

**Trabalho publicado na revista “A CONSTRUÇÃO EM GOIÁS” em
outubro/ 2002**

**AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DO CONCRETO EM
DIFERENTES IDADES E COM DIFERENTES RELAÇÕES ÁGUA/CIMENTO.**

GUIMARÃES, L. E.⁽¹⁾

SANTOS, D. R.⁽²⁾

FIGUEIREDO, E. J. P.⁽³⁾

⁽¹⁾ Engenheiro Civil, Mestre, Diretor Técnico da Padrão Engenharia Ltda.

⁽²⁾ Engenheiro, Especialista em Engenharia Civil

⁽³⁾ Dr., Professor da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

1- INTRODUÇÃO

Desde que se desenvolveu a tecnologia para produção do cimento Portland, no século passado, o uso do concreto com esse aglomerante tem aumentado continuamente. As razões que levaram à produção e utilização do concreto de cimento Portland, em tão larga escala, estão principalmente no fato de que o mesmo possui excelente resistência à água, facilidade de ser moldado em variadas formas e tamanhos, e ainda, de ser fabricado com materiais disponíveis na maior parte do planeta, o que o torna economicamente viável.

Até a década de 70 o concreto era considerado um material resistente e inerte. Devido aos crescentes problemas que surgiram a partir de então, em concretos relativamente jovens, vários estudos vem sendo desenvolvidos visando conhecer melhor as propriedades deste material, que fatores as influenciam e como se pode melhorá-las, a fim de o tornar resistente e durável. Assim, projetistas e construtores já têm se preocupado, não somente com os esforços mecânicos que incidirão sobre as estruturas, mas também como concebê-las para uma vida útil prolongada.

Estruturas bem dimensionadas, confeccionadas com concretos bem dosados e executados, normalmente são peças resistentes e duráveis. Mas, apesar de todos esses cuidados, ao se executar elementos fletidos de grandes dimensões, não raro surgem os problemas das deformações excessivas, os quais podem comprometer a estabilidade das peças, colocando em risco os seus usuários ou causando efeitos visuais e psicológicos indesejáveis.

As causas associadas a estas deformações podem se relacionar às suas resistências aos esforços mecânicos, as quais são usualmente previstas pelos calculistas e evitadas; mas podem principalmente, estarem relacionadas ao módulo de deformação do concreto, o que nem sempre recebe atenção devida por parte dos profissionais, ora no momento dos dimensionamentos, ora ao se proceder o descimbramento destas estruturas.

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo referente ao módulo de elasticidade do concreto convencional e despertar nos profissionais que trabalham com o projeto e a execução de estruturas de concreto armado, uma maior preocupação na avaliação do módulo de deformação, em particular para o caso de peças fletidas, impondo a observação deste item na solicitação de dosagem do concreto e na escolha da época certa para o descimbramento, evitando assim problemas com as deformações excessivas.

Foram moldados 50 unidades de corpos de prova cilíndricos de 15 cm x 30 cm, sendo 10 unidades para cada das seguintes relações água/cimento: 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65.

Procedeu-se uma avaliação das deformações elásticas e das resistências à compressão dessas amostras visando avaliar qual importância deve ser atribuída a cada um desses parâmetros na decisão de como e quando se proceder o descimbramento de peças estruturais.

Os corpos de prova foram ensaiados nas idades de 3 dias, 7 dias, 14 dias, 28 dias e 56 dias.

2- PARTE EXPERIMENTAL

A parte experimental do presente trabalho foi dividida em cinco partes:

- Caracterização dos agregados (2.1);
- Definição dos traços (2.2);
- Confecção dos corpos-de-prova (2.3);
- Apresentação dos resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação (3.1);
- Análise dos resultados (3.2).

2.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Foram utilizados para este estudo brita de granito e areia natural, com as características mostradas na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 - Características dos agregados

CARACTERÍSTICAS	AGREGADOS	
	AREIA NATURAL	BRITA
Massa unitária (kg/dm ³) NBR – 07251	1.52	1.42
Massa específica (kg/dm ³) NBR – 09776	2.62	2.66
Módulo de finura NBR – 07217	2.18	6.90
Tamanho máximo (mm) NBR – 07217	4.8	19

2.2 - DEFINIÇÃO DOS TRAÇOS

Na definição dos traços foram estabelecidos os seguintes parâmetros:

- Relações água/cimento: 0,45; 0,50; 0,55; 0,60 e 0,65;
- Abatimento (slump test): 7 ± 1 cm.

