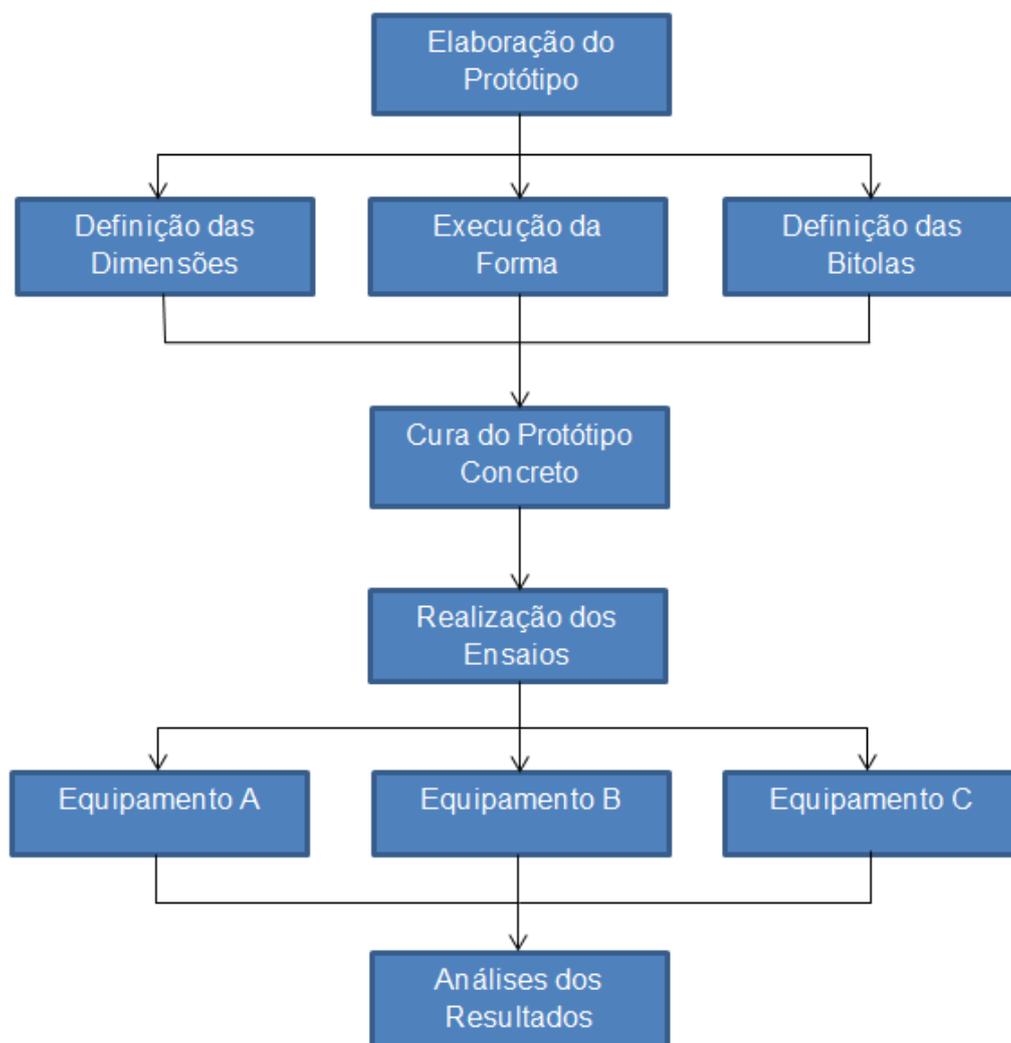
Com as informações coletadas com o pacômetro, pode-se prever se é possível construir mais um pavimento na edificação, medir cobrimento para ver qual o grau de deterioração da barra de aço e a insuficiência do cobrimento e até alimentar softwares, como eberick.

3. METODOLOGIA

A etapa de metodologia do presente trabalho tem como objetivo colocar em prática o que foi estudado sobre os procedimentos de ensaios não destrutivos aplicados em edificações, com o intuito de coletar dados, dando ênfase ao ensaio de pacometria.

No caso do presente trabalho, buscou-se propor um trabalho de coleta de dados focado no ensaio de pacometria, com a intenção de se mensurar a precisão dos ensaios de detecção do posicionamento de barras de aço assim com de sua bitola e também o seu cobrimento.

