

RESUMO EXPANDIDO
XXVI Congresso de Iniciação Científica

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE SECAGEM PARA CONCRETOS COM CPII

Fernanda Glayciellen Lisboa Rodrigues¹

Robson Rodrigues da Silva²

Flávia Conceição Veneziani Ribeiro³

1. Discente do curso de Engenharia Civil; e-mail: glayciellen14@gmail.com
2. Docente e Pesquisador na Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: robson.silva@umc.br
3. Docente na Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: flavia.ribeiro@umc.br

Área de Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra

Palavras-Chave: Modelos matemáticos; Cálculo de resistência; Concreto CPII

Como citar:

Rodrigues FGL, da Silva RR, Ribeiro FCV. Desenvolvimento de um modelo matemático para determinação da resistência em função do tempo de secagem para concretos com CPII. Revista Científica UMC [Internet]. 27 de outubro de 2023; 8(2):e080200030.

Disponível em: <https://seer.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/1891>

Fluxo de revisão: o presente resumo expandido foi revisado por pares pela comissão do evento.

Recebido em: 11/09/2023

Aprovado em: 26/10/2023

ID publicação: e080200030

DOI:

Licença CC BY 4.0 DEED

INTRODUÇÃO

Na construção civil, há diversos tipos de estrutura e formas de construir, desde os primórdios da civilização, o homem sempre trabalhou com os materiais como os encontrava na natureza, então com o passar do tempo, foi começando a modelar da forma e adaptar de acordo com suas necessidades. No início, eram usados pedra, madeira e barro, com o passar do tempo novos padrões eram requeridos surgindo a necessidade de materiais de maior resistência, durabilidade e melhor aparência, daí surgiu então, o concreto (BAUER, 2019).

Buscando uma maior agilidade na construção, muitas empresas construtoras buscam uma forma de se conseguir alcançar uma resistência adequada do concreto em menos tempo e assim, conseqüentemente, reduzir o tempo de execução da estrutura e do período de escoramento (VIEIRA; MOLIN, 2010).

É necessária uma combinação de componentes que geram o concreto, os mais comuns são: os agregados, o cimento e a água. Em relação aos agregados, eles mesmos podem ser de origem natural, fragmentados ou resultantes de britagem de obras (ABNT NBR 7211/2005) e se dividem em dois tipos: agregados miúdos com espessura entre 4,75mm e 150 µm, agregados graúdos com espessura entre 75mm e 4,75 mm. No caso da água, é necessária uma avaliação prévia seguindo a norma ABNT NBR 15900-1/2009 que estabelece exigências para seu uso. E a norma ABNT NBR 5739/1994 estabelece métodos para ensaios com corpos de prova cilíndricos. Assim como cada agregado tem sua especificação, o cimento tem sua classe de resistência, e sua zona de transição na interface. Essa zona é considerada como a fase limitante da resistência do concreto, por causa de sua presença que ocorre a ruptura de concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Atualmente, o Brasil possui seis tipos de cimento, segundo a norma ABNT NBR 16697/2018: CPI, CPI-S, CII - E, CII - F, CII - Z, CIII, CIV e CPB Estrutural. Sua denominação é Cimento Portland, cada um possui uma numeração e seu uso específico na construção civil.

Com base no que foi exposto nos parágrafos anteriores, demonstra-se necessário o acompanhamento do cimento na obra, visando um bom resultado sem patologias e sem problemas físicos e futuros.

OBJETIVO

Desenvolver um modelo matemático para prever a resistência de concretos com CII e que possa complementar o ensaio nas disciplinas de Materiais de Construção Civil e Estruturas de Concreto.

METODOLOGIA

Para realizar a caracterização dos agregados miúdo (areia) e graúdo (pedra), para se determinar o tipo de agregado usado nos ensaios foram utilizadas as ABNT NBR 17054/2022 e NBR 16915/2021. Para fazer a separação das amostras que foram usadas para os ensaios foi utilizada a ABNT NBR 16915/2021 e para o procedimento de peneiramento foi usado como base a ABNT NBR 17054/2022.

Com os resultados obtidos foi verificado, de acordo com a ABNT NBR 7211/2005, qual zona o módulo de finura se encaixa e antes de iniciar o processo de concretagem, foi preciso seguir a ABNT NBR 12821/2009.

