



**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"

## Mesa Redonda

Módulo de Elasticidade, influências diretas sobre a estrutura pré-moldada

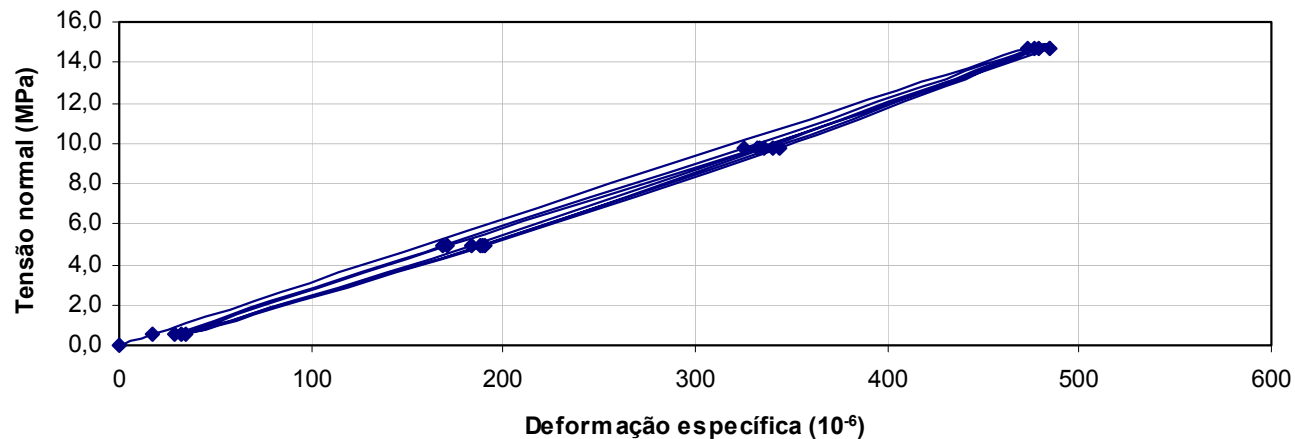
# Módulo de elasticidade resultados de ensaios e fatores influentes

*Lidia Domingues Shehata*

*28 de agosto de 2008*



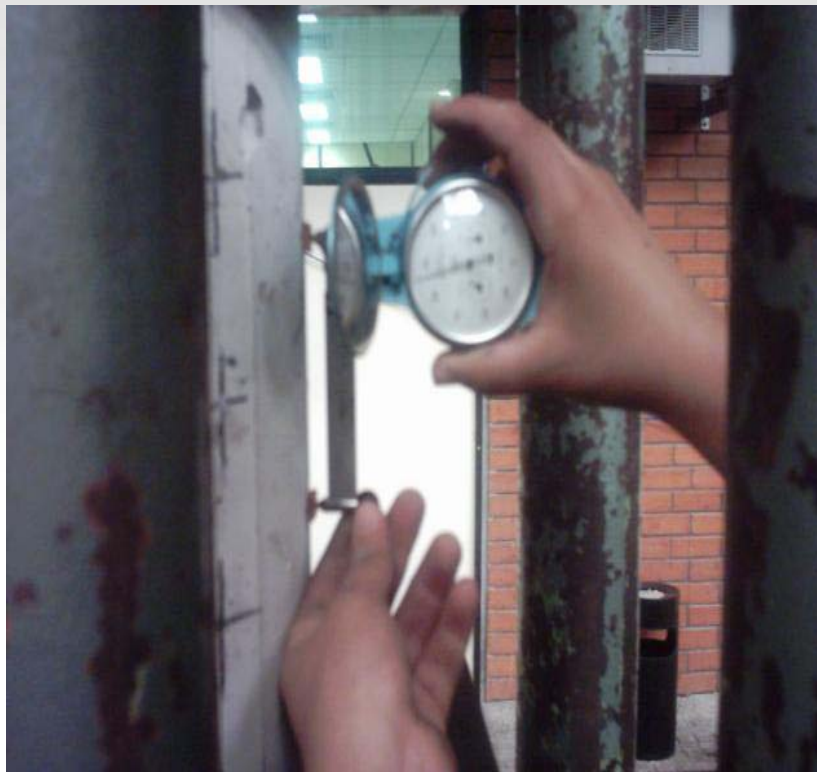
## Há necessidade de dispositivos e equipamentos para obtenção de deformações específicas





