

Módulo de Elasticidade do Concreto

Como Analisar e Especificar

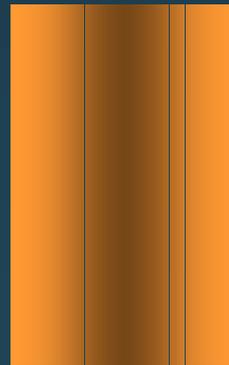
*Enga. Inês Laranjeira da Silva Battagin
Superintendente do ABNT/CB-18*

CB-18

COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

Módulo de Elasticidade – Conceituação

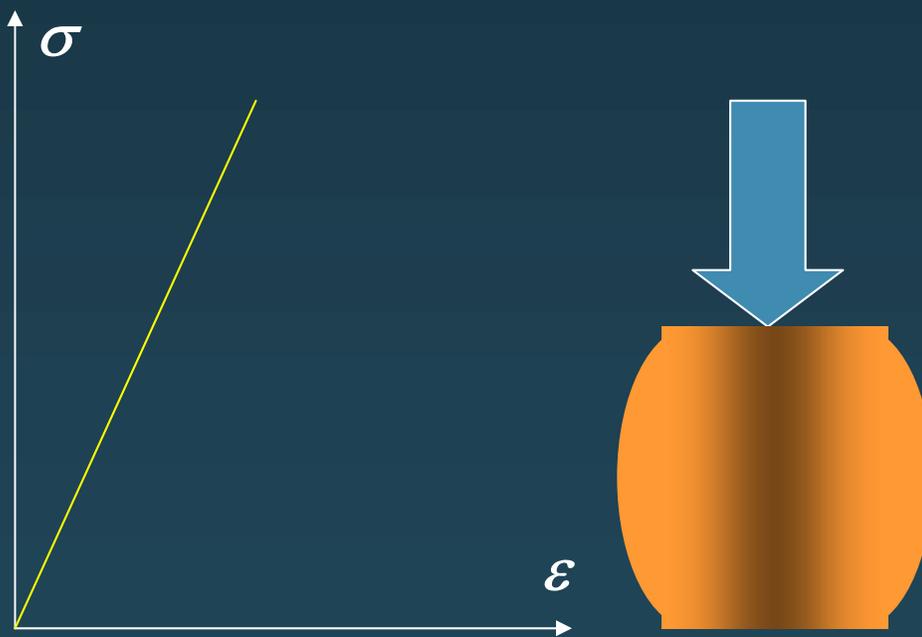
Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):



Módulo de Elasticidade – Conceituação

Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):

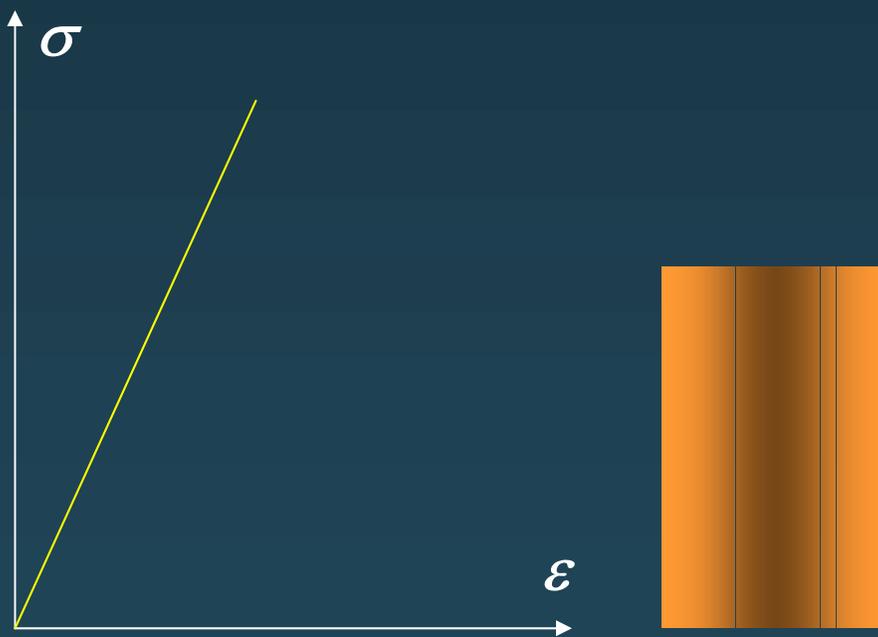
- Crescimento linear das deformações sob carregamento



Módulo de Elasticidade – Conceituação

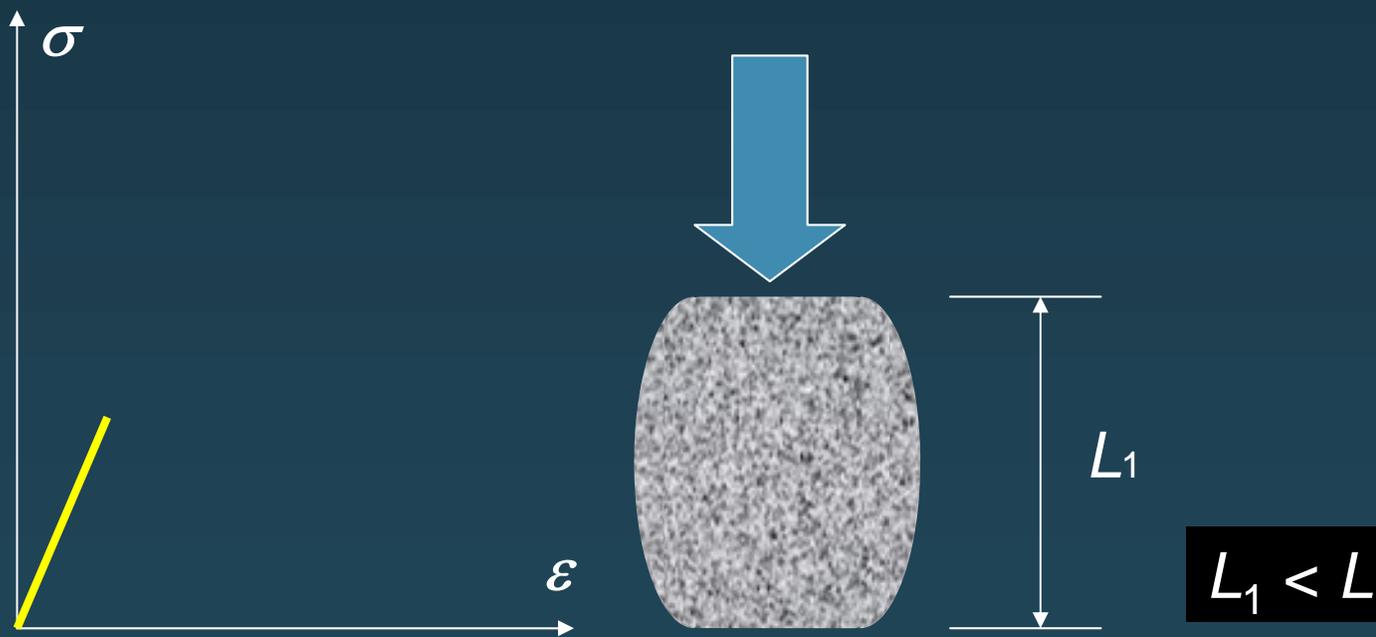
Matemático inglês Robert Hooke (1635-1703):

- Crescimento linear das deformações sob carregamento
- Cessada a solitação, a deformação desaparece.



Não havendo deformações permanentes com a supressão do carregamento, o material é considerado elástico.

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?



