

# **INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS: AVALIAÇÃO PELO DO MÉTODO DA MATURIDADE.** Wilson de Almeida Claro, Mônica Pinto Barbosa. – Engenharia Civil – Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Com o desenvolvimento da construção civil, houve um aprimoramento das técnicas empregadas no setor, assim como o surgimento de novos materiais a serem utilizados, dentre esses, novos tipos de cimento que são empregados com fins específicos, dependendo da resposta desejada para a obra. Neste contexto, este trabalho, teve por objetivo a comparação da resistência à compressão de concretos fabricados com diferentes tipos de cimento nacionais, analisada através do Método da Maturidade.

A aplicação do Método da Maturidade possibilita a estimativa do desenvolvimento das propriedades do concreto com o tempo, relacionando-as com os históricos de tempo e temperatura durante a cura. Na construção civil, esse método é empregado para se determinar o tempo aproximado para o concreto atingir “in loco”, a resistência desejada para a continuação do processo construtivo. Sua grande vantagem de utilização está no fato de que misturas de concretos com o mesmo grau de maturidade apresentam aproximadamente a mesma resistência, qualquer que seja a combinação de tempo e temperatura necessária para atingir esse grau de maturidade. Assim sendo, obtidas as curvas que estimam a resistência de um determinado concreto, para misturas semelhantes basta que com o histórico de temperatura, se obtenha a resistência na idade desejada, não sendo necessária a realização de novos ensaios mecânicos.

Para a aplicação do conceito de maturidade faz-se necessária a determinação experimental da Energia Aparente de Ativação das reações de hidratação da argamassa do concreto,  $E_a$ , que em conjunto com o histórico de variação da temperatura e a idade do elemento, fornece as ferramentas necessárias para a aplicação do Método da Maturidade.

Neste trabalho, foram realizadas a determinação e posterior comparação, da resistência à compressão, dos concretos elaborados com os cimentos nacionais CPII F-32, CPIII 32 RS, CPV ARI-Plus e CPV ARI-RS, submetidos à cura úmida saturada e à cura térmica a vapor, utilizando-se o Método da Maturidade.

Inicialmente determinaram-se experimentalmente as composições dos concretos fabricados com os cimentos citados, onde se variou o tipo de cimento e a quantidade de aditivo (superplastificante) – a fim de manter um abatimento de aproximadamente  $100 \pm 20$  mm, e mantiveram-se constantes os demais parâmetros como o volume e tipo de agregado graúdo e miúdo, quantidade de água e relação água/cimento.

O processo de cura, realizado em câmara úmida, consistiu na moldagem de corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm, monitorados quanto à temperatura através de multímetros acoplados aos mesmos, durante um período de 56 dias. A cura térmica a vapor foi realizada, em uma câmara construída especialmente para esta finalidade, com ciclo de 6 horas e, a uma temperatura de 60°C.

Para se determinar os valores de Energia de Ativação, foram moldados corpos-de-prova cúbicos com 5 cm de aresta, com a argamassa do concreto, que foram mantidos sob temperaturas isotérmicas pré-determinadas e rompidos conforme prescreve a norma ASTM 1074 (1998). O Método da Maturidade foi aplicado para a determinação das curvas mostradas nos resultados experimentais.

Os valores de Energia de Ativação encontrados estão apresentados na figura 1 abaixo.

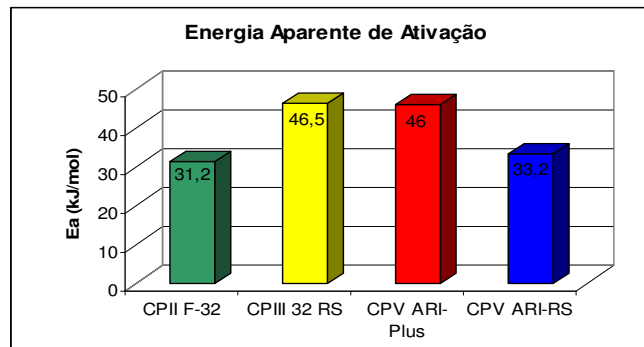


Figura 1: Valores de Energia Aparente de Ativação.

