



Evento: Seminário de Inovação e Tecnologia.

ELABORAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS ¹

PREPARATION OF A MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING CONCRETE STRENGTH THROUGH NON-DESTRUCTIVE

Flávia Izabel Bandeira², Maurício de Campos³, Paulo Sérgio Sausen⁴, Airam Teresa Z. R Sausen⁵, Lucas Fernando Krug⁶

¹ Projeto de dissertação do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ, bolsista Capes.

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ.

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ.

⁵ Docente do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UNIJUÍ.

⁶ Docente de Engenharia Civil, UNIJUÍ, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional.

RESUMO

A resistência à compressão é uma das principais propriedades do concreto, sendo responsável pela sua segurança estrutural, a qual é investigada durante a avaliação das estruturas. A determinação desta propriedade pode ser feita através de métodos de ensaios destrutivos ou não destrutivos. Os ensaios destrutivos envolvem a remoção de uma amostra de concreto do local analisado para ser submetida ao ensaio de compressão em laboratório. Mesmo sendo a metodologia mais tradicional, esses ensaios nem sempre são viáveis pois resultam em um processo com custo considerável, tecnicamente difícil, além de poderem ser extraídas apenas um pequeno número de amostras, a fim de não prejudicar a estrutura em análise. Em contrapartida, os ensaios não destrutivos não causam danos significativos ao concreto, apresentam baixo custo, maior facilidade de execução e podem ser utilizados para avaliar um grande número de elementos de concreto. No entanto, para utilizar os ensaios não destrutivos com precisão na determinação da resistência à compressão do concreto, é necessário estabelecer uma relação entre a resistência e resultado do ensaio não destrutivo, para um determinado concreto e aparelho de medição. Essa relação pode ser estabelecida através da coleta de dados experimentais, onde é conhecida a resistência do concreto e o valor correspondente medido no ensaio não destrutivo. Com base nestas considerações, propõe-se desenvolver um modelo matemático para determinação da resistência do concreto a partir de dois diferentes ensaios não destrutivos, entre eles o ensaio de esclerometria e o ensaio de penetração de pinos. Isso será possível através da elaboração de uma metodologia experimental, onde se estabelecerá uma relação entre a resistência real do concreto e os respectivos valores obtidos nos ensaios não destrutivos.

Palavras-chave: Avaliação de estruturas. Modelagem matemática. Materiais de construção.



INTRODUÇÃO

Desde o século passado o concreto passou por várias etapas de evolução se mostrando com um material versátil de diversas aplicações na construção civil. Na atualidade, o concreto continua a ser o material de construção mais utilizado para compor diferentes tipos de estruturas, como em edifícios, barragens, pontes, entre outras (NEPOMUCENO; BERNARDO, 2019). Dentre as propriedades mecânicas do concreto a resistência à compressão é a que interfere diretamente na resistência das estruturas, principalmente ao que se refere ao seu desempenho e durabilidade, por isso é ela que é investigada durante uma avaliação estrutural (PORCO et al., 2014).

A avaliação das estruturas existentes, principalmente ao que se refere a resistência à compressão é uma questão importante enfrentada pelos engenheiros que trabalham na construção civil (POORARBABI; GHASEMI; MOGHADDAM, 2020; QASRAWI, 2019). Entre os métodos de ensaios utilizados para determinação da resistência do concreto “in loco” estão os ensaios destrutivos e os ensaios não destrutivos (CRISTOFARO; VITI; TANGANELLI, 2020).

O ensaio destrutivo que envolve a extração e rompimento de amostras da própria estrutura, também chamadas de testemunhos, é o método mais tradicional utilizado para avaliação da resistência do concreto (SAMANIEGO et al., 2013). Contudo, essa é uma metodologia cara, tecnicamente difícil em algumas situações, e até impossível em outras (ALI-BENYAHIA et al., 2017). Por outro lado, a realização de ensaios não destrutivos (ENDs) em estruturas existentes consiste em processos rápidos, simples e econômicos que possibilitam a obtenção de informações das propriedades do concreto e uma estimativa da sua resistência à compressão (ASTERIS; MOKOS, 2020).