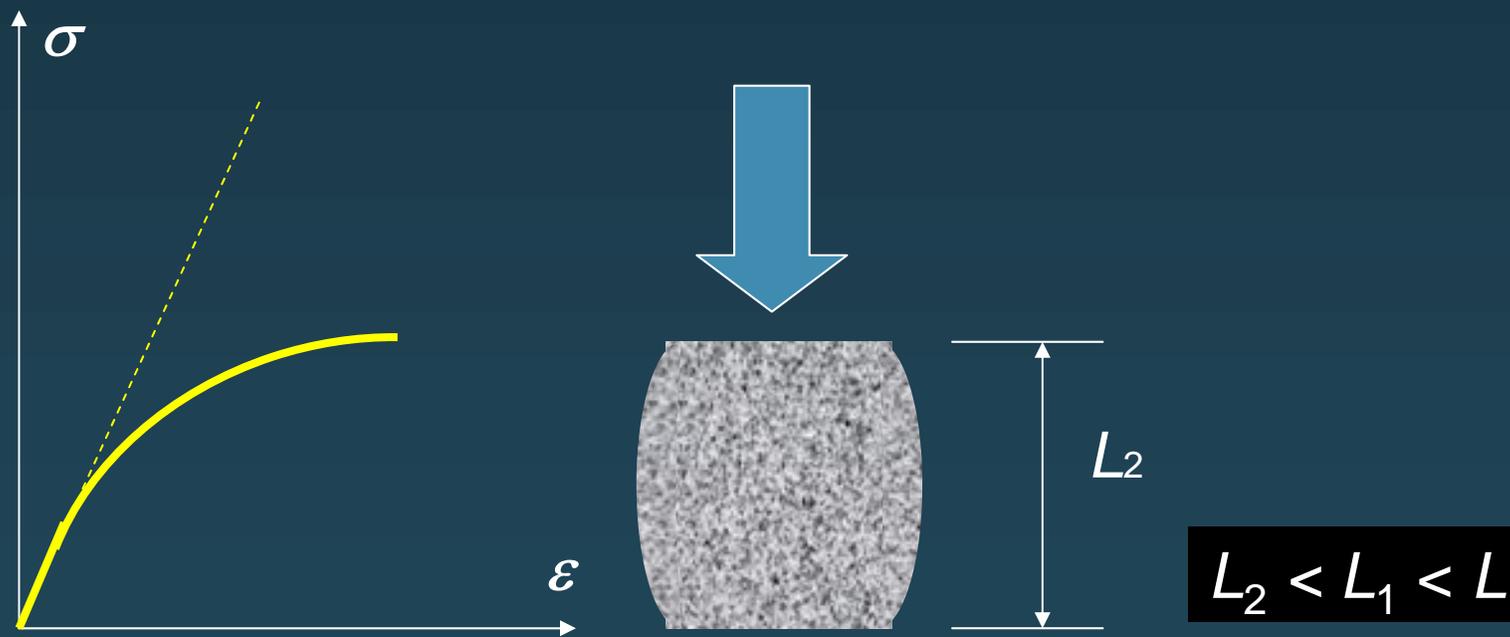
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

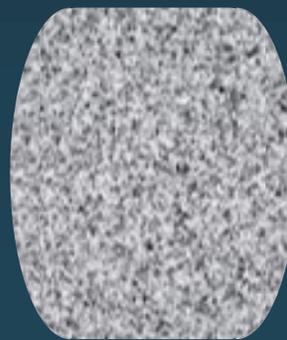
- A partir de um determinado ponto o gráfico **não é** mais linear



Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

- A partir de um determinado ponto o gráfico **não é** mais linear
- Cessada a solitação, **parte da deformação permanece**

Há **resíduos deformacionais** com a supressão do carregamento. Portanto o material **não é** elástico!



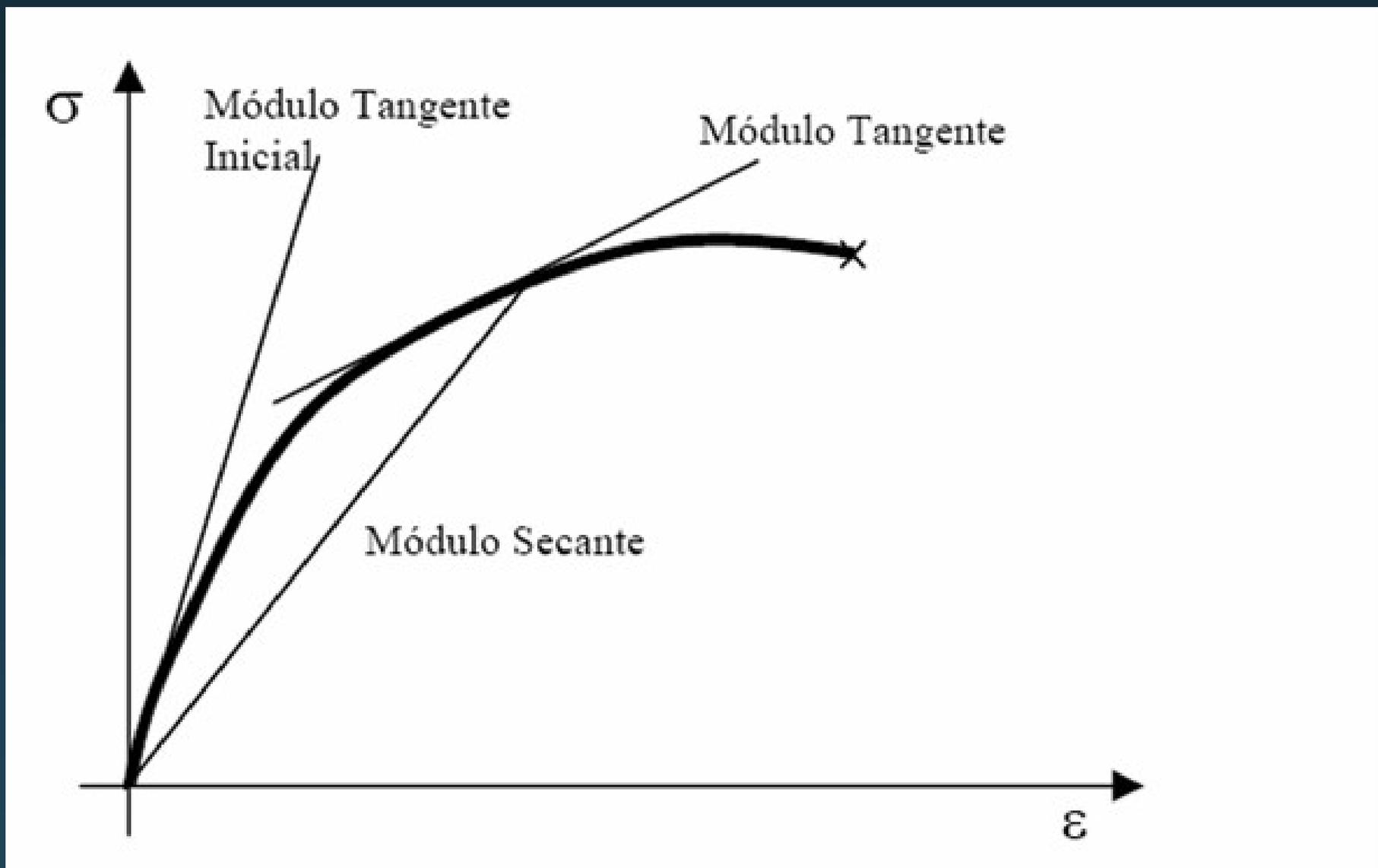
A lei de Hooke se aplica a valores limitados de tensões ($\cong 30\%f_c$)