**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"





# CONCRETE SHOW

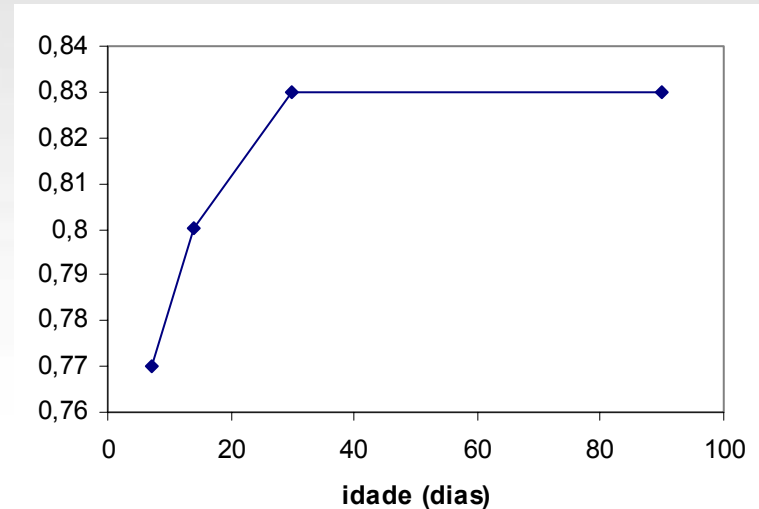
"Pré-fabricando com Excelência"





**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"



**Relação entre deformações medidas usando  
compressômetro e extensômetros elétricos de resistência**



CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

## Concretos com mesma resistência à compressão têm mesmo módulo de elasticidade?

$$E_{ci} = 5,60 f_{ck}^{0,5}$$

(NBR 6118:2003)

$f_{ck}$  em MPa e  $E_{ci}$  em GPa

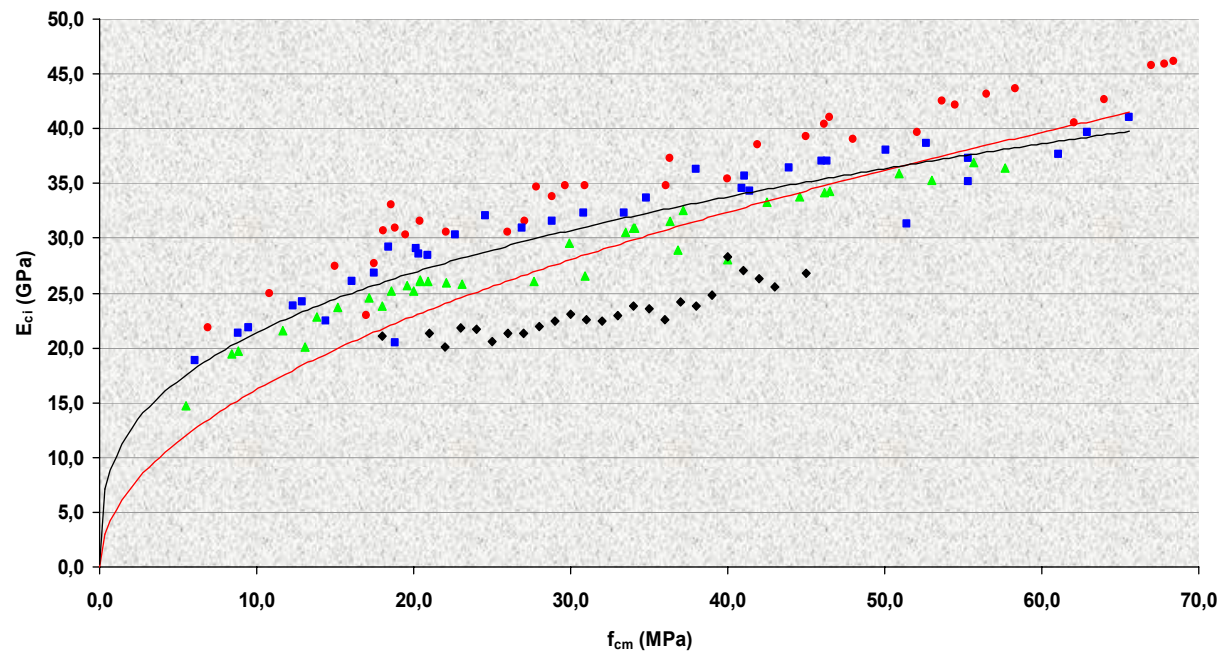




CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"