De acordo com as relações água/cimento e abatimentos estipulados, foram encontrados os seguintes traços de concreto (em massa):

- Traço 1 - 1,00 : 1,16 : 2,10 : 0,45
- Traço 2 - 1,00 : 1,40 : 2,32 : 0,50
- Traço 3 - 1,00 : 1,66 : 2,52 : 0,55
- Traço 4 - 1,00 : 1,84 : 2,79 : 0,60
- Traço 5 - 1,00 : 2,02 : 3,08 : 0,65

Os consumos de cimento por metro cúbico de concreto, para os traços definidos, são mostrados na Tabela 2.2.

TABELA 2.2 - Consumo de cimento por metro cúbico de concreto

TRAÇOS	CONSUMOS (kg/m ³)
1	489
2	440
3	400
4	367
5	338

2.3 - CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Foram moldados 50 corpos-de-prova de 150 x 300 (mm), sendo 10 unidades para cada relação água/cimento. A moldagem dos corpos-de-prova foi executada de acordo com a NBR-5738.

3- APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO.

3.1- APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os ensaios de resistência à compressão e de determinação dos módulos de deformação foram executados de acordo com as normas, NBR 5739 e NBR- 8522, nas idades de 3, 7, 14, 28, e 56 dias.

Nos ensaios de determinação do módulo de deformação foi utilizado o Plano de Carga III (NBR-8522) e calculado o Módulo de Deformação.

Os resultados obtidos estão mostrados nas Tabelas 3.1 e 3.2 e nas Figuras 3.1 à 3.3.

TABELA 3.1 - Resistências à compressão (MPa) nas diversas idades e nas diferentes relações a/c

RELAÇÕES	IDADE (dias)				
	03	07	14	28	56
A/c					
0,45	25,1	30,6	34,5	35,9	41,0
0,50	21,3	26,9	28,6	34,5	35,4
0,55	19,1	24,9	26,0	30,0	31,3
0,60	16,7	20,9	23,8	26,0	27,6
0,65	13,6	17,0	19,0	20,7	23,5

TABELA 3.2 - Módulos de Deformação (GPa) nas diversas idades e nas diferentes relações a/c

RELAÇÕES A/c	IDADE (dias)				
	03	07	14	28	56
0,45	14,2	16,8	21,8	20,6	26,9
0,50	13,2	15,4	18,1	19,3	21,8
0,55	12,8	15,5	17,6	18,2	19,2
0,60	12,0	14,8	17,0	18,3	19,2
0,65	8,1	13,4	16,0	16,8	16,5

3.2 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os procedimentos adotados neste estudo foram no sentido de determinar o módulo de deformação estático, tendo sido os corpos-de-prova submetidos a carregamento de compressão uniaxial. Assim obteve-se a medida das deformações instantâneas e ao se relaciona-las às tensões aplicadas obteve-se o módulo de deformação.

Analisando a Fig. 3.1 verifica-se um crescimento das resistências à compressão com o aumento das idades e ainda um decréscimo, à medida que se aumenta a relação água/cimento.