$$L_3 < L$$

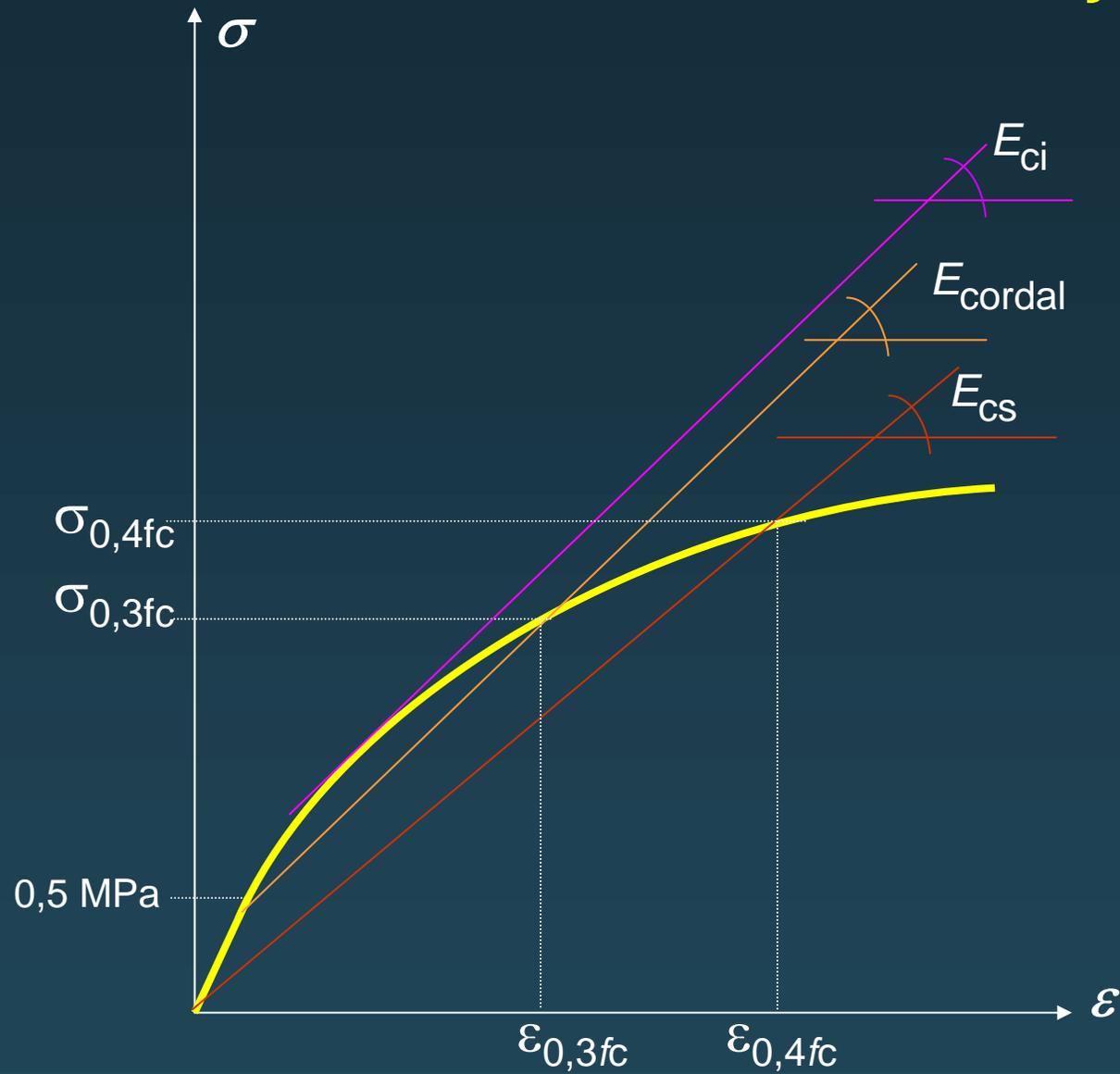
Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

Conceituação:

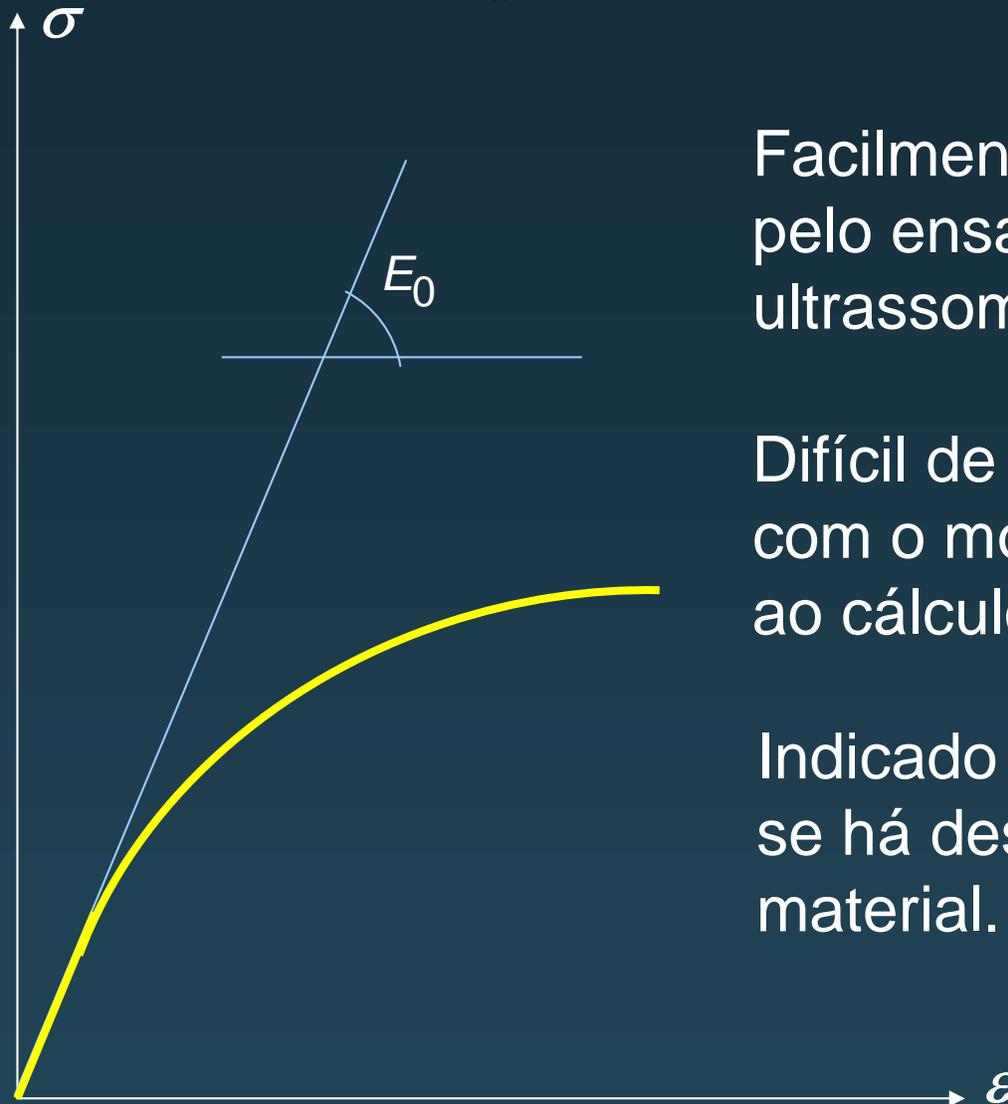
- **Módulos estáticos:** determinados para uma certa velocidade de carregamento previamente estabelecida:
 - módulo tangente na origem
 - módulo secante entre dois pontos da curva, normalmente a origem e cerca de $0,4 f_c$
 - módulo tangente em um ponto especificado, dentro do limite elástico
- **Módulo dinâmico:** determinado por ultra-som. Equivale aproximadamente ao módulo tangente na origem.



Módulos de elasticidade e deformação do concreto



Módulo Tangente Inicial na Origem



Facilmente determinado pelo ensaio dinâmico por ultrassom.