## Concretos com diferentes composições



- consistência seca (SP)
- consistência plástica (SP)
- ▲ consistência fluida (SP)
- ◆ consistência plástica (RJ)

— NBR 6118:2003  
(admitiu-se cov=10%)

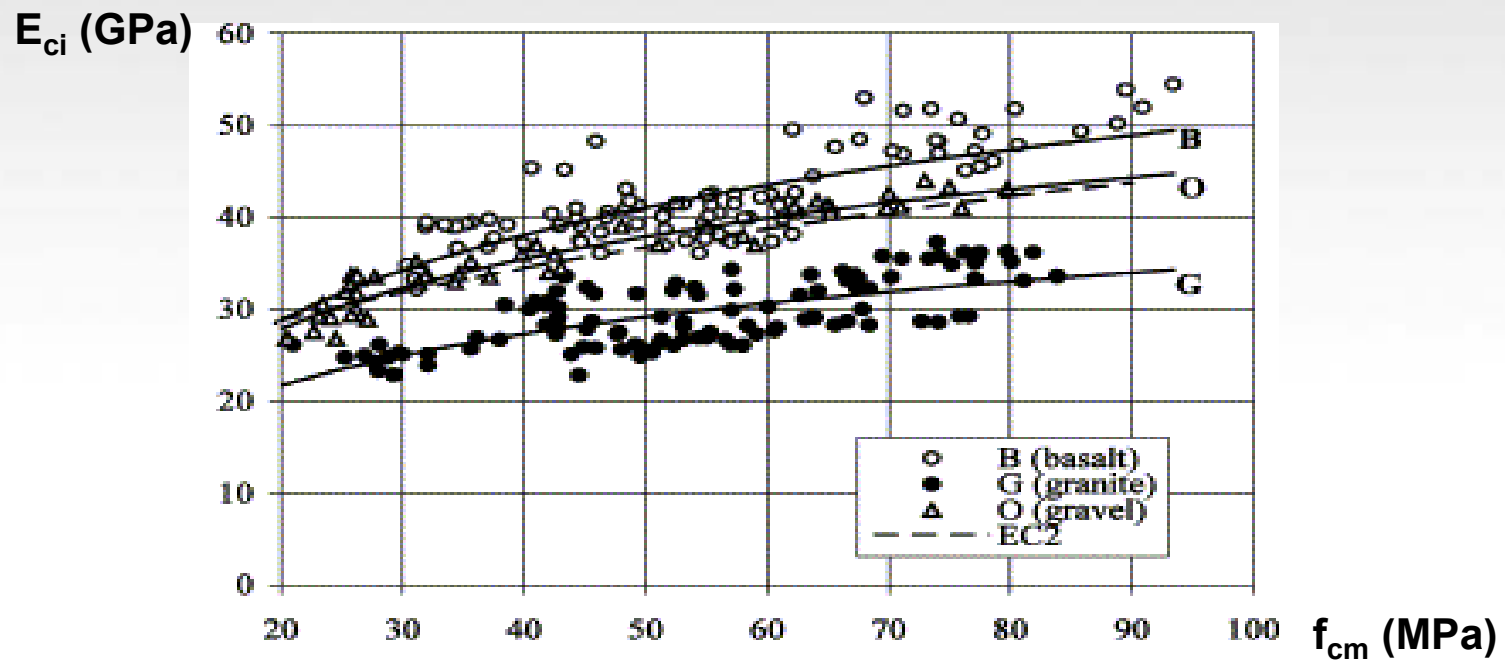
— CEB-FIP MC90

Relatório EPUSP, 1998  
Tizato e Shehata, 1987

(CP II, areia natural, agregado graúdo de granito ou gnaiss granítico britado com  $d_{\max}=19$  mm, ausência de aditivos e adições)



