

ENSAIO NÃO DESTRUTIVO - ENSAIO DE ULTRASSOM E PACÔMETRO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CONCRETO ARMADO

JOAQUIM MARTINS SOEIRO^{1*}; SARAH SILVA COSTA²;
ADRIANO DE PAULA E SILVA³; EDUARDO CHAHUD⁴

¹Esp. em Eng. Diagnóstica, INBEC, Serra-ES, jmsoeiro@gmail.com;

²Mestranda em Materiais de Construção, UFMG, Belo Horizonte-MG, saraazzi@hotmail.com;

³Dr. em Eng. Metalurgia e Minas, Prof. Titular DEMC, UFMG, Belo Horizonte-MG, apsilva@dmc.ufmg.br;

⁴Dr. em Eng. de Estruturas, Prof. Titular DEMC, UFMG, Belo Horizonte-MG, chahud@dmc.ufmg.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A avaliação e o monitoramento das estruturas de concreto armado, principalmente no caso dos pilares dos primeiros pavimentos das edificações, é um procedimento essencial para manter a durabilidade da construção e a sua conservação. Um dos métodos utilizados na avaliação, são os ensaios não destrutivos, que com a técnica empregada, não geram nenhum dano ou problemas a estrutura. As medições de ultrassonografia e pacometria são, além de ensaios não destrutivos, de fácil aplicação nas estruturas, de simples manuseio e portabilidade, sem precisar recorrer a laboratórios especializados. Baseado nesse princípio, o artigo tem como objetivo analisar e estudar as estruturas de uma edificação, aplicando os métodos da pacometria e da ultrassonografia nos termos da NBR 8802/2013. No final do artigo foi feita uma correlação entre os valores medidos das velocidades ultrassônicas com os resultados dos ensaios de esclerometria e módulo de elasticidade, medidos em obra. Assim como, foi elaborado uma correlação entre os resultados do ensaio de ultrassom dos pilares e a qualidade das estruturas de concreto executadas.

PALAVRAS-CHAVE: Ultrassom, ensaios, durabilidade, pulso ultrassônicos.

NON-DESTRUCTIVE TEST - ULTRASOUND TEST AND PACOMETER IN THE EVALUATION OF THE QUALITY OF THE ARMED CONCRETE

ABSTRACT: Evaluation and monitoring of concrete structures, especially in the case of the pillars of the first floors of buildings, it is an essential procedure to maintain the durability of the construction and conservation. One of the methods used in evaluation are nondestructive tests, that with the technique does not generate any problems or damages the structure. The ultrasound measurements and pacometria are in addition to non-destructive testing, easy to apply the structures, simple handling and portability without resorting to specialized laboratories. Based on this principle, the article aims to analyze and study the structures of a building, applying the methods of pacometria and ultrasound under the NBR 8802/2013. At the end of the article a correlation has been made between the measured values of ultrasonic velocities to the results of the scratch tests and modulus of elasticity, measured on site. As a correlation between the results of the ultrasonic test of the pillars and quality of concrete structures was performed elaborated.

KEY WORDS: Ultrasound, testing, durability, ultrasonic pulse.

INTRODUÇÃO

O ensaio de resistência à compressão do concreto é uma parte importante no controle tecnológico das estruturas de concreto, que tem como principal função, garantir a qualidade ampla da estrutura final. A resistência à compressão é uma propriedade adotada no dimensionamento dos elementos estruturais, logo, está diretamente relacionada à segurança e estabilidade estrutural (HELENE, 2003). Os ensaios de resistência a compressão do concreto são considerados ensaios

destrutivos, e muitas vezes de difícil realização, podendo provocar danos nas estruturas acabadas de concreto armado.

Segundo Evangelista (2002), em diversos países, tem-se analisado um enorme emprego dos ensaios *in situ*, assim como muitas pesquisas nessa área, com objetivo de obter resultados mais precisos e confiáveis nas investigações das propriedades do concreto. Para Schiavon (2015), os ensaios não destrutivos possibilitam avaliar uma estrutura sem gerar danos ao elemento estrutural. O método da velocidade do pulso ultrassônicas é um tipo de ensaio não destrutivo.