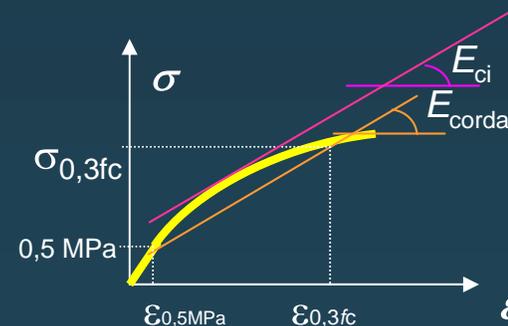
Difícil de ser correlacionado com o módulo necessário ao cálculo estrutural.

Indicado para comprovar se há descontinuidade do material.

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

O texto do CEB/FIB Model Code 90, define o **módulo de elasticidade tangente à origem ou inicial** (E_{ci}) e estabelece que é perfeitamente equivalente ao módulo cordal entre 0,5 MPa e 0,3 f_c .

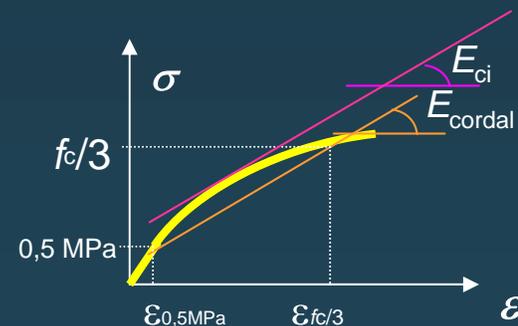
Esse valor é utilizado nos modelos de comportamento indicados nos diagramas tensão x deformação para ensaios de tensão uniaxial e também no caso de previsão de deformação lenta e relaxação.



Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

A norma internacional **ISO 6784** estabelece como determinar o **módulo de elasticidade** estático à compressão do concreto a partir de tensões da ordem de $f_c/3$.

O método é muito parecido com o utilizado no Brasil para essa determinação.



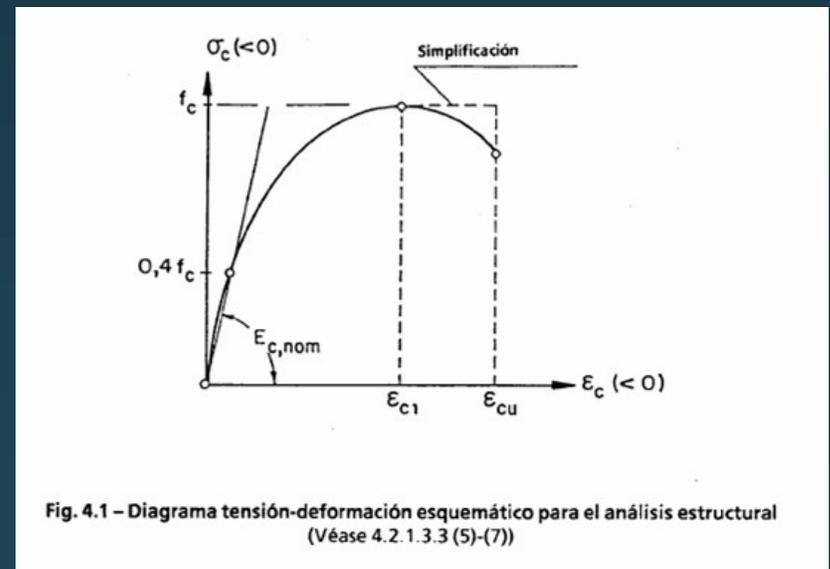
Eurocode 2

3.1.2.5 Propriedades de deformação

Os valores das propriedades dos materiais necessários para o cálculo das **deformações instantâneas e diferidas no tempo** do concreto não dependem unicamente da classe de resistência do concreto, mas também das **propriedades dos agregados** utilizados, de **parâmetros relativos à dosagem** do concreto e do **ambiente**. Quando necessário, devem ser estabelecidos os valores a partir de dados conhecidos dos materiais específicos em cada caso e as condições de uso pretendidas para a estrutura. Em muitas situações é suficiente uma estimativa aproximada.

3.1.2.5.1 Diagrama tensão - deformação

O diagrama tensão-deformação do concreto submetido a compressão uniaxial tem em geral a forma representada esquematicamente na figura.



Eurocode 2

3.1.2.5.2 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade **não depende unicamente da classe de resistência** do concreto, mas também das propriedades dos agregados utilizados (ver 3.1.2.5.1)

Na falta de valores, ou quando não for necessária grande precisão, pode-se estimar um valor médio para o módulo de elasticidade secante para cada classe de concreto de acordo com a tabela 3.2. Esses valores foram obtidos a partir de $\sigma = 0$ e $\sigma = 0,4 f_c$.

Classe do concreto	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
E_{cm}	26	27,5	29	30,5	32	33,5	35	36	37

Os valores da tabela 3.2 estão baseados na seguinte equação:

$$E_{cm} = 9,5(f_{ck}+8)^{1/3}$$

ACI 318

8.5 Módulo de elasticidade

8.5.1 O módulo de elasticidade para o concreto com massa específica entre 1500 a 2500 kg/m é:

$$E_c = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f_c'}$$

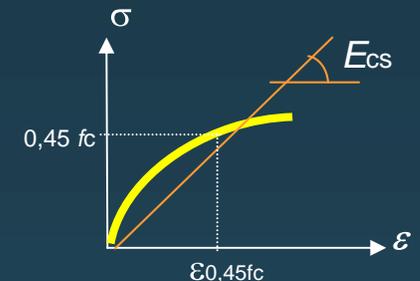
Para concreto de densidade normal pode-se considerar:

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

Comentários:

E_c é definido como a secante da curva tensão-deformação, traçada do ponto de tensão nula até a tensão de compressão equivalente a $0,45f_c'$.

O módulo do concreto é sensível ao módulo do agregado e pode diferir do valor especificado. Os valores medidos variam usualmente de 120% a 80% do valor especificado.



ASTM C 469

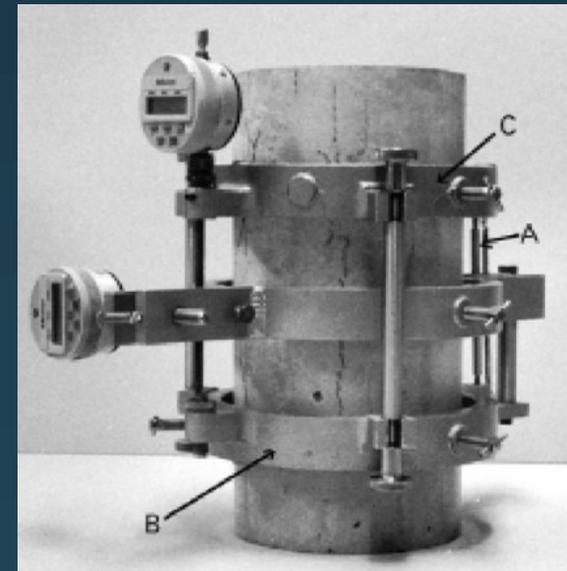
Estabelece o método de ensaio para determinação do módulo de elasticidade e do coeficiente de Poisson no intervalo de 0 a 40% de f_c .

Permite o uso de equipamentos que cumpram com as exigências de precisão estabelecidas, mas mostra figura do compressômetro.

Não estabelece necessidade de compatibilização das bases de medida.

Edições anteriores informavam sobre:

- correção dos valores pela massa específica do concreto
- faixa de determinação entre $0,3 f_c$ e $0,5 f_c$.



ABNT NBR 6118:2003

8.2.8 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade deve ser obtido segundo ensaio descrito na ABNT NBR 8522, sendo considerado nesta Norma o módulo de deformação tangente inicial cordal a 30% f_c , ou outra tensão especificada em projeto.

Quando for o caso, é esse o módulo de elasticidade a ser especificado em projeto e controlado na obra.