## Concretos com diferentes agregados graúdos

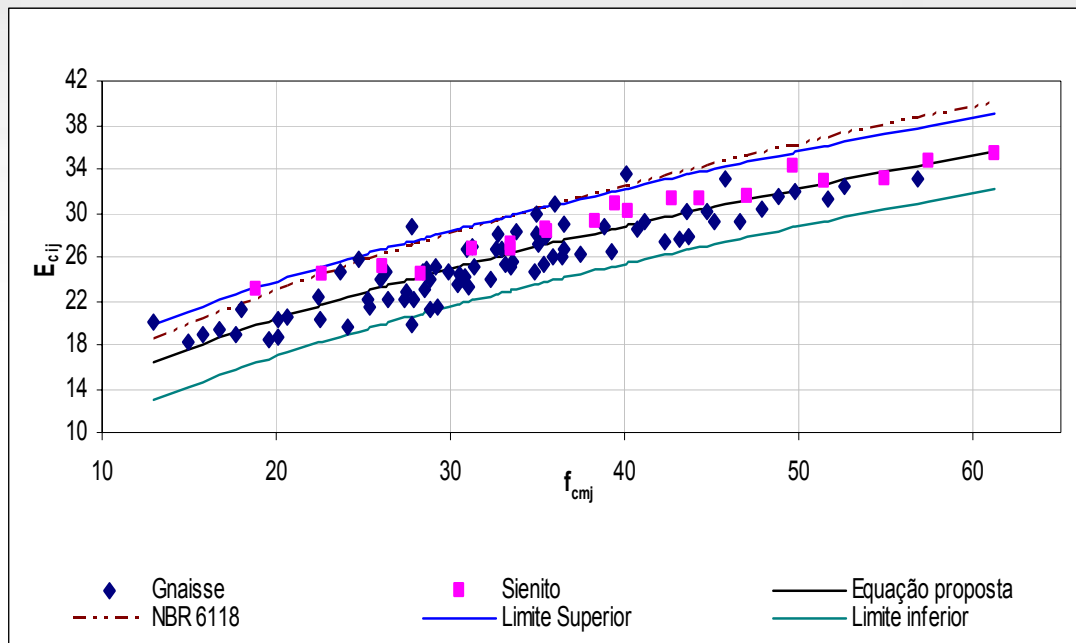


(Kliszewicz e Ajdukiewicz, 2002)