Figura 9 - Fluxograma dos serviços executados



Fonte: Autor

3.1. Execução do protótipo de concreto armado

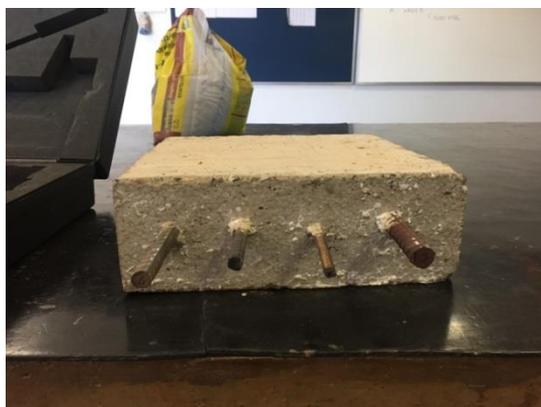
Para realização da avaliação dos ensaios de pacometria, com três diferentes equipamentos, conforme descrito no objetivo do trabalho, foi executado um protótipo de concreto armado, conforme Figuras 10 e 11, que foi executado com fôrmas de madeira, onde foram colocadas quatro barras de aço de bitolas diferenciadas e expostas com o padrão de cobrimento previamente definido. O concreto utilizado foi um concreto rodado em betoneira para um concreto de 30Mpa.

Figura 10 – Protótipo de concreto armado



Fonte: Autor

Figura 11 – Protótipo de concreto armado



Fonte: Autor

3.2 Definição das bitolas de aço

Para realização deste protótipo de concreto armado descrito no item anterior, foram escolhidas barras de aço de 4 Bitolas: 16mm, 12,5mm, 10mm e 8mm. Na Figura 12, é mostrado o gráfico com os tamanhos de cada bitola, sendo que dentre elas, inclui-se os tamanhos das 4 bitolas utilizadas no protótipo feito e usado no presente trabalho.

Figura 12 – Gráfico de bitolas



Fonte: Autor

3.3 Medidas do cobrimento

Durante a realização dos ensaios, foi executada a mensuração das medidas dos cobrimentos para se comparar com o que foi obtido nos resultados dos pacômetros. Nas Figuras 13 e 14 é mostrado a variação do cobrimento neste mesmo protótipo de concreto armado. A opção de fazer o protótipo com essa variação das bitolas e do cobrimento, foi executada com a finalidade de tentar forçar a precisão dos resultados de cada pacômetro.

Figura 13 – Cobrimento de 4cm



Fonte: Autor

Figura 14 – Cobrimento de 3,5cm



Fonte: Autor

3.4. Cura do concreto do protótipo

Seguindo os procedimentos usuais de uma edificação, deve ser feita a cura do concreto armado logo após sua concretagem. O protótipo em questão, após sua produção, passou por um processo de cura onde foi molhado diariamente após sua desforma durante 7 dias.

Figura 15 – Cura de um concreto



Fonte: <http://www.concretizaconcreto.com.br/cura-do-concreto/>

3.5. Pacômetros utilizados

Para realização desta pesquisa será utilizado três diferentes tipos de pacômetro. Nos itens a seguir será mostrado cada um dos equipamentos, conforme Figuras 16, 17 e 18 e a especificação técnica e características de cada um deles.

3.5.1. Equipamento A (Hilti)

Figura 16 – Pacômetro A (Hilti PS 50)



Fonte: Autor

- Permite-lhe perfurar corretamente à primeira – saber onde perfurar ajuda a evitar reparações dispendiosas, poupa tempo e brocas
- Um verdadeiro solucionador de problemas que tranquiliza nas aplicações de perfuração diamantada e ancoragem quando os planos já não se encontram disponíveis, por exemplo, em projetos de renovação.

- Visor integrado para uma fácil localização de objetos detectados e a indicação de profundidade de recobrimento aproximada e do tipo de material – sem necessidade de competências especiais.
- Detecção do metal ferroso e não ferroso, cabos elétricos, tubos plásticos e outros elementos, como madeira e espaços ocultos.
- Navegação fácil no menu para seleção do modo de leitura correto para diferentes materiais de base (universal, betão, betão fresco, piso radiante, gesso cartonado, tijolo oco)
- Precisão de localização: +/- 5mm
- Distância mínima entre dois objetos adjacentes: 40mm
- Precisão da indicação de profundidade: +/- 10mm
- Tempo de funcionamento com bateria alcalina: 5h
- Tempo de funcionamento com baterias recarregáveis (2500 mAh): 7h
- Detecção de profundidade máx. para localização de objeto: 150mm
- Classe de proteção IP: IP 54 (IEC 529)
- Peso com baterias 700g
- Tipo de bateria: 4 x 1,5 V (AA)
- Dimensões (C x L x A): 195 x 90 x 75mm

É importante ressaltar que a performance e precisão de alguns itens podem ser afetadas pelas condições do local de trabalho, sendo necessário consultar as instruções de funcionamento.