Com o concreto pronto foi necessário realizar a determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone, seguindo a NM 67/1998.

No caso deste estudo, foi utilizado o procedimento de adensamento mecânico. Já para a concretagem foi necessário seguir a ABNT NBR 5738/1994.

Antes de iniciar o procedimento de compressão axial (ruptura), foi necessário preparar os corpos de prova, consequente ao explicitado a ABNT NBR 5738/1994.

O modelo matemático que fornece a resistência (R) do corpo de prova em função do tempo (t) de secagem foi obtido com uso do Excel, utilizando a ferramenta de Regressão Logarítmica, com o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de correlação (R). Três dos resultados obtidos durante a parte experimental foram selecionados para realizar a validação do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos os dados de alguns corpos de prova, bem como os resultados do ensaio de ruptura (Figura 1).

O valor de CF com * foi desconsiderado para efeito de cálculo da estimativa do desvio-padrão (Se) e coeficiente de variação (Cve), ambos solicitados pela ABNT NBR 5739/1994. A Figura 1 ilustra os corpos de prova após o ensaio de ruptura.

Para desenvolver o modelo matemático foram utilizadas as ferramentas de Regressão Logarítmica do software Excel e as médias das resistências obtidas a partir dos dados coletados durante a execução dos ensaios.

TABELA 1. Primeiro ensaio de ruptura

Data de moldagem: 17/11/2022					
Idade dos corpos de prova: 28 dias					
Data do ensaio: 15/12/2022					
Capeamento: Enxofre					
Classe da máquina: Classe 1					
ID	altura (h) (mm)	diâmetro (D) (mm)	r (tipo de ruptura)	F (força exercida) (kN)	Cálculo de resistência (CF) (Mpa)
7	207,1	100,9	C	180,58	22,58
8	211,4	100,2	C	188,53	23,91
9	209,5	99,7	C	202,63	25,96
10	215,8	100,1	G	85,99	10,93*
11	213	99,9	C	191,61	24,45
12	213,1	99,9	C	189,22	24,14
				Se	0,291
				Cve	1,202

FIGURA 1. Corpos de prova após primeiro ensaio de ruptura



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

A partir dessas médias, foi gerado um gráfico de dispersão (Figura 2) e a curva de Regressão Logarítmica destacada em vermelho.

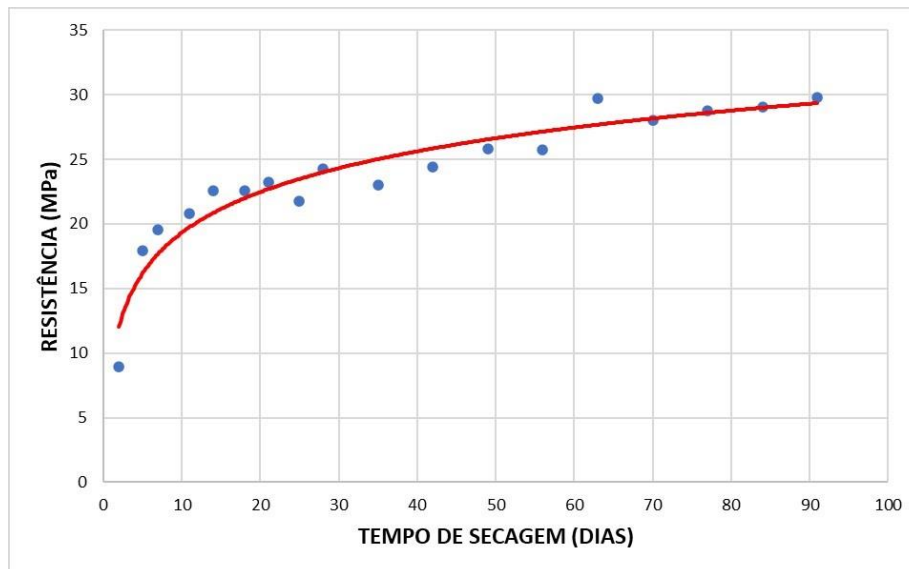
A partir dos dados apresentados na Figura 2 e utilizando a Regressão Logarítmica foi obtido o seguinte modelo matemático (Equação 1), sendo R a resistência (em MPa) e t o tempo (em dias).