## Concretos produzidos por concreteiras do Rio de Janeiro (Nunes, 2005)



$$E_{cij} = 4,55 f_{cmj}^{0,5} \pm 3,42$$

$$E_{ci} = 5,0 f_{ck}^{0,5} \pm 3,42$$

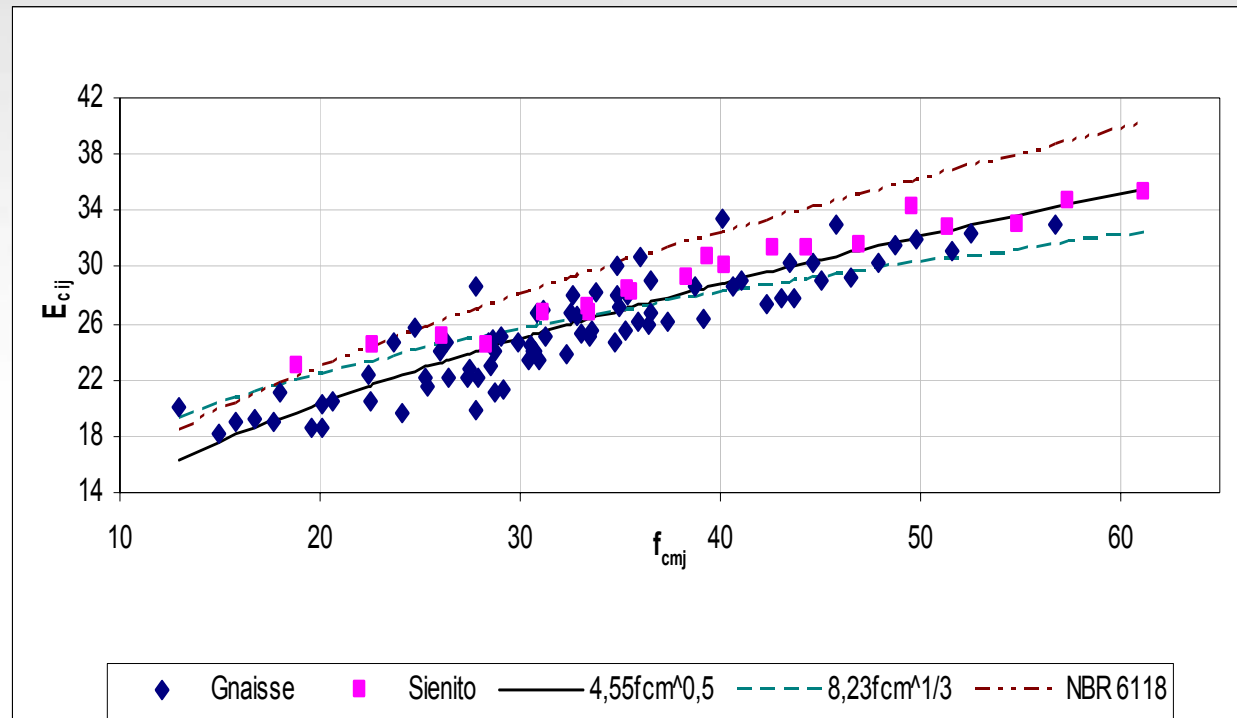
$$E_{ci} = 5,60 f_{ck}^{0,5} \quad (\text{NBR 6118:2003})$$

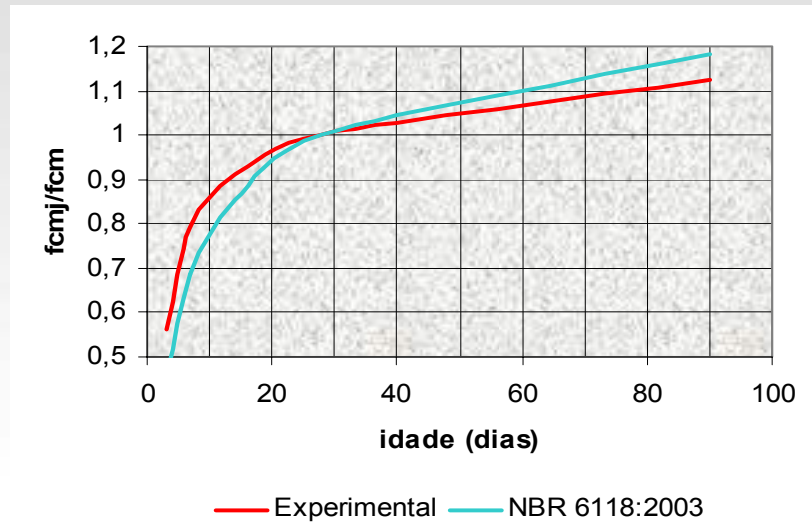
$f_{ck}$  em MPa e  $E_{cij}$  em GPa  
 $j \geq 3$  dias



# CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"





Concretos com cimento CP III  
(Nunes, 2005)

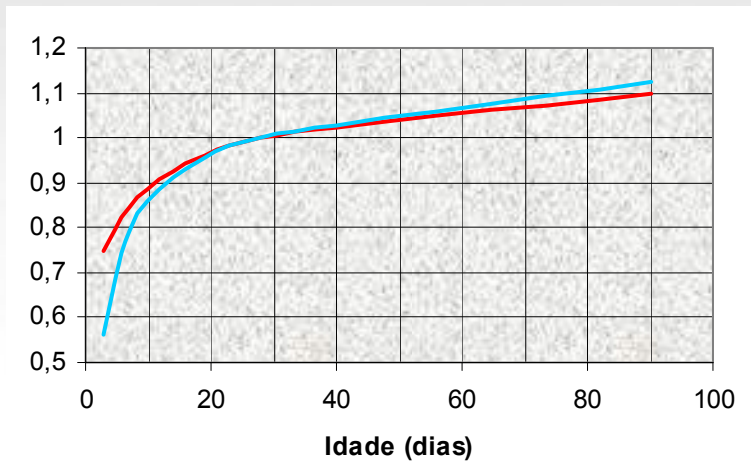
$$\frac{f_{ckj}}{f_{ck}} = e^{s(1-\sqrt{28/j})} \quad (\text{NBR 6118:2003})$$

s= 0,38 (CP III, CP IV); 0,25 (CP I, CP II); 0,20 (CP5)