O ensaio de ultrassom é um método de avaliação qualitativa do concreto, utilizado para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, por meio de pulsos ultrassônicos, através de um elemento estrutural de concreto, tendo como principais aplicações: analisar a homogeneidade do concreto, detectar falhas internas de concretagem, bem como, profundidade de fissuras e outras anomalias e monitoração de variações do concreto, decorrentes do meio de agressividade em que está inserido a estrutura (NBR 8802:2013).

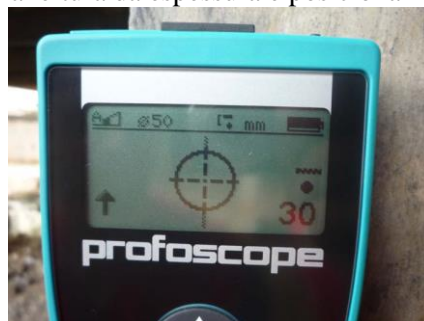
O presente artigo consiste em avaliar, por meio de ensaio *in situ*, através do ensaio de ultrassom, a qualidade do concreto estrutural de uma edificação paralisada a mais de 22 anos. Além disso, o artigo busca correlacionar, utilizando gráficos e tabelas, seus resultados com os demais ensaios, não destrutivos, disponibilizados pela construtora.

MATERIAL E MÉTODOS

Anamnese: A edificação, onde ocorreram os ensaios de ultrassom afim de avaliar a qualidade do concreto fica localizada na cidade de Belo Horizonte/MG. O empreendimento teve início em meados de 1991, e dois anos depois foi abandonada devido a falência da construtora. Em 2016, a edificação foi comprada e está em processo de revitalização para torna-lo habitável novamente. De acordo com a NBR 6118:2014, a edificação localiza-se dentro de área urbana com classe de agressividade II.

Pacômetro: O pacômetro foi utilizado, a fim, de verificar o posicionamento das armaduras nos pilares. O modelo utilizado no ensaio de pacometria foi um equipamento portátil PS-20 da HILTI-Ferroscon, sendo possível fazer o mapeamento dos cobrimentos e posicionamento das armaduras nos pilares (Figura 1).

Figura 1 - Detalhe de uma leitura da espessura e posicionamento da armadura no pilar

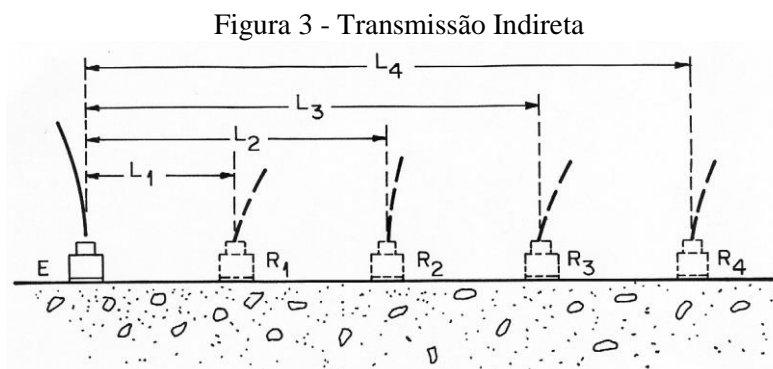


Ensaio de Ultrassom: Para os testes de investigação e avaliação dos pilares de concreto armado, alguns procedimentos preliminares foram feitos seguindo as orientações das NBR 8802:2013 e BSI 1881 Parte 203 – *Ultrasonic Test for Concrete*, como: lixamento do elemento estrutural, limpeza da superfície, e calibração do equipamento. O equipamento utilizado para o ensaio foi PUNDIT da marca PROCEQ conectado com transdutores de 54KHz (Figura 2).