3.5.2. Equipamento B (Proceq)

Figura 17 – Pacômetro B (Proceq)



Fonte: Autor

- Correção para barra próxima em 1 camada (NRC)
- Visualização em tempo real das barras abaixo do instrumento
- Indicação visual de barras muito próximas
- Identificação do ponto central entre barras, além da orientação das barras
- Indicação ótica e acústica da localização da barra e alerta de camada mínima
- Correção da barra próxima
- Luz de fundo disponível para ambientes escuros
- Conjunto de ensaio que permite que o usuário se familiarize com todas as funções em um ambiente confortável, de forma a não perder tempo “in situ”
- Independente de idioma
- Gama de medição da espessura da cobertura de betão: 185 milímetros
- Precisão da medição da camada de concreto: a partir de +/- 1 a 4mm, dependendo da cobertura de betão
- Intervalo de medição de diâmetro: até 63 milímetros
- Precisão da medição de diâmetro: +/- 1 uma dimensão nominal

Fonte de alimentação

- Fonte de alimentação: 2 baterias x 1.5 V AA (LR6)
- Faixa de tensão: 3.6 V a 1.8 V

Consumo de corrente

- Ligado, retroiluminação desligada: ~ 50 mA
- Ligado, retroiluminação ligada: ~200mA
- Modo “hibernar”: ~10 mA
- Desligado: < 1 μ A

Duração da bateria:

- Retroiluminação desligada: > 50h
- Retroiluminação ligada: > 15h

Tempos de espera

- Modo “hibernar”: 30 seg
- Auto desligamento: 120 seg

Condições ambientais

- Intervalo de temperatura: - 10° a 60° C (14° a 140° F)
- Faixa de umidade: 0 a 100% umidade relativa
- Classe de proteção: IP54

Normas e regulamentações aplicadas:

- BS 1881 part. 204; DIN 1045; SN 505 262; DGZfP B2

Armazenamento de dados (apenas Profoscope+)

- Total de 49.500 medições (500 objetos com 99 medições)
- Compatibilidade ProfoLink: Windows 2000, XP, Vista, 7, 8

3.5.3. Equipamento C (Controls)

Figura 18 – Pacômetro C (Controls)



Fonte: Autor

- Local do Rebar
- Orientação do vergalhão
- Profundidade da capa
- Espessura de leitura da tampa mm ou polegadas
- Grande exibição gráfica com luz de fundo
- Estrutura do menu de vários idiomas
- Barra de força do sinal
- Cabeças intercambiáveis com led e teclado

- Tamanhos e números de intervalo de barras selecionáveis pelo usuário
- Modo Autosize para determinação rápida do diâmetro da barra
- Modo ortogonal para determinação do diâmetro da barra
- Outros modelos de cabeça de pesquisa disponíveis na ordem de busca de passo estreito, Pesquisa de capa profunda, Borehole.
- Saída RS 232 para PC
- Software EDTS MS EXCEL link
- Registro de dados
- Volume de bip ajustável e tomada de fone de ouvido
- Temperatura máxima de operação: 50°C
- Dimensões da unidade: 230 x 130 x 125mm
- Peso unitário: 1,54kg

Para identificar os diâmetros das barras de reforço:

- Métrica: diâmetros de 5 a 50mm em 21 valores
- US bar numbers: #2- #18 tamanhos de barras em 16 valores

Fonte de alimentação recarregável:

- 7.4 bateria de íões de lítio fornecendo até 32 horas de uso contínuo (20 horas se a luz de fundo estiver ativada). Recarregável em 4 horas dentro ou fora do medidor usando o carregador externo.

Os Pacômetros serão utilizados no protótipo a fim de se obter respostas para que possam comprovar o grau de precisão dos resultados obtidos no que diz respeito ao cobrimento, posicionamento das barras de aço e a determinação das bitolas de aço.