Possibilita, na ausência de ensaios, estimar:

$$E_{ci} = 5600 f_{ck}^{1/2}$$

ABNT NBR 6118:2003

O módulo de elasticidade secante a ser utilizado nas análises elásticas de projeto, especialmente para determinação de esforços solicitantes e verificação de estados limites de serviço, deve ser calculado pela expressão:

$$E_{cs} = 0,85 E_{ci}$$

Valor do Módulo de Elasticidade do Concreto

Aproximações teóricas, com base em resultados de ensaios experimentais, têm sido adotadas em normas técnicas de projeto estrutural no mundo todo, correlacionando o módulo de elasticidade do concreto à sua resistência característica à compressão.

Não há uma correlação direta em todos os casos entre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão do concreto.

As equações para estimativa do módulo previstas nas normas de projeto estrutural podem ser utilizadas nos casos correntes, mas não atendem a todos os tipos de concreto.

Algumas normas incluem na formulação de estimativa do módulo, além da resistência à compressão do concreto, sua massa específica e o tipo de agregado graúdo utilizado.

É desejável conhecer o concreto a ser aplicado na estrutura, especialmente em algumas etapas da construção.

Valor do Módulo de Elasticidade do Concreto

Fatores que influenciam os valores de E_c

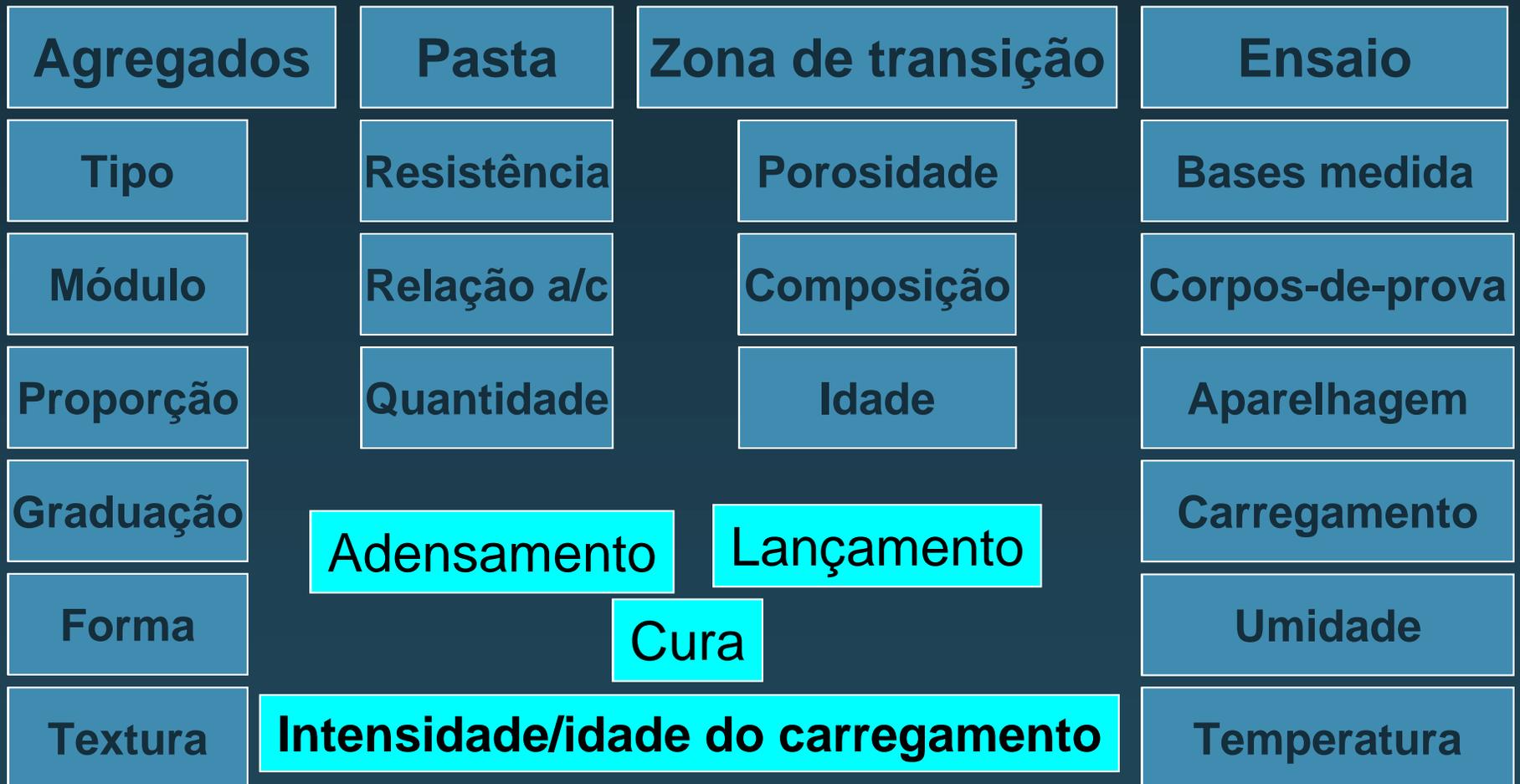


Tabela 1 - Módulo de elasticidade para diversos tipos de agregados.

Referência ⁽¹⁾	Tipo de agregado graúdo	Equação de correlação	Faixa de aplicação (MPa)
Carrasquilo <i>et al.</i> (1981)	calcário e seixo	$E = 3320.f_c^{1/2} + 6900$	$21 \leq f_c \leq 83$
Shih <i>et al.</i> (1989)	calcário	$E = 4660.f_c^{1/2} - 1370$	$21 \leq f_c \leq 83$
Almeida (1990) ⁽²⁾	calcário e granito	$E = 5330.f_c^{1/2}$	$40 \leq f_c \leq 120$
EC2 (1992)	quartzo	$E = 9500.f_c^{1/3}$	----
Shehata <i>et al.</i> (1993)	gnaisse	$E = 4250.f_c^{1/2}$	$f_c \leq 90$
Gomes (1995)	traquito e gnaisse	$E = 8142.f_c^{0,37}$	----
Ferrari <i>et al.</i> (1996)	calcário e gnaisse	$E = 3691.f_c^{1/2} + 5445$	$10 \leq f_c \leq 81$
Dal Molin e Monteiro (1996)	basalto	$E = 9570.f_c^{0,31}$	$30 \leq f_c \leq 90$
Radain <i>et al.</i> (1993)	basalto	$E = 2173.f_c^{1/2} + 1456$	$40 \leq f_c \leq 90$