Figura 2 - Equipamento PUNDIT – Ensaio de Ultrassom



Depois de identificados os pilares a serem ensaiados, pode-se verificar que devido à dificuldade de acesso a todas as faces da peça a ser ensaiada, os transdutores foram posicionados no elemento estrutural de forma indireta, conforme Figura 3.



Fonte: NBR 8802:2013

Esse tipo de arranjo para medição do tempo de propagação das ondas ultrassônicas, é utilizado quando não se tem acesso a outras faces da peça estrutural ou devido a comprimento insuficiente para propiciar o deslocamento do transdutor-receptor (NBR 8802:2013). Foram feitas 10 leituras ultrassônicas em 3 pontos equidistantes 20 cm a partir do centro do pilar. As leituras das velocidades das ondas ultrassônicas foram feitas por meio do visor do equipamento utilizado, em metros por segundo.

Calculo do módulo de deformação dinâmico: Segundo IAEA (2002), o módulo de deformação, pode ser calculado utilizando a equação 1, a partir da velocidade ultrassônico que atravessa um meio isotrópico elástico de dimensões infinitas.

$$E = \frac{\rho V_p^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} - \text{Equação 1}$$

Sendo: E – módulo de elasticidade (GPa), V_p – velocidade do impulso (m/s), ρ – densidade (N/m³), ν – coeficiente de Poisson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados ensaios de ultrassom em 34 pilares divididos da seguinte forma: 8 pilares avaliados no subsolo, 12 pilares no pilotis e 14 pilares ensaiados no primeiro pavimento tipo na torre B. Os resultados dos valores de velocidades ultrassônicas, dão como resposta uma possibilidade de análise qualitativa do concreto.

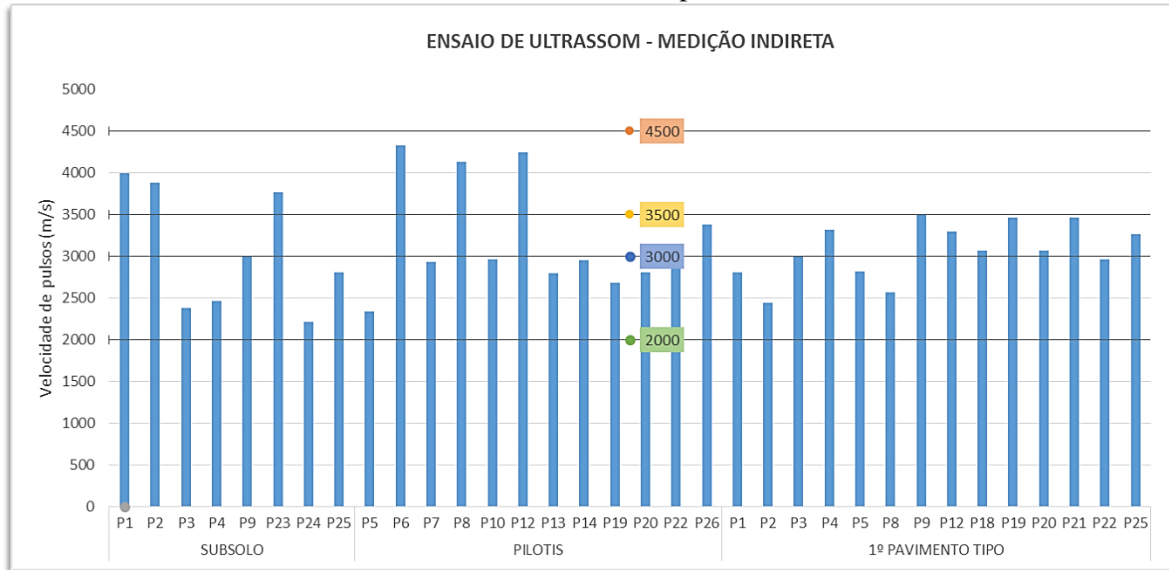
Como parâmetro para análise dos ensaios de velocidade de ultrassom, foi utilizado a tabela 1 (Whitehurst, 1951), que estabelece parâmetros com base em ensaios de concreto, com densidade do concreto de 2400 kg/m³.

Tabela 1. Relação entre a velocidade de impulso e a qualidade do concreto (Whitehurst, 1951)

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA ULTRASSÔNICA NO CONCRETO (m/s)	QUALIDADE DO CONCRETO
> 4500	EXCELENTE
3500 a 4500	BOM
3000 a 3500	REGULAR
2000 a 3000	RUIM
< 2000	PÉSSIMO

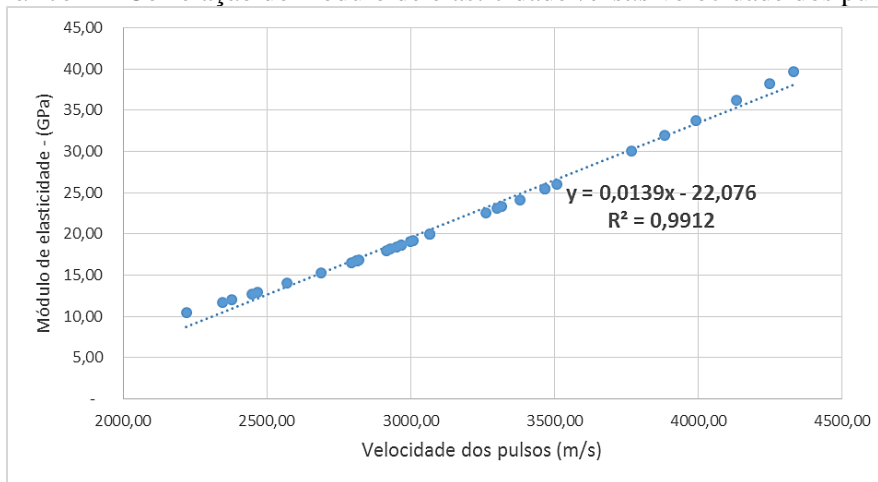
No artigo consideramos apenas os ensaios de velocidade de ultrassom dos pilares do subsolo, pilotis e primeiro pavimento da edificação, uma vez que os outros pavimentos não foram autorizados pela construtora, para serem ensaiados.

Gráfico 1 – Valores do ensaio de pulso ultrassônico



Observa-se no gráfico 1, que os valores de pulsos ultrassônicos dos pilares de concreto armado estão compreendidos, em sua maioria, entre 2000m/s e 3000m/s, podendo ser classificados como um concreto de baixa qualidade, de acordo com os valores especificados pela tabela 1. Os pilares P1, P2 e P23 do subsolo, P6, P8 e P12 do Pilotis apresentaram valores de pulso ultrassônicos acima de 3500m/s, podendo classifica-los como sendo um concreto de boa qualidade.

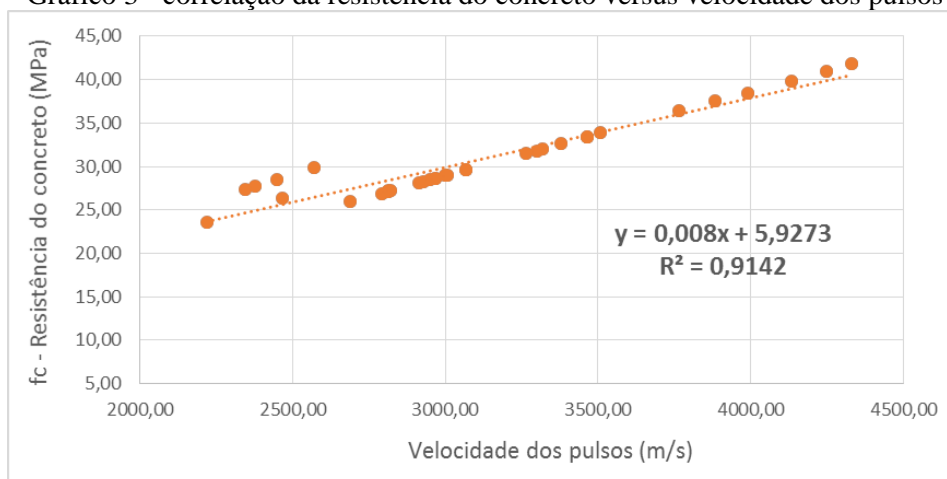
Gráfico 2 – Correlação do módulo de elasticidade *versus* velocidade dos pulsos