A Energia de Ativação expressa a energia necessária para transformar os reagentes em produtos. Como os valores encontrados para a  $E_a$  dos concretos com os cimentos CIII 32 RS e CPV ARI-Plus foram maiores que aqueles dos concretos com cimentos CII F-32 e CPV ARI-RS, tudo leva a crer que os reagentes do concreto elaborado com os primeiros tipos de cimento necessitam de uma quantidade de energia maior para que as reações de hidratação do cimento ocorram satisfatoriamente.

A figura 2 abaixo apresenta o desenvolvimento da resistência dos concretos elaborados em função do tempo, durante a cura em câmara úmida.

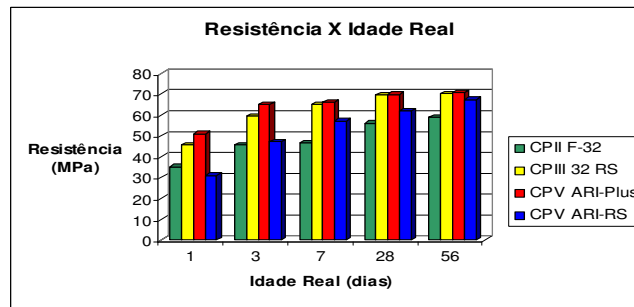


Figura 2: Resistência à compressão dos concretos.

Observa-se que os concretos elaborados com CIII 32 RS e CPV ARI-Plus apresentaram uma resistência mais elevada que os demais durante todo o período de cura analisado.

A figura 3 relaciona fator de maturidade versus resistência. Nota-se que para um mesmo fator de maturidade, os concretos elaborados com CPV ARI-Plus e CIII 32 RS apresentam uma resistência superior aos demais concretos.

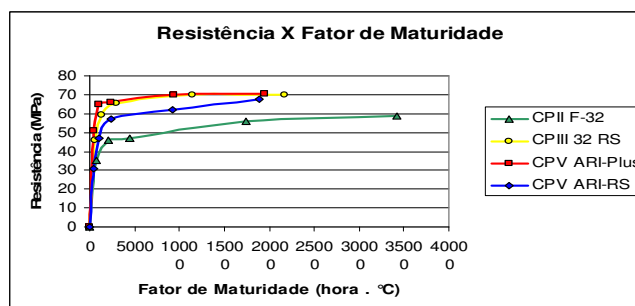


Figura 3: Gráfico de Resistência em função do Fator de Maturidade, para a cura em câmara úmida.

A figura 4 ilustra o desenvolvimento da resistência dos concretos elaborados em função do tempo, quando submetidos à cura térmica.

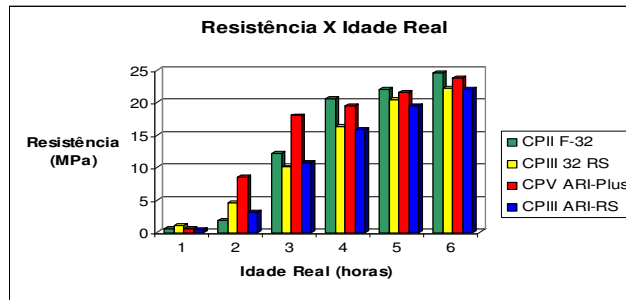


Figura 4: Resistência à compressão dos concretos, sob cura térmica.

Neste caso, verifica-se que até a metade do ciclo, o concreto elaborado com cimento CPV ARI-Plus obteve as maiores resistências, porém na parte final do ciclo, o concreto feito com CII F-32 atingiu os maiores valores de resistência.

Na figura 5, pode-se observar que para uma mesma resistência, o concreto fabricado com CII F-32 apresentou um fator de maturidade ligeiramente maior que os demais concretos, em quase todo período de cura.

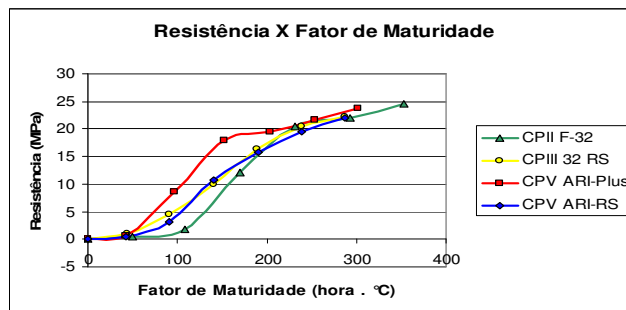


Figura 5: Gráfico da Resistência em função do Fator de Maturidade.