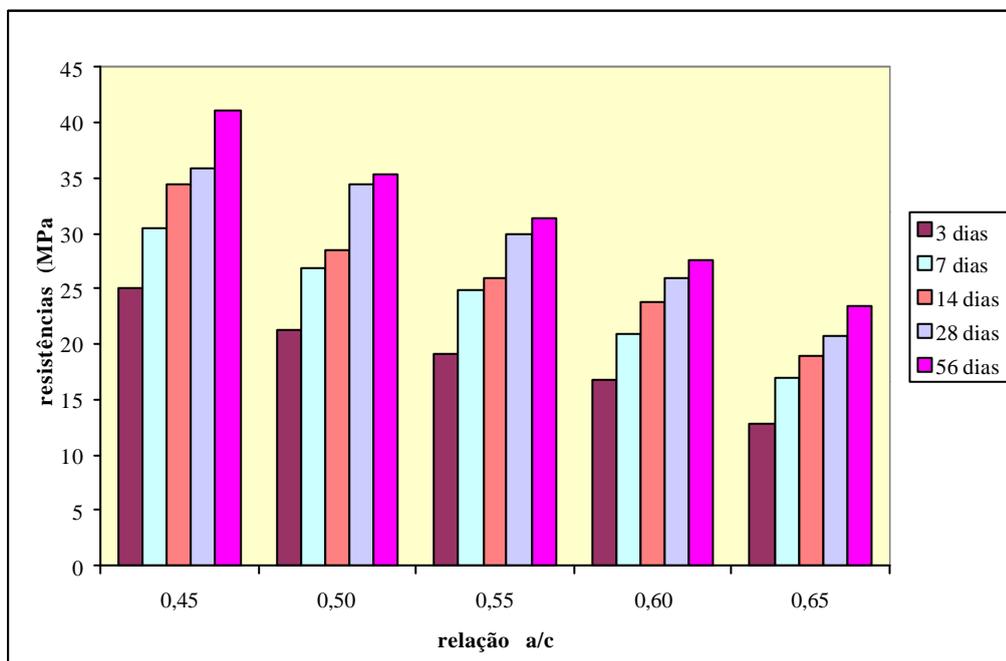


FIGURA 3.1 – Resistências à compressão (MPa) nas diversas idades e com diferentes relações a/c.

A Fig. 3.2 mostra o crescimento do módulo de deformação com o aumento das idades, mais acentuadamente nas relações água/cimento menores. Nas relações a/c maiores nota-se um crescimento menor, nas maiores idades, na mesma relação água/cimento.

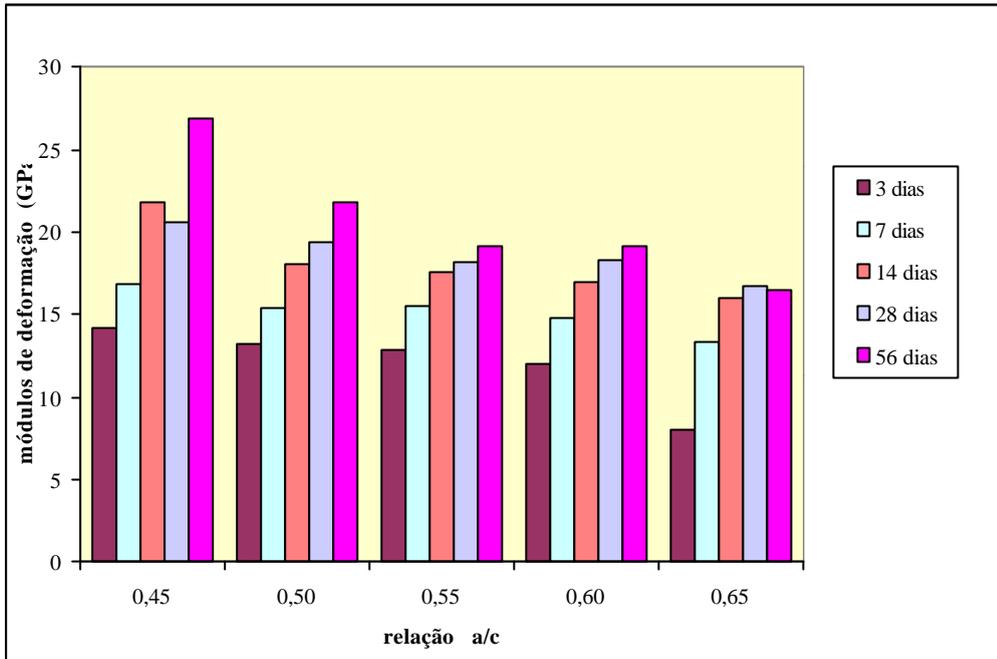


FIGURA 3.2 – Módulos de deformação (GPa) nas diversas idades e nas diferentes relações a/c.

Pela análise da figura 3.3 que relaciona resistências à compressão e módulos de deformação verifica-se que à medida que a resistência à compressão diminui, o módulo de deformação também diminui, com o aumento das relações a/c, embora em termos percentuais a diminuição seja menos acentuada.