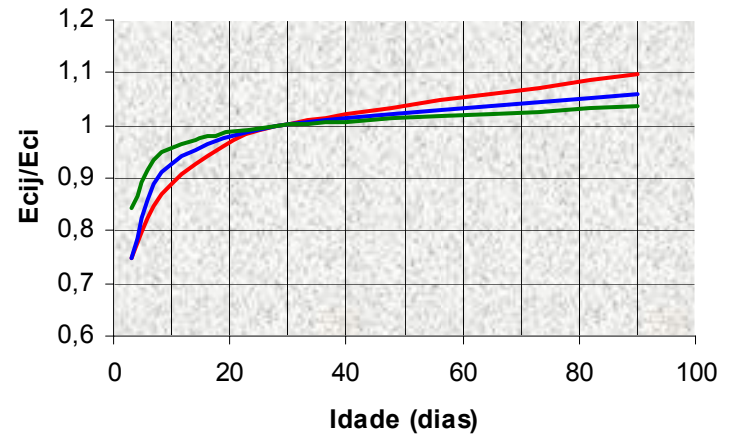
# CONCRETE SHOW

"Pré-fabricando com Excelência"



— Ecij/Eci — fcmj/fcm

(Nunes, 2005)



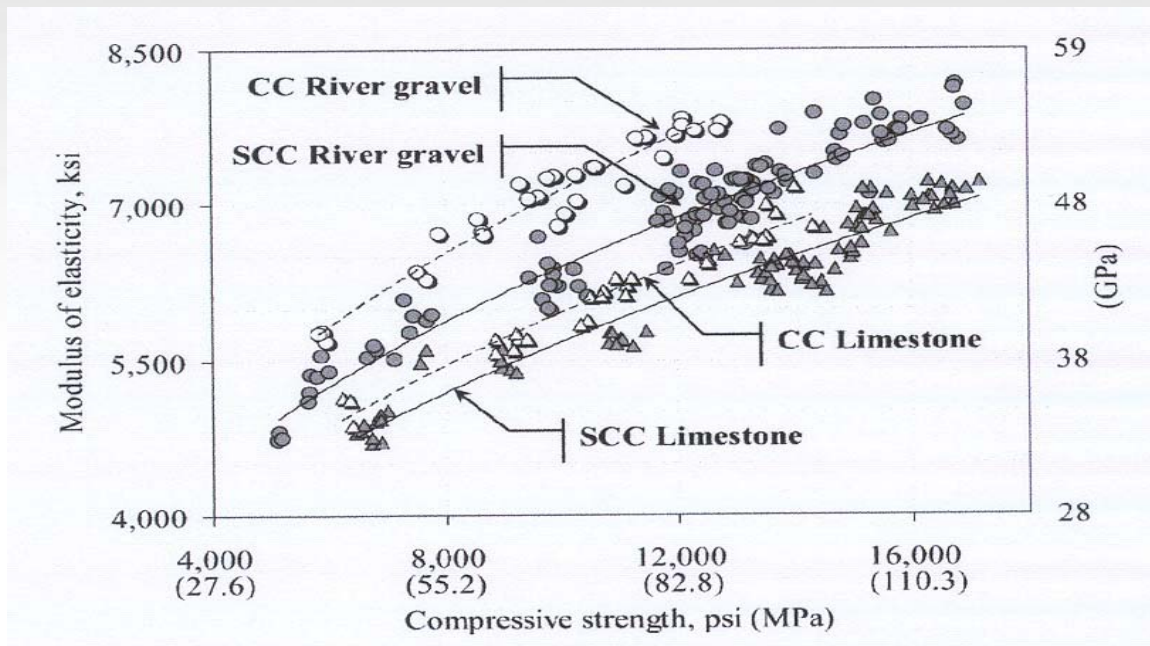
— Experimental — CEB-FIP MC90 — EC2:2004

$$\frac{E_{cij}}{E_{ci}} = \left( \frac{f_{cmj}}{f_{cm}} \right)^{0,50} \quad (\text{CEB-FIP MC 90})$$

$$\frac{E_{cij}}{E_{ci}} = \left( \frac{f_{cmj}}{f_{cm}} \right)^{0,30} \quad (\text{EC2:2004})$$