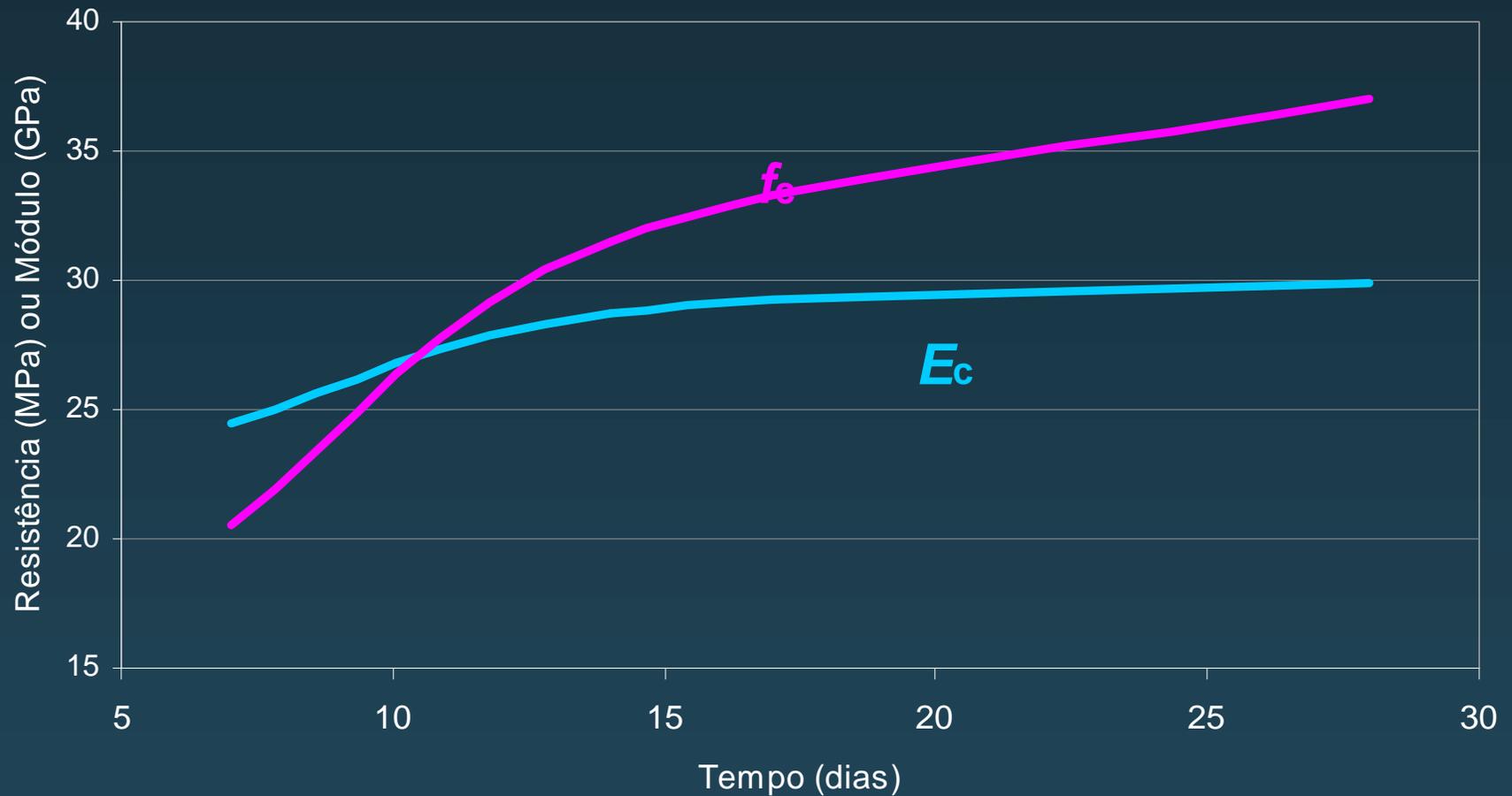
Notas:

⁽¹⁾ Todas as referências foram retiradas de Silva (1997).

⁽²⁾ Utilizou corpos-de-prova prismáticos de 15 cm de aresta para determinação da resistência à compressão.

Cf. SANTOS, S. B.; GAMBALE, E. A.; ANDRADE, M. A. S., em *Modelos de predição do módulo de elasticidade do concreto* - 48o. Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON,2006

Exemplo da taxa de crescimento da resistência à compressão e do módulo de elasticidade do concreto



NBR 8522:2003 – Definições

Concreto – Módulo de Elasticidade ou de Deformação?

Módulo de
deformação

Módulo de elasticidade ou módulo de
deformação tangente inicial

Módulo de deformação secante

ABNT NBR 6118:2003

Na avaliação do comportamento de um elemento estrutural ou seção transversal pode ser adotado um módulo de elasticidade único, à tração e à compressão, igual ao **módulo de elasticidade secante**.

Na avaliação do comportamento global da estrutura e para o cálculo das perdas de protensão, pode ser utilizado em projeto o **módulo de deformação tangente inicial**.