Com o resultado dos ensaios, foi possível realizar uma análise de qual dos pacômetros testados traz resultados mais condizentes com a realidade do que foi utilizado em uma edificação.

No capítulo de resultados serão apresentadas todas as análises referentes aos equipamentos utilizados para poder chegar a uma conclusão de qual equipamento deveria ser recomendado para ser utilizado em uma análise de estrutura de concreto armado.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Foram utilizados três equipamentos com a finalidade de comparar a precisão de cada um deles na leitura das barras de aço e do cobrimento.

É difícil dizer a respeito da qualidade de um pacômetro, porque no mesmo protótipo de concreto armado onde o ensaio foi realizado, foram feitas leituras pelo menos duas vezes em cada uma das barras e os valores sempre variavam. Obtiveram-se diferentes valores do mesmo cobrimento e diferentes valores da mesma bitola.

Portando, ao mesmo tempo que o equipamento adquiriu bons resultados, com uma boa precisão, ele também obteve resultados altamente imprecisos. Então depende muito do objetivo que será usado o pacômetro para dizer se é um bom equipamento ou não.

O pacômetro pode ser bem utilizado para definir o posicionamento das barras e ajudar em outros ensaios, como o esclerometria, para não pegar em britas ou nas barras de aço. Pode ser usado também para definir o cobrimento não tendo um resultado tão impreciso, mas também não sendo 100% preciso, para ver qual o grau de deterioração da barra de aço e a insuficiência desse cobrimento.

Mas não é bom ser utilizado para definir as bitolas das barras de aço, pois o pacômetro demonstrou ser bastante impreciso nessa informação. Este ensaio também não é recomendado para fazer desenho estrutural devido a sua imprecisão.

A seguir, será falado e mostrado através das figuras como foram os resultados de cada um dos três equipamentos utilizados no ensaio não destrutivo de pacometria realizados no protótipo de concreto armado feito em laboratório.

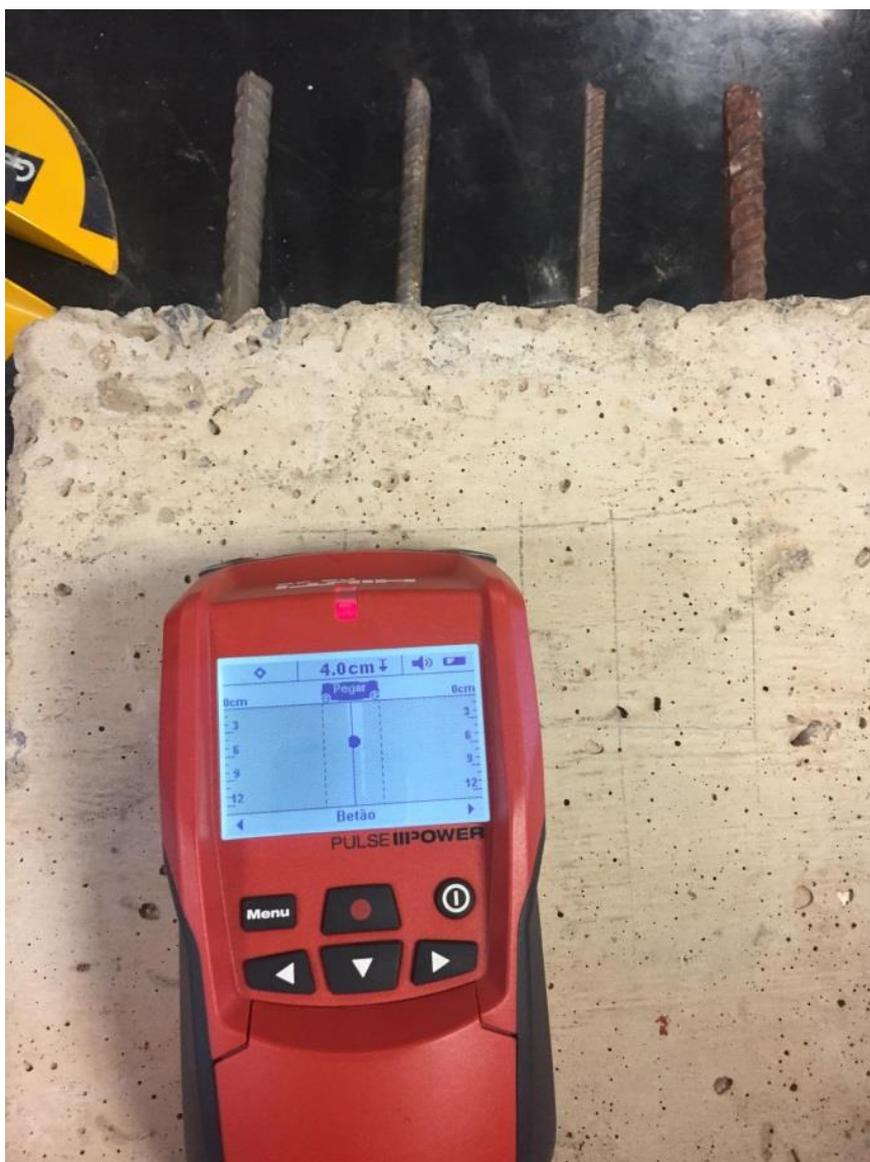
4.1. Resultado do ensaio com o pacômetro A