## Concretos vibrados e concretos auto-adensáveis



CC= concreto vibrado  
SCC = concreto auto-adensável

Concretos com resistência à compressão às 16 h de 35 MPa ou 48 MPa

Concretos auto-adensáveis têm maior volume porcentual de pasta, maior relação volume de areia/volume de agregado e, possivelmente, menor dimensão máxima de agregado que os vibrados

Atahan, Trejo e Hueste, 2007



**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"

## Concretos com cura a vapor



Tarping process to prepare for vapor curing of hollow-core products

A cura térmica afeta a resistência à compressão, a relação entre essa resistência e a resistência à tração e o módulo de elasticidade do concreto, e também a durabilidade, e isso precisa ser levado em conta no projeto.

O efeito benéfico nas primeiras horas e o maléfico para idades mais avançadas dependem de vários fatores.



"Pré-fabricando com Excelência"

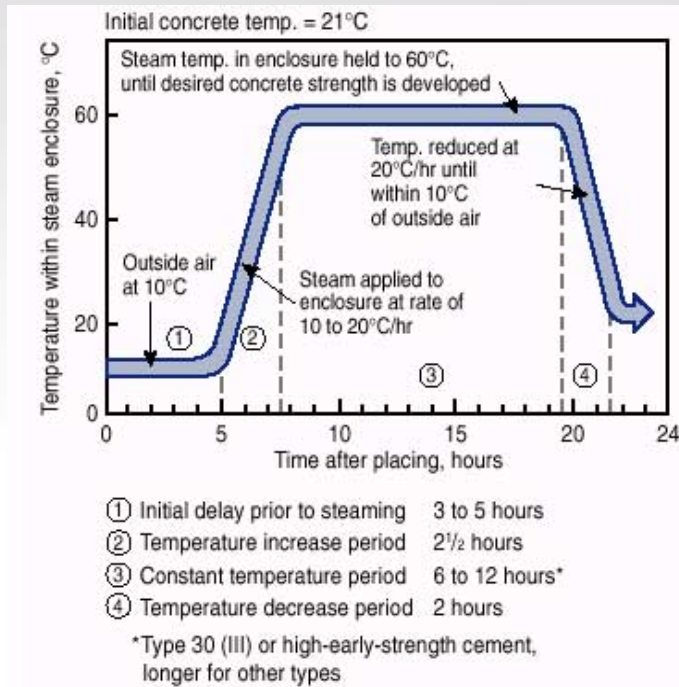


Fig. 12-9. A typical atmospheric steam-curing cycle.

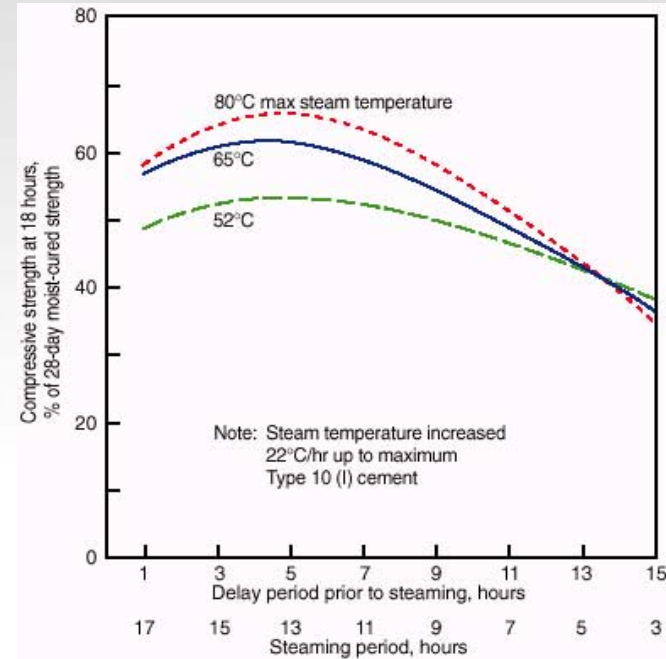


Fig. 12-10. Relationship between strength at 18 hours and delay period prior to steaming. In each case, the delay period plus the steaming period totaled 18 hours (Hanson 1963).