$$R = 4,54\ln(t) + 8,86 \quad (1)$$

Para esse modelo o coeficiente de determinação (R^2) foi de 92%. Esse coeficiente demonstra que a resistência pode ser explicada pelo tempo de secagem com uma eficiência de 92%, ou seja, um coeficiente de determinação de 0,92 em um ajuste de regressão logarítmica indica que cerca de 92% da variabilidade dos dados é explicada pela relação logarítmica estabelecida pelo modelo de regressão. Em outras palavras, o ajuste da curva logarítmica é

considerado muito bom, pois uma porcentagem significativa da variação dos dados pode ser explicada pela equação de regressão logarítmica utilizada.

FIGURA 2 - Gráfico de Regressão Logarítmica



Com os dados obtidos após o experimento, foi realizada a validação do modelo matemático que consistia em separar três dados de tempo (dias) de secagem dos corpos de prova e suas respectivas resistências (MPa) após a ruptura, substituir os dados dos dias pelo t da Equação 1 e verificar se os valores alcançados com o modelo matemático se aproximavam da resistência real dos corpos de prova.

ID's utilizados foram 6, 10 e 6, com 7, 28 e 84 dias, respectivamente. Suas resistências após as rupturas foram, respectivamente, de 18,18MPa, 23,91 MPa e 28,05MPa. Após a validação do modelo matemático, conforme explicitado acima, os resultados foram 17,69MPa, 23,99MPa e 28,98MPa, com erros de -2,67%, 0,33% e 3,30, respectivamente.

A partir da Equação 1 também foi possível obter um modelo matemático para fornecer o tempo de secagem em função da resistência (Equação 2).

$$t = e^{\frac{R-8,86}{4,54}} \quad (2)$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo obtido mostra, que com o passar dos dias, a curva da resistência tem a tendência de se manter alta, mas com pouca diferença em relação a resistência até os 30 dias,

pois segundo a ABNT NBR 5738/1994, a partir desta idade o corpo de prova já atinge uma resistência mínima para se realizar a ruptura. Mas como foi estabelecido no início deste trabalho, a ABNT NBR 5739/1994 prevê que podem ser realizados ensaios de ruptura até 90 dias, dessa forma pode-se obter uma curva de resistência mais ampla. A partir dos resultados obtidos com a validação do modelo, podemos concluir que o modelo de previsão da resistência em função do tempo de secagem, mostrou-se eficiente na aproximação dos valores reais obtidos durante os ensaios, evidenciando sua capacidade de capturar a tendência subjacente dos dados. os ensaios, evidenciando sua capacidade de capturar a tendência subjacente dos dados. Todos os resultados da parte experimental podem ser obtidos pelo link: <https://tinyurl.com/4eyd4m9m>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-1/2009: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro. 2009. <<https://tinyurl.com/2639nxtn>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697/2018: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro. 2018. <<https://tinyurl.com/cfnha7h3>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739/1994: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 1994.<<https://tinyurl.com/2vyakxhm>>. Acesso em: 17 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211/2005: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2005.<<https://tinyurl.com/5b6rzvky>>. Acesso em: 17 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054/2022: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2022. <<https://tinyurl.com/yt4dsvj6>>. Acesso em: 19 janeiro 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12821/2009: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro. 2009.<<https://tinyurl.com/mvsj6b9n>>. Acesso em: 19 janeiro 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16915/2021: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro. 2021.<<https://tinyurl.com/mpu6x2bw>>. Acesso em: 19 janeiro 2023.
- BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção - 6. ed. - Volume 1 - Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- MEHTA, Kumar P. e MONTEIRO, J. M. Paulo. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais - 2. ed. - São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2014.
- VIEIRA, Geilma Lima e MOLIN, Denise Carpena Coitinho Dal. Avaliação da resistência à compressão, resistência à tração e formação de microfissuras em concretos produzidos com diferentes tipos de cimentos, quando aplicado um pré-carregamento de compressão. 2010. Artigo. Disponível em: <<https://tinyurl.com/3e48jegy>>. Acesso em: 13 maio 2022.