Devido às suas vantagens, os ENDs no concreto têm grande importância técnica. Em decorrência disso, o emprego destes ensaios vem crescendo nos últimos anos (HANNACHI; GUETTECHE, 2012). Para Amini, Jalalpour e Delatte (2016) a possibilidade de utilizar estas técnicas tornou o desenvolvimento de modelos preditivos da resistência à compressão a partir de ENDs uma área próspera de pesquisa. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um modelo matemático a fim de estimar a resistência à compressão do concreto a



partir de dois ensaios não destrutivos, entre eles o Ensaio de Esclerometria e o Ensaio de Penetração de Pinos.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para a obtenção dos dados que serão utilizados na elaboração do modelo matemático é necessário o desenvolvimento de uma metodologia experimental, a qual possibilitará estabelecer uma relação entre a resistência do concreto à compressão e os resultados dos ENDS aplicada a concretos comumente utilizados na região de Ijuí-RS. Esta metodologia está em desenvolvimento e consiste na moldagem de blocos de concretos com faixas de resistências distintas (15MPa, 25MPa, 35MPa e 45MPa), nos quais serão realizados os ENDS de Esclerometria e Penetração de Pinos.

Para cada resistência calculada serão moldados 3 blocos de concreto (20cmx20cmx40cm), os quais serão submetidos a ensaios em três idades de cura diferentes, aos 14, 28 e 56 dias, totalizando 12 blocos de concreto. Em cada bloco de concreto, na respectiva idade de cura, serão realizados os ENDS a fim de determinar indiretamente a sua resistência à compressão. Como forma de obter a resistência à compressão real do concreto, necessária à elaboração e validação do modelo, serão extraídos e ensaiados testemunhos do mesmo bloco de concreto submetido aos ENDS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após finalizada a coleta dos dados experimentais, se dará início a formulação e validação de um modelo matemático através do software MATLAB, onde serão desenvolvidas e analisadas regressões múltiplas para diferentes expressões matemáticas. Tendo como variável dependente a resistência à compressão e variáveis independentes os valores obtidos através dos ENDS propostos (Esclerometria e Penetração de Pinos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilização de um modelo matemático para determinação da resistência à compressão do concreto através dos ensaios de Esclerometria e Penetração de Pinos possibilita a avaliação de estruturas existentes de forma rápida e não destrutiva. Além disso,



por não acarretar em danos significativos aos materiais, a utilização de ENDs propicia economia na investigação das estruturas.

A regressão múltipla vem sendo utilizada por diferentes autores para a determinação da resistência à compressão do concreto através dos ENDs de Esclerometria e Penetração de Pinos. No entanto, este trabalho tem o diferencial de disponibilizar um modelo matemático desenvolvido a partir de uma metodologia experimental baseada em diferentes literaturas e aplicada a concretos com características regionais, o que torna sua aplicação mais promissora.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática e Computacional, a Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRISTOFARO, M.; VITI, S.; TANGANELLI, M. New predictive models to evaluate concrete compressive strength using the sonreb method. *Journal of Building Engineering*, v. 27, p. 100962, 2020.

NEPOMUCENO, M.; BERNARDO, L. Evaluation of self-compacting concrete strength with non-destructive tests for concrete structures. *Applied Sciences*, v. 9, p. 5109, 11 2019.

POORARBABI, A.; GHASEMI, M.; MOGHADDAM, M. A. Concrete compressive strength prediction using non-destructive tests through response surface methodology. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 11, n. 4, p. 939–949, 2020.

PORCO, F. et al. Assessment of concrete degradation in existing structures: A practical procedure. *Structural Engineering and Mechanics*, v. 52, p. 701–721, 11 2014.

SAMANIEGO, Y. et al. Avaliação da resistência efetiva do concreto mediante ensaios in loco-estudo de caso em Brasília. In: *Congresso Brasileiro do Concreto*. [S.l.: s.n.], 2013.

ALI-BENYAHIA, K. et al. Analysis of the single and combined non-destructive test approaches for on-site concrete strength assessment: General statements based on a real case-study. *Case Studies in Construction Materials*, v. 6, p. 109–119, 2017.

ASTERIS, P.; MOKOS, V. Concrete compressive strength using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 08 2020.

HANNACHI, S.; GUETTECHE, M. N. Application of the combined method for evaluating the compressive strength of concrete on site. *Open Journal of Civil Engineering*, v. 2, p. 16–21, 3 2012.

AMINI, K.; JALALPOUR, M.; DELATTE, N. Advancing concrete strength prediction using non-destructive testing: Development and verification of a generalizable model. *Construction and Building Materials*, v. 102, p. 762–768, 2016.