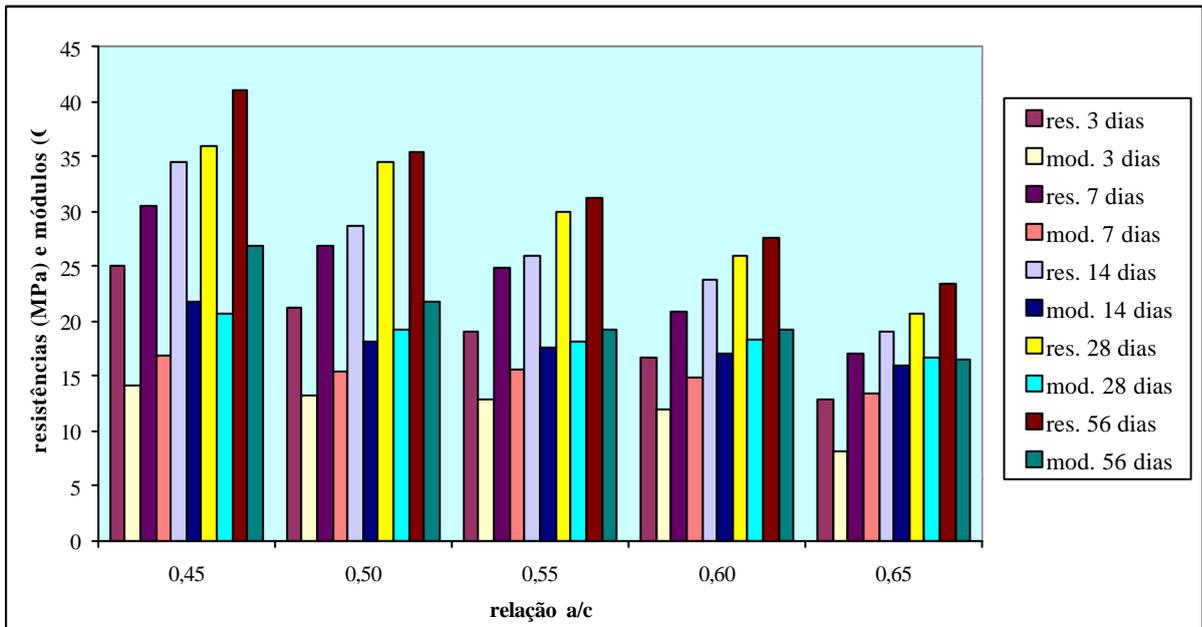


FIGURA 3.3 – Resistências (MPa) e Módulos de deformação (GPa), nas diversas idades e nas diferentes relações a/c.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores dos módulos de deformações usados nos cálculos para projetos de estruturas de concreto, são estimados à partir de expressões empíricas, que pressupõem dependência direta entre os mesmos e a resistência e densidade do concreto. Este pressuposto faz sentido já que o comportamento tensão-deformação do agregado, da matriz da pasta de cimento e da zona de transição, são determinados por suas resistências individuais, que por sua vez estão relacionados à resistência final do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Obteve-se nesta pesquisa um comportamento bastante homogêneo quanto ao crescimento das resistências à compressão dos concretos, com diferentes relações a/c , podendo-se, assim, fazer uma projeção da sua evolução com a idade. Para os módulos de deformação têm-se valores menos homogêneos, mas que, mesmo assim, permitem projetar-se suas evoluções com as idades. Para as menores idades e relações água/cimento maiores os resultados obtidos, apesar de sistemáticos e consistentes, estão muito baixos. Desta forma conclui-se que apesar de as resistências à compressão apresentarem valores que podem satisfazer as condições do cálculo estrutural nos ensaios realizados, o mesmo não acontece com os resultados dos módulos de deformação, devendo-se neste caso retardar o descimbramento.

Pela avaliação dos resultados constantes nos gráficos de resistências à compressão e de módulos de deformação nas diversas idades e nas diferentes relações água-cimento, conclui-se que os mesmos devem ser considerados como critérios inter-relacionados e complementar, auxiliando a decisão do momento para descimbramento de peças de concreto.

Cuidados especiais devem ser reservados também para as variáveis que podem controlar a resistência à compressão e o módulo de deformação do concreto de forma diferente, tais como, a porosidade do agregado graúdo, da matriz da pasta de cimento e da zona de transição, estado de umidade das peças e as condições de carregamento.