O equipamento A (hilti), quando foi utilizado não foi tão preciso, ele teve uma dificuldade em detectar as barras de aço e quando foram detectadas, não mostraram o resultado real, sendo que as barras de 10mm e 8mm não conseguiram ser detectadas pelo equipamento.

Tanto o cobrimento quanto as bitolas das barras de aço, tiveram os resultados imprecisos. Um exemplo no ensaio realizado, foi a leitura de bitola

de 16mm, em que no pacômetro mostrou ser de 7mm, sendo assim, completamente impreciso. Outro exemplo pode ser dito e mostrado, conforme a Figura 20, onde mostra que, neste caso, o cobrimento estava dentro do padrão de precisão (4cm), mas a bitola que na realidade era de 8mm, no equipamento mostrou ser uma bitola de 6mm.

Figura 19 – Utilização do Pacômetro A

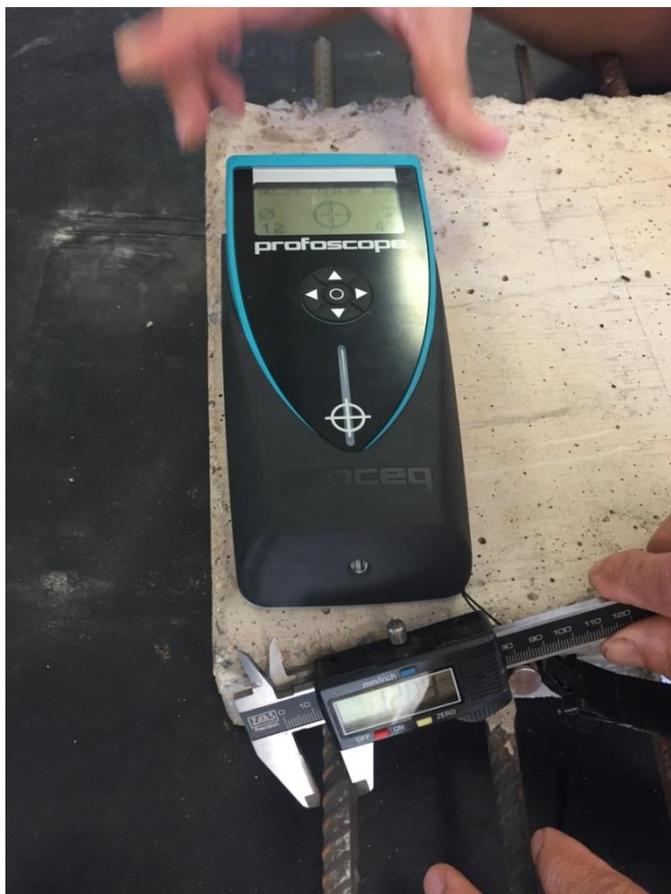


Fonte: Autor

4.2. Resultado do ensaio com o pacômetro B

O equipamento B (proceq) detectou corretamente a posição das barras de aço, com a exceção da barra de 8mm que não conseguiu ser detectada pelo pacômetro. Os resultados do cobrimento não foram totalmente precisos, mas foram bem próximos da realidade. As leituras das bitolas não tiveram bons resultados. Um exemplo, a partir do experimento feito, foi indicado conforme leitor digital que era uma ferragem de 6,3mm, tendo conhecimento de ser uma ferragem de 8mm. Outra informação adquirida com os experimentos feitos, foi que a barra de 16mm teve maior imprecisão, mostrando diferentes resultados em cada leitura feita nessa mesma barra, sendo que em uma dessas leituras, mostrou ser uma barra de 12mm. Ou seja, não tiveram a precisão desejada em relação às bitolas. Portanto, os resultados do equipamento B foram melhores que do equipamento A, mas ainda não foram completamente precisos. Nas Figuras abaixo, serão mostrados alguns exemplos dos ensaios realizados.

