

ANALISE DA PROPAGAÇÃO DA ONDA ULTRASSÔNICA TRANSVERSAL E LONGITUDINAL EM CONCRETOS DE VARIADAS RESISTÊNCIAS SUBMETIDOS A COMPRESSÃO SIMPLES

Andreza V.P.A. Patriota¹, Aisamaque de Lima², Analia L. Coutinho³, Arthur Y.F. de Lima⁴, Caio F.L. Munguba⁵, Egenilson H. da Silva⁶, João C.L. Ramalho⁷, Priscila S. da Costa⁸, Rayza H.G. Farias⁹

1. Professora do SENAI/PE / Orientador;
2,3,4,5,6,7,8 e 9. Graduandos em Engenharia Civil da Uninassau.

Resumo:

A engenharia civil vem buscando utilizar ensaios não destrutivos que venham a qualificar e quantificar o concreto armado em utilização. O trabalho tem como objetivo analisar a velocidade de ondas ultrassônicas longitudinais e transversais em concretos de variadas resistências à compressão submetida, à compressão simples. Os resultados obtidos mostram que o ensaio não destrutivo de propagação de ondas ultrassônicas mostra-se uma excelente alternativa para entender o comportamento do concreto. Além disso, que o módulo de elasticidade deve ser considerado em projetos estruturais para um melhor controle tecnológico e entendimento do comportamento dos concretos de alta resistência.

Palavras-chave: Onda Ultrassônica; Longitudinal; Transversal; Resistência à compressão.

Apoio financeiro: Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Introdução:

A necessidade de obter informações sobre o comportamento da estrutura ao longo de sua vida útil é cada vez mais demandada como estratégia, inclusive, de atendimento às recentes normas de desempenho que foram editadas no país no ano de 2013, e que se tornaram de utilização compulsória já em meados daquele ano, em particular trazendo critérios normativos a serem empregados em estruturas de concreto armado.

Dentro deste contexto, o ensaio de ondas ultrassônicas se mostra um importante aliado dos construtores e projetistas de

edificações em concreto armado, pois possibilita a obtenção de informações qualitativas das estruturas em condições de utilização sem a necessidade de intervenções destrutivas.

A utilização do ensaio não destrutivo de propagação de ondas ultrassônicas longitudinais e transversais para acessar informações qualitativas do concreto de variadas resistências à compressão, está em perfeita consonância com as normas brasileiras de projeto e execução de estruturas de concreto atuais que, no ano de 2014, passou a incorporar a possibilidade de projeto com concretos com resistência superior a 50 MPa, situação que não era prevista nas normas anteriores.

Metodologia:

Para o desenvolvimento do programa experimental foram produzidos 5 traços de concreto e confeccionadas ao todo 25 amostras cilíndricas de 10x20 cm. Para a produção dos concretos foi utilizado o cimento CP II F 32 - Cimento Portland Composto com Filler, brita 19 granítica e areia grossa. Os materiais foram caracterizados em laboratório de materiais de construção. Para melhor abatimento do concreto foram utilizados aditivos, plastificante e superplastificante.

Na tabela abaixo são apresentados os Traços Unitários em Massa (T.U.M) para cada concreto confeccionado.

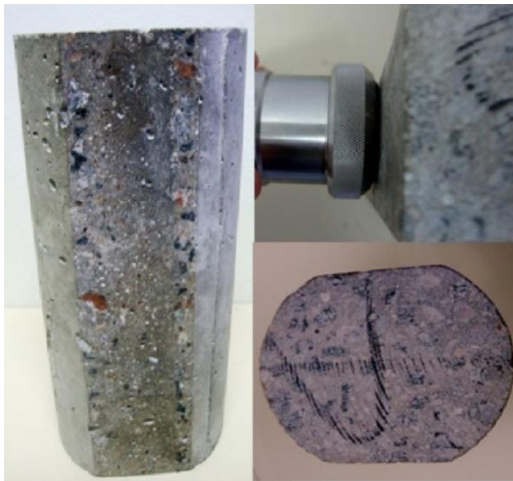
Tabela 1 - Traço Unitário em Massa

Traço	Cimento Portland	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Sílica Ativa	Relação a/c	Consumo de cimento (kg/m³)
A	1	0,855	1,458	-	0,290	667,57

B	1	1,090	1,830	-	0,230	599,27
C	1	0,99	1,789	0,200	0,192	634,21
D	1	2,010	1,570	-	0,550	445,75
E	1	2,860	0,710	-	0,550	447,96

Antes da realização dos ensaios, os corpos de prova passaram por um tratamento de retificação no topo e na base. Foram realizados cortes laterais no corpo de prova para permitir a fixação dos transdutores durante o ensaio ultrassônico (Figura 1). A partir da retificação realizada foi obtida uma nova área para os corpos de prova, com aproximadamente 73,34 cm², e diâmetro de 9,66 cm.