Módulo de elasticidade – NBR 8522

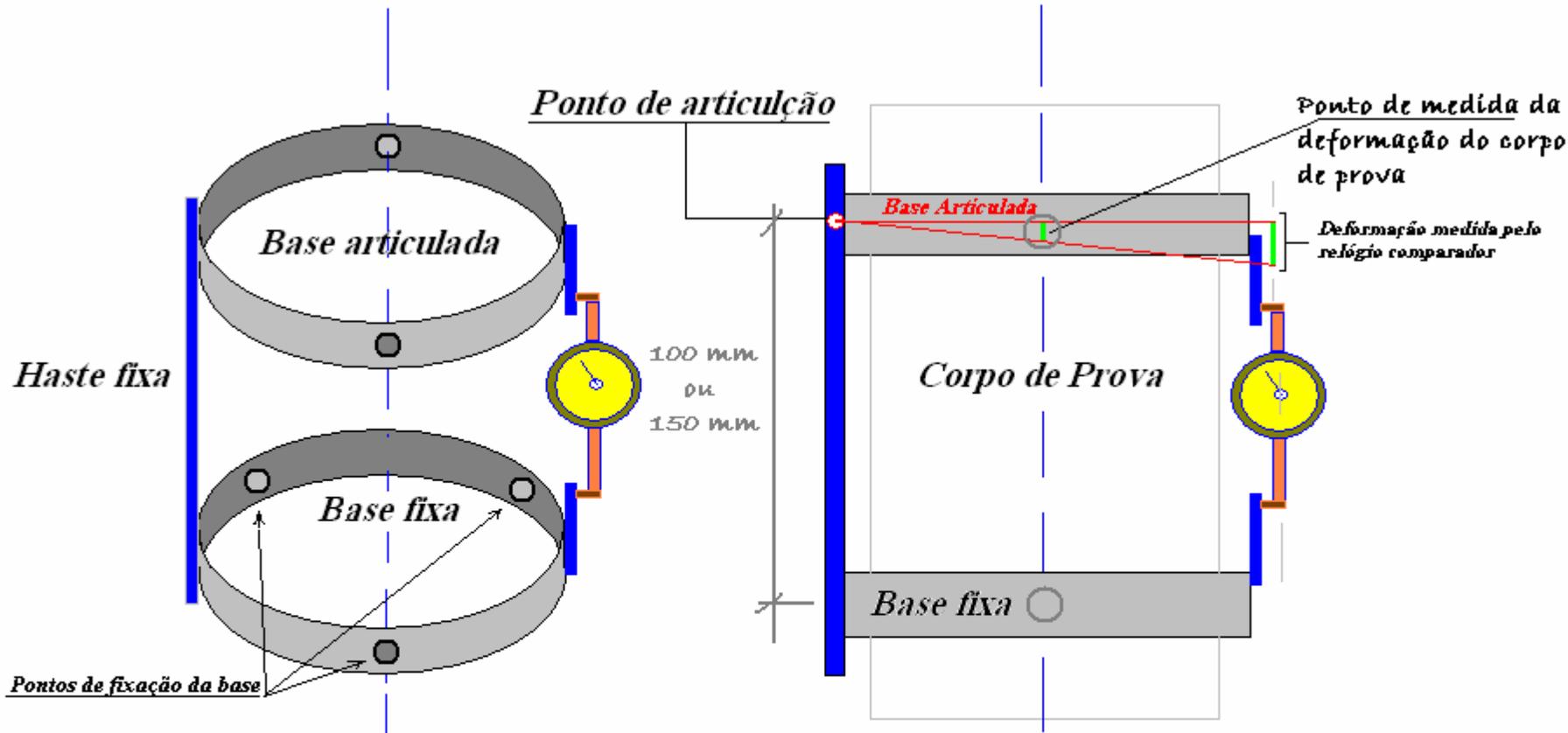
Deformabilidade do concreto



CB-18

COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007



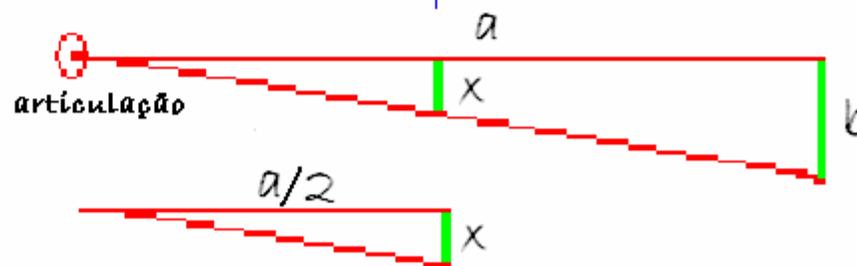
Pontos de fixação da base

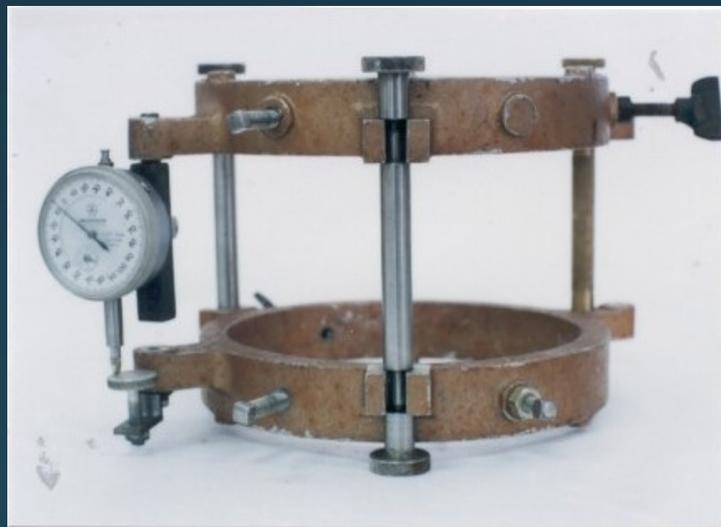
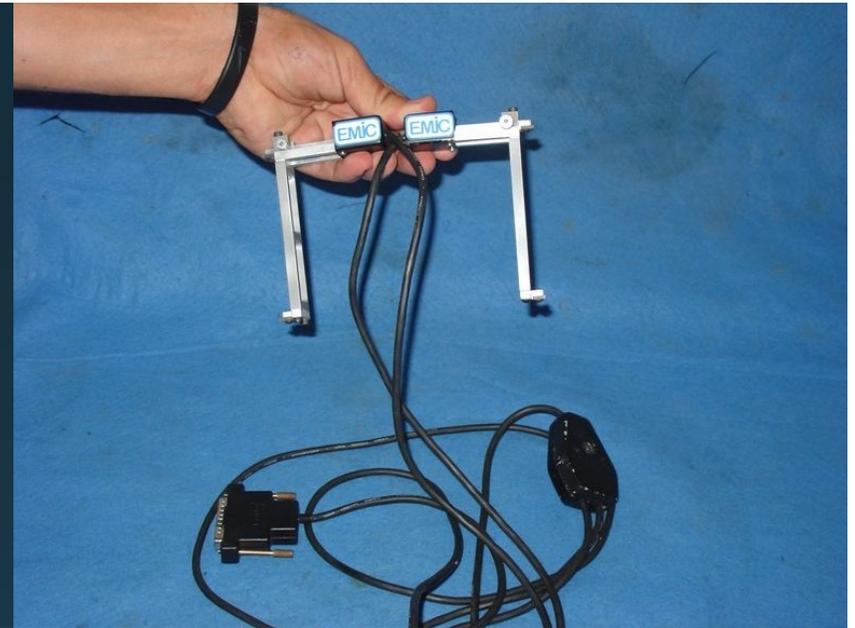
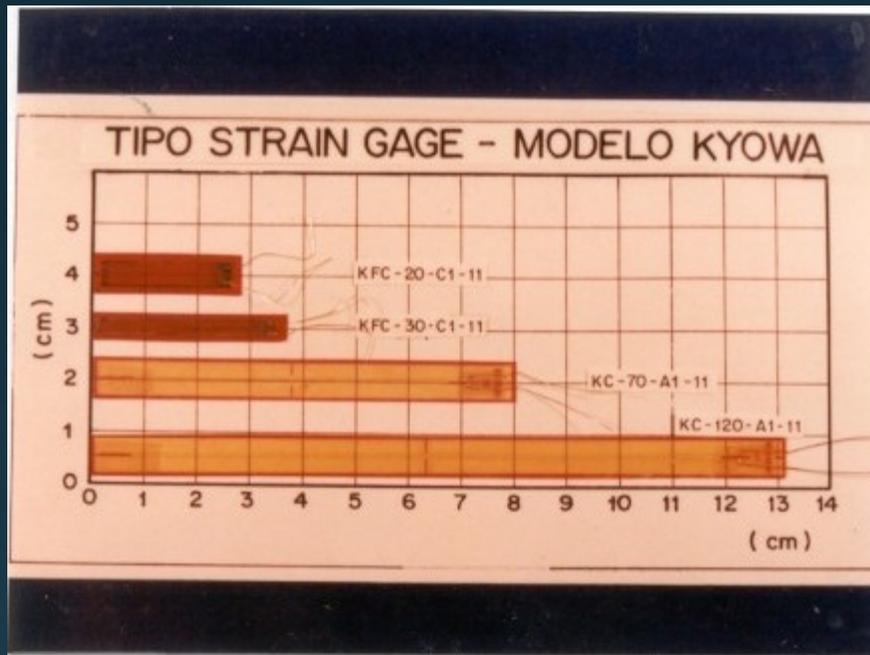
Por semelhança de triângulos, temos:

$$\frac{a}{a/2} = \frac{b}{x} \implies x = b/2$$

b = leitura do relógio comparador

x = deformação real do corpo de prova





CB-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Norma Brasileira de Ensaio

Associação Brasileira de Cimento Portland
BIBLIOTECA

933.0522
1914

18.322

NBR 8522
MAIO/2004

ABNT

CONCRETO - DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE DEFORMAÇÃO ESTÁTICO E DIAGRAMA - TENSÃO-DEFORMAÇÃO
Método de ensaio

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Normas e/ou documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Execução do ensaio
- 6 Resultados

1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método de determinação dos módulos de deformação longitudinal, tangente e secante, e diagramas tensão - deformação do concreto, sob carregamento estático, à compressão axial simples, em corpos de prova moldados ou extraídos de forma cilíndrica.

2 NORMAS E/OU DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos de prova de concreto cilíndricos ou prismáticos - Procedimento
- NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto - Método de ensaio
- NBR 7180 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Procedimento

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 e 3.4.

3.1 Diagrama tensão - deformação

Representação gráfica da relação tensão - deformação específica em ensaio de

Origem: ABNT 18.04.02-001/1983
CB 18 - Comissão Brasileira de Cimento, Concreto e Agregados
CE 18.04.02 - Comissão de Estudo do Módulo de Deformação de Concreto

SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Palavra-chave: concreto

NBR 3 NORMA BRASILEIRA REGISTRADA

CDU: 681.82.625.1

Todos os direitos reservados

9 páginas

- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos:
 - moldados 15 cm x 30 cm
 - extraídos (testemunhos)
- Três planos de carregamento
- Obrigatoriedade de compatibilização das bases de medida
- Ensaio com pelo menos dois relógios comparadores
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,50 \pm 0,05) \text{MPa/s}$