(Cement Association of Canada)



	Período de espera	Velocidade máxima de aumento de temperatura	T <sub>max</sub> mantida até ter-se a resistência desejada	Velocidade máxima de diminuição de temperatura
<b>NBR 9062:2006</b>		20°C/h	70°C	30°C/h
<b>CEB-FIP MC90</b>	3 h T ≤ 30°C 4 h T ≤ 40°C	20°C/h	60°C	10°C/h
<b>Geral</b>	2 h a 5 h (maior para maior T <sub>max</sub> )	10°C/h a 40°C/h	50°C a 80°C	10°C/h a 30 °C/h

Esses parâmetros dependem do teor e tipo de cimento, adições e aditivos usados no concreto e do tamanho das peças e visam diminuir efeitos prejudiciais a curto e a longo prazo. Regras gerais não podem ser dadas.

A temperatura interna do concreto dos elementos também deve ser controlada.





**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"

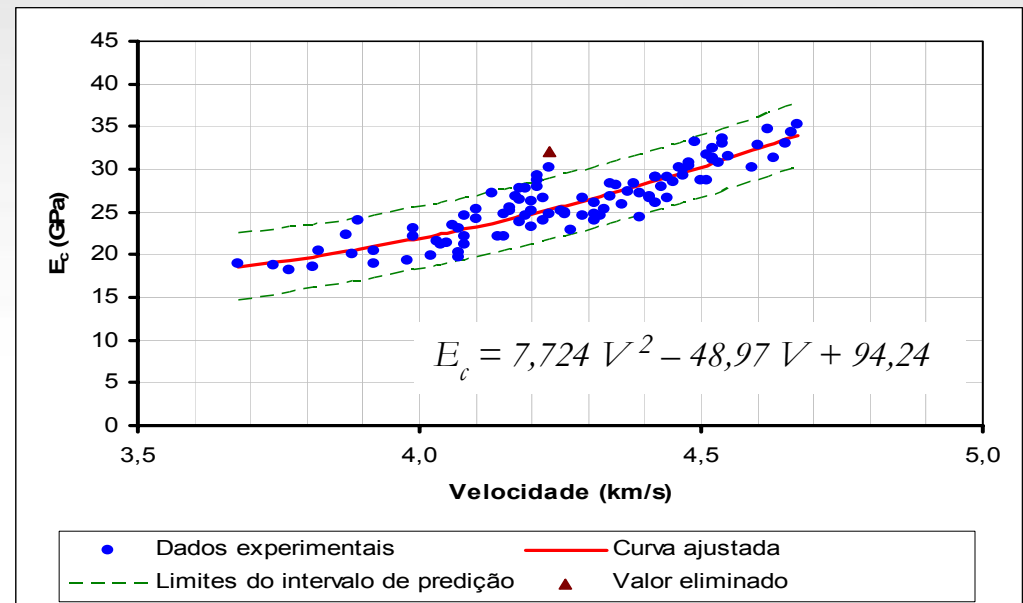
**Não só a resistência à compressão do concreto deve ser controlada, pois não existe relação única entre essa resistência e o módulo de elasticidade.**

**O controle do módulo de elasticidade permite a avaliação mais realista de perdas de protensão, contra-flecha e comportamento em serviço.**

**Uma vez estabelecido banco de dados sobre os concretos produzidos, é possível que os ensaios de módulo sejam menos frequentes que os de resistência. ..**



...ou, eventualmente, usar ensaio não destrutivo para avaliar  $E_c$



Curva que correlaciona  $E_c$  com a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas (Machado, 2005)



**CONCRETE SHOW**

"Pré-fabricando com Excelência"

***Mas também não basta só controlar  
as propriedades dos concretos em corpos-de-prova...***