Figura 20 – Utilização do Pacômetro B



Fonte: Autor

Figura 21 – Utilização do Pacômetro B



Fonte: Autor

Figura 22 – Utilização do Pacômetro B



Fonte: Autor

Na Figura 20, a medição está sendo realizada na barra de 12,5mm, como é mostrado no paquímetro, mas no pacômetro mostra ser uma barra de 12mm, com um cobrimento de 4,6cm, também mostrado no equipamento. Sendo assim, o resultado não foi completamente preciso, mas chegou bem próximo da realidade, podendo ser considerado satisfatório. É importante ressaltar, que os valores mostrados no paquímetro estão um pouco acima dos valores reais devido às hachuras das barras.

Na Figura 21, está sendo feita a leitura da barra de 16mm, mas o equipamento detecta ser uma barra de 12mm. O cobrimento real nessa barra é de 3,5cm e no pacômetro mostra ser de 3,8cm.

Portanto, não houve um resultado satisfatório quanto à bitola da barra, devido a uma alta imprecisão, mas o resultado do cobrimento foi bem próximo da realidade. Lembrando também que o valor no paquímetro está acima do valor real devido às hachuras.

Na Figura 22, o pacômetro obteve uma excelente precisão. A medição está sendo feita na barra de 10mm e o equipamento mostrou o valor correto da bitola da barra de aço, sendo assim, um resultado completamente satisfatório, tendo-se conhecimento do motivo da alteração do valor no paquímetro.

Quanto ao cobrimento, sabe-se que o valor real nessa barra é de 3,5cm, mas no equipamento mostra ter um cobrimento de 5,6cm, tendo então, um resultado completamente fora da realidade, ou seja, altamente impreciso.

4.3. Resultado do ensaio com o pacômetro C

O equipamento C (Constrols), que é de propriedade da Instituição de ensino onde foi realizado o trabalho, conforme apresentado na Figura 23 e na especificação técnica que se encontra na metodologia.

Por inexperiência do usuário, não foi possível fazer a leitura do cobrimento e das bitolas. Ele detectou as barras de aço na maioria dos pontos, mas aparentemente é um aparelho atualmente considerado obsoleto, pois existem aparelhos mais modernos que fazem uma melhor leitura.

Apesar de detectar as barras, não as acusou através de efeitos sonoros, apenas acendeu a luz vermelha no equipamento indicando ter encontrado alguma ferragem. Porém quando o equipamento fazia a leitura, não havia alteração da bitola.

O aparelho era programado para fazer leituras de bitolas de até 25mm, como todos os outros aparelhos também foram programados, e ao invés de fazer a leitura correta de cada barra, ele detectava que todas elas haviam uma bitola de 25mm. Independente da barra, ele mostrava ser a mesma bitola, e não obtinha a informação do cobrimento, como mostrado na Figura 23.

Portanto, o pacômetro C (Constrols) não obteve bons resultados, sendo eficiente apenas para detectar o posicionamento da barra de aço, também podendo ser usado para fazer alguns ensaios, como extração, esclerometria, ultrassonografia, entre outros, mas não para se ter o conhecimento do cobrimento e da bitola.

Figura 23 – Utilização do Pacômetro C



Fonte: Autor

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Após a realização dos ensaios não destrutivos de pacometria no protótipo de concreto armado produzido em laboratório com quatro barras de aço de diferentes bitolas e com variação no cobrimento, tendo realizado leituras para a detecção das bitolas, cobrimento e posicionamento das barras com três diferentes tipos de pacômetros, pode-se concluir que não é um ensaio indicado, pois não apresentou a precisão que se esperava.

A pacometria é um ensaio não tão eficaz como muitos pesquisadores e engenheiros pensam ser e utilizam em suas pesquisas de campo, conforme foi observado nos ensaios realizados para o presente trabalho.

Os três diferentes equipamentos utilizados no ensaio realizados em laboratório, não chegaram a bons resultados, pois tiveram valores altamente imprecisos, principalmente para as leituras das bitolas e do cobrimento das barras de aço previamente definidas.