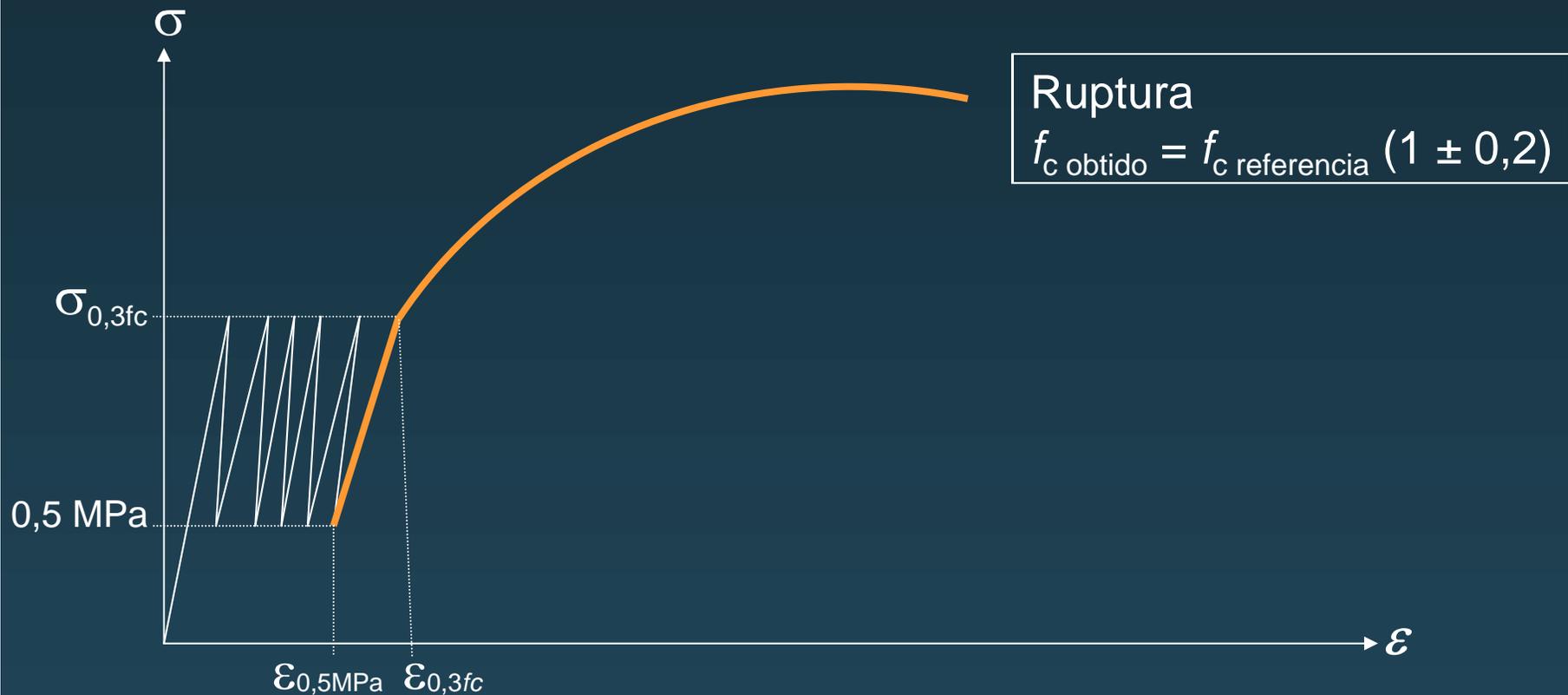
CB-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo I



Avalia a deformabilidade do material concreto.

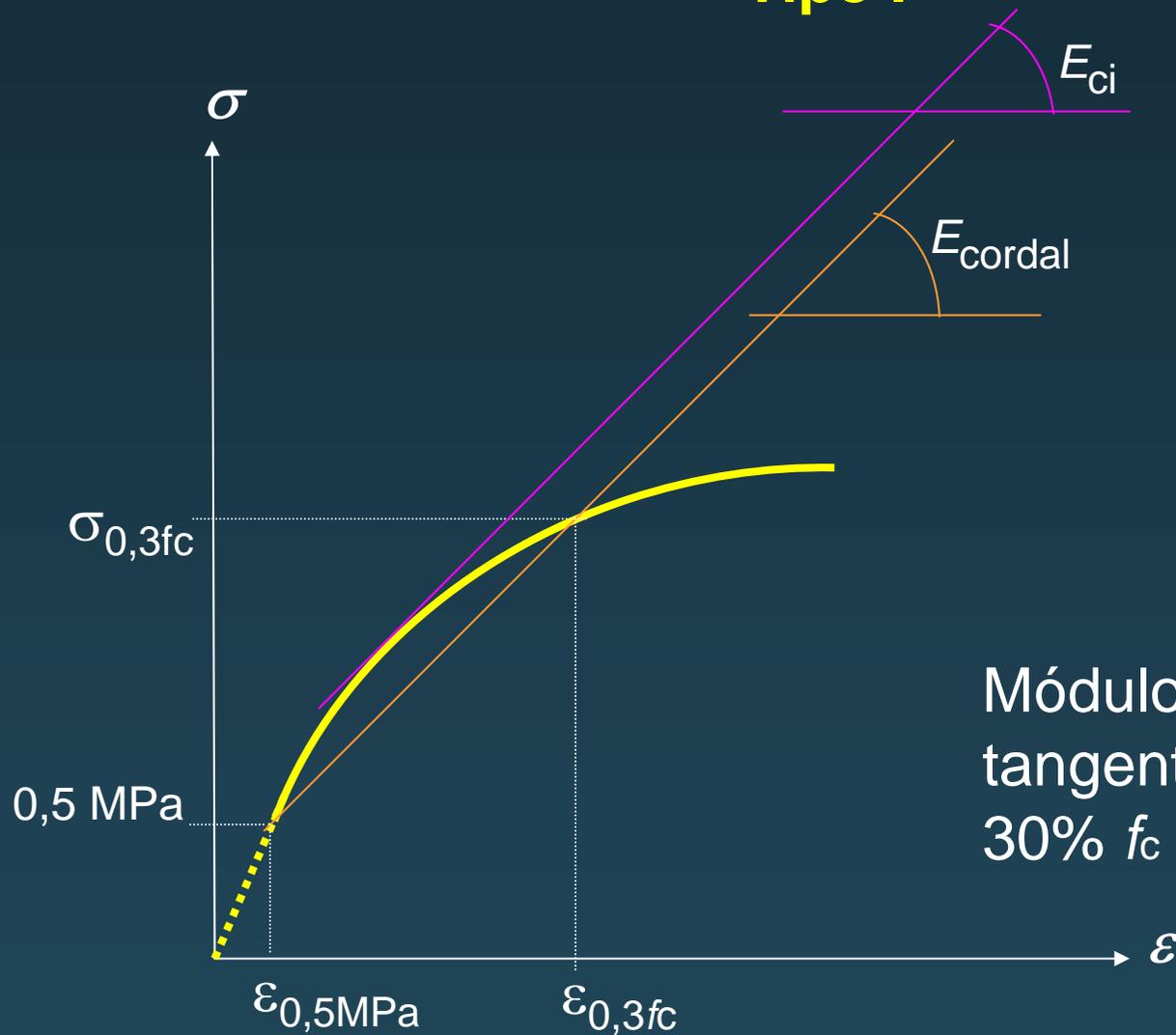
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

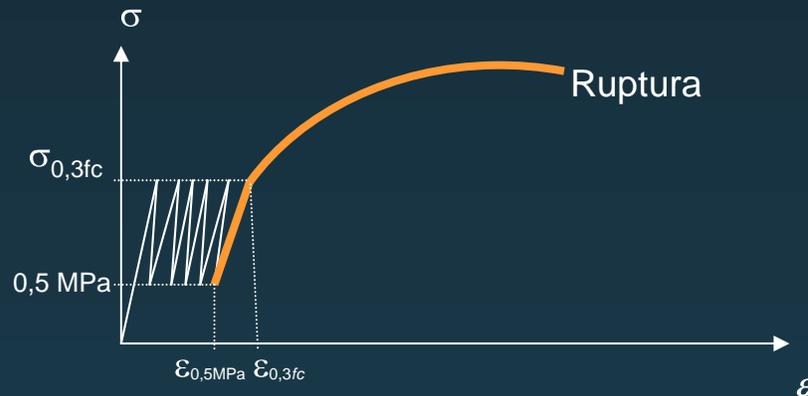
Tipo I