A análise dos resultados apresentados acima mostra relativa diferenciação quanto às respostas dadas pelos concretos, em função do tipo de cura oferecido.

Através das figuras 2 e 4, pode-se verificar, que durante o processo de cura úmida, o concreto elaborado com o cimento CPV ARI-Plus oferece, em todas as idades analisadas, uma resistência maior que os demais concretos, seguido de perto pelo concreto com CIII 32 RS, enquanto o concreto elaborado com CII F-32 apresenta em quase todas as idades a menor resistência. Porém, durante a cura térmica a vapor, a partir da metade do ciclo, é o concreto feito com o cimento CII F-32 que fornece as maiores resistências à compressão. Este fato mostra que o cimento CII F-32 é mais sensível aos efeitos da temperatura. Com base nestes resultados pode-se dizer que concretos elaborados com cimento CII F-32 apresentam melhores rendimentos, em termos de resistência, quando submetidos aos processos térmicos de cura.

Com respeito ao Método da Maturidade, verifica-se que este método apresenta grandes vantagens quanto à sua aplicação, visto que é um método de aplicação simples e que fornece resultados confiáveis das propriedades mecânicas do concreto. Na indústria de pré-moldados, por exemplo, o Método da Maturidade pode e deve ser largamente utilizado para se determinar o tempo necessário para retirada das formas e para se estimar a resistência final das peças fabricadas. Na construção civil, esse método é empregado para se determinar o tempo aproximado para o concreto atingir “in loco”, a resistência desejada para a continuação do processo construtivo, seja para a retirada de formas ou escoramentos, aplicação de cargas de protensão ou prosseguimento normal da construção.

## Referências Bibliográficas

ASTM C 1074, Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method, ASTM C 1074-98, Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, American Society for Testing Materials, Philadelphia, 1998.

CARINO, N. J., Maturity Method: Theory and Application, Journal of Cement, Concrete and Aggregates, ASTM, Vol. 6, n° 2, Winter, 1984, p. 61-73.

CARINO, N.J.; "The Maturity Method", CRC Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, V. M. Malhotra and N.J. Carino eds, CRC Press, 1991, pp.101-146.

FREISELEBEN-HANSEN, P. E PEDERSEN,E.J., "Maturity Computer for Controlled Curing and Hardening of Concrete", Nordisk Betong, Vol 1, 1977, pp21-25 (em sueco).

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*. São Paulo: PINI, 1994. 573p.

NURSE, R. W., Steam Curing of Concrete. *Magazine of Concrete Research*, Vol.1, n° 2, 1949, p.79-88.

PERES, L. D. P., BARBOSA, M. P., PINTO, R. C. A., Determinação da Energia de Ativação para Cimentos Nacionais Aplicando o Procedimento ASTM C 1074-98. 45º Congresso Brasileiro do Concreto. Vitória - ES, IBRACON, 2003.

PINTO BARBOSA, SALVADOR FILHO, J.A.A.; PINTO, R.C.A. *Development of compressive and tensile strength of HSC under stem curing using the maturity approach*. Aci Special Publications, Farmington Hills, v. SP-207, p.297-309, 2002.

PINTO, R. C. A.; HOVER, K.C. *Further studies on the utilization of maturity functions to a high strength concrete mixture*. In: International Symposium of High-Strength/High-Performance Concrete, 4., 1996, Paris. Proceedings... Paris: 1996. p. 711-718.

PINTO, R.C.A.; O Método da Maturidade e sua utilização em Construção Civil. In: Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, 29, 2000. Punta Del Este. Punta del Este: 2000.

PINTO, R. C. A., "The effect of curing temperatures on the development of mechanical properties of fresh and hardened high-strength silica fume mixtures – a maturity approach", Tese de doutorado, Cornell University, August 1997, 293pp.

SALVADOR FILHO, J.A.A.; "Cura térmica dos concretos de alto desempenho: análise das propriedades reo-mecânicas utilizando o método da maturidade", Dissertação de Mestrado, UNESP, Ilha Solteira, 2001.

**Bolsa:** FAPESP