Com isso, sabe-se dizer que pacômetro é prático e utilizável para fazer ensaio semi combinado e para ler o posicionamento das barras de aço, principalmente o pacômetro B (proceq) que mostrou ser um equipamento mais confiável, pois obteve uma maior precisão nos resultados. Sendo assim, o pacômetro não é um aparelho indicado para outros tipos de uso, como definição do cobrimento e diâmetro das barras em questão.

Porém, foi analisado que os três equipamentos não tiveram resultados satisfatórios. Em alguns aspectos o aparelho mostrou fazer leituras bem precisas, mas em outros aspectos os resultados foram muito além da realidade.

Foi possível observar que mesmo no pacômetro B, que foi o equipamento com melhor utilização e maior precisão, ao mesmo tempo em que obtiveram valores desejáveis, como a leitura de algumas bitolas, por exemplo, foi feita uma segunda leitura da mesma barra e se obteve resultados diferentes, ou seja, houve variação dos resultados feitos na mesma barra. E isso geraria problemas para a edificação, pois estaria subdimensionando uma estrutura que está superdimensionada.

Portanto, por mais que um aparelho tenha sido mais eficaz que os outros, nenhum deles é indicado para se realizar ensaios com a finalidade de se obter resultados precisos nos valores do cobrimento e dos diâmetros das

barras, sendo indicados apenas para definir o posicionamento das barras de aço, para redesenhar um projeto estrutural, fazer pequenas extrações e/ou auxiliar em outros ensaios, como esclerometria e ultrassonografia.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se indicar a utilização do pacômetro B (Proceq), que apresentou melhores resultados para comparar os resultados obtidos in loco de uma obra que está em execução com um projeto estrutural real. Seria interessante também, como sugestão, fazer ensaios semi combinados para verificar a qualidade do concreto com a utilização do pacômetro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, Elton. **Vida útil dos edifícios e das construções – conceitos**. Disponível em: <<http://materialsandmateriais.blogspot.com.br/2013/01/vida-util-e-fatores-de-deterioracao.html>>. Acesso em: 10 março 2017.

SILVA, Fernando B. **Patologia das Construções: uma especialidade na Engenharia Civil**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/174/patologia-das-construcoes-uma-especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx>>. Acesso em: 12 março 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752 – Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1 – Avaliação de bens. Parte 1: Procedimento gerais**. Rio de Janeiro, 2005.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral Pereira; GULLO, Marco Antônio. **Normas técnicas para Engenharia Diagnóstica em Edificações**. São Paulo: Pini, 2009.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. Dispõe quanto ao exercício por profissional de Nível Superior das atividades de Engenharia de Avaliações e Perícias de Engenharia. **Resolução nº 345, de 27 de julho de 1990**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://normativos.confed.org.br/downloads/0345-90.pdf>>. Acesso em: 17 abril 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Norma de Inspeção Predial**. São Paulo, 2011.

Piancastelli, E.M. - Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado - Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 1997

GRANATO, J. E. Apostila: Patologia das construções. São Paulo, 2002.

HELENE, Paulo R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. Tese para a obtenção do título de Professor Livre Docente. Escola Politécnica. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993.

_____. **NBR 7584: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.** Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR8802: Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro, 2013.

Especificações técnicas e características do pacômetro Hilti: Disponível em: <https://www.hilti.pt/sistemas-de-medi%C3%A7%C3%A3o/dete%C3%A7%C3%A3o/r1037962>. Acesso em: 29 maio 2017

Especificações técnicas e características do pacômetro Proceq: Disponível em: <https://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=it&u=https://www.proceq.com/it/confronta/rilevatore-di-armature-e-pacometro/&prev=search>. Acesso em: 13 junho 2017

Especificações técnicas e características do pacômetro Proceq: Disponível em: <https://app.box.com/s/95y6vol7st0ygiyx3ibn/file/32192105763>. Acesso em: 13 junho 2017

Especificações técnicas e características do pacômetro Proceq: Disponível em: <https://www.proceq.com/pt/compare/detector-de-armaduras-e-mididor-de-camada/> Acesso em: 13 junho 2017

Especificações técnicas e características do pacômetro Controls: Disponível em: <<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.controls-group.com/eng/concrete-testing-equipment/covermeter-bartracker.php&prev=search>> Acesso em: 13 junho 2017