No gráfico 2, foi feita uma correlação entre os valores obtidos no ensaio de ultrassom e os valores do módulo de elasticidade dinâmico, calculados a partir da equação 1. Pode-se observar que o módulo de elasticidade tende a aumentar com o aumento da velocidade de pulso ultrassônico, ou seja, o crescimento nos resultados de módulo de elasticidade é proporcional ao aumento da velocidade de pulso ultrassônico.

Para confecção do gráfico 3 – correlação da resistência do concreto versus velocidade dos pulsos, os valores resistências foram obtidos através dos ensaios de esclerometria informados pela construtora, não fazendo parte deste trabalho. Ao analisar os resultados fornecidos pela construtora e após a construção do gráfico, foi possível observar que houve um crescimento diretamente proporcional entre a resistência do concreto e a velocidade dos pulsos ultrassônicos. No ensaio de esclerometria todos os pilares nos primeiros pavimentos obtiveram resultados acima de 20MPa, isso demonstra que a edificação em questão possui concreto considerado satisfatório.

Gráfico 3 - correlação da resistência do concreto versus velocidade dos pulsos



CONCLUSÃO

Os ensaios de velocidade do pulso ultrassônico obtidos pela construtora e comparado com a tabela 01 de Whitehurst, qualificam o concreto utilizado na edificação como de baixa qualidade. Os valores encontrados para a maioria dos pilares dos primeiros pavimentos variam entre 2000m/s e 3000m/s e apenas 18% desses pilares possuem resultados de velocidade de pulso ultrassônico superior a 3500m/s, caracterizando como concretos de boa qualidade.

Nos ensaios realizados de esclerometria, os pilares em questão apresentaram resultados de resistência do concreto compreendidos entre 20MPa e 45MPa. Baseados nos valores encontrados, para a esclerometria, o material analisado pode ser classificado como concreto estrutural e satisfatória para a durabilidade da construção.

Como os ensaios não destrutivos utilizados e medidos nessa obra apresentam valores correspondentes às análises e procedimentos realizados no concreto e os resultados encontrados para a velocidade do pulso ultrassônico e a esclerometria estão divergentes em relação a qualidade do material, pode-se concluir que os valores do ensaio de resistência do concreto podem estar sendo influenciados pela carbonatação superficial do material, promovendo a superestimação da resistência.

Portanto para esclarecimento dos resultados encontrados e para entender o funcionamento do concreto, outros ensaios poderiam ser executados como a carbonatação do concreto e a extração de testemunhos, objetivando um diagnóstico e prognóstico mais preciso sobre o material

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8802:2013 – Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- British Standard BS 1881-203(1986) – Testing concrete
- EVANGELISTA, A. C. J. Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaio Não Destrutivos. Rio de Janeiro, 2002.
- HELENE, P.; PACHECO, J. Controle da Resistência do Concreto. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – ALCONPAT Int., Mérida – México, 2013.
- IAEA. (2002). Guidebook on non-destructive testing of concrete structures, Vienna.
- SCHIAVON, Karen Fernanda Bompan. Estudo da aplicação de ultrassom na medição de tensões em estruturas de concreto / Karen Fernanda Bompan Schiavon; orientador Vladimir Guilherme Haach. São Carlos, 2015.
- Whitehurst, E. A. 1951. Soniscope tests concrete structures. J. Am. Concrete Inst. Proc.