Figura 1 - Retificação dos corpos de prova para acoplar os transdutores



Para a realização do ensaio ultrassônico de propagação de ondas longitudinais e transversais, foram utilizados transdutores com frequência de 500 KHz. Foi utilizado transdutor com frequência alta por causa do tamanho das peças ensaiadas, cerca de 9,66 cm, e para captura mais precisa das amplitudes dos sinais durante o ensaio, por apresentarem comprimentos de trajeto relativamente curtos (Figura 4). Todos os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de ultrassom antes de serem submetidos ao ensaio de resistência à compressão. Os transdutores foram posicionados de forma que a leitura da onda fosse de transmissão direta (Figura 3). O posicionamento dos transdutores foi o mesmo tanto para onda longitudinal como para onda transversal, o que caracteriza e diferencia a onda não é a posição dos transdutores, mas como a onda se propaga no sólido, de forma transversal e longitudinal.

Figura 2 - Medição da propagação da onda ultrassônica em corpos de prova sem carregamento



O ensaio de resistência à compressão foi realizado após 28 dias de cura úmida das amostras de concreto.

Resultados e Discussão:

Na tabela 2 estão sumarizados os resultados dos ensaios de resistência a compressão e velocidade da onda ultrassônica longitudinal e transversal. A partir deles foi realizada uma análise entre os ensaios realizados.

O concreto tipo C, com menor relação água/cimento e constituído de adição de sílica ativa, apresentou maior resistência à compressão e maior velocidade de propagação das ondas ultrassônicas longitudinais e transversais.

Tabela 2 -Resumo dos resultados da resistência à compressão e ondas ultrassônicas longitudinais e transversais.

Traço	Tipo	Resistência à compressão simples (MPa)	Velocidade da onda ultrassônica longitudinal (m/s)	Velocidade da onda ultrassônica transversal (m/s)
Concreto	A	55,12	3.641	2.334
	B	38,19	3.761	2.432
	C	55,43	3.782	2.482
	D	38,18	3.333	2.209
	E	33,23	3.207	2.201

A relação entre a velocidade da onda

ultrassônicas transversal com a velocidade da onda longitudinal nas amostras variaram de 64% a 68%.

Conclusões:

A redução da relação água/cimento (a/c) proporcionou um aumento na propagação das ondas longitudinais e transversais, provavelmente devido ao melhor empacotamento do conjunto, pois os concretos com baixa relação a/c foram adensados de forma mecanizada com um vibrador de imersão, proporcionando assim eliminação quase total dos vazios da mistura. Os concretos adensados manualmente apresentaram menor velocidade de propagação da onda. Assim, o adensamento é uma grande variável para o ensaio de ultrassom.

O concreto constituído de adição de sílica ativa apresentou maior resistência à compressão e maior velocidade de propagação da onda longitudinal e transversal em razão do tipo de adição proporcionar ao concreto maior refinamento dos poros, pois sua utilização desenvolve reações pozolânicas que propiciam a formação de compostos hidratados mais homogêneos, induzindo na diminuição dos teores de hidróxidos de cálcio, na solução dos poros do concreto, e originando uma pasta mais densa e homogênea, permitindo maior empacotamento das partículas, reduzindo a porosidade e o efeito parede da zona de transição.

Vários estudos são necessários para se conseguir obter o conhecimento do comportamento do concreto em utilização através de ensaios não destrutivos. Mas com base nos resultados obtidos nessa pesquisa é possível observar que a velocidade de propagação ultrassônica é um ensaio extremamente importante para o controle tecnológico do concreto, principalmente se correlacionado com a relação a/c, dado este que é obtido no início da dosagem do concreto, já que a sua resistência será obtida após 28 dias e com a peça de concreto em utilização.

Na prática, o ensaio de ultrassom é realizado utilizando-se transdutores longitudinais, também sendo possível a utilização de transdutores transversais para a realização desse ensaio não destrutivo.

Referências bibliográficas

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 228. 1R-03, In-place methods to estimate concrete strength, Detroit, 2003.

_____. ASTM C 595, 1992 "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", American Society for Testing and Materials., Philadelphia.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; TUTIKIAN, Bernardo F.. Resistência Mecânica do Concreto. In: IBRACON. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Geraldo C. Isaias, 2011. Cap. 17. p. 615-651.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

NAIK, Tarun R.; MALHOTRA, V. Mohan; POPOVICS, John S.. The Ultrasonic Pulse Velocity Method. 2004. Disponível em: <[http://unina.stidue.net/Politecnico di Milano/Ingegneria Strutturale/Corsi/Felicetti - Structural assessment and residual bearing capacity/books/Handbook of NDT of Concrete/1485_C08.pdf](http://unina.stidue.net/Politecnico%20di%20Milano/Ingegneria%20Strutturale/Corsi/Felicetti%20-%20Structural%20assessment%20and%20residual%20bearing%20capacity/books/Handbook%20of%20NDT%20of%20Concrete/1485_C08.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2014.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F. de. Ensaio de "Pull Off" para avaliar a resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil. Revista Ibracon de Estruturas e Mateirias, São Paulo, v. 5, n. 6, p.2-12, 5 dez. 2012.

PROCEQ. Equipamento de teste ultrassônico Pundit Lab. 2015. Disponível em: <<http://www.proceq.com/po/produtos/teste-de-concreto/testes-ultrassonicos/pundit-lab.html?pqr=6>>. Acesso em: 24 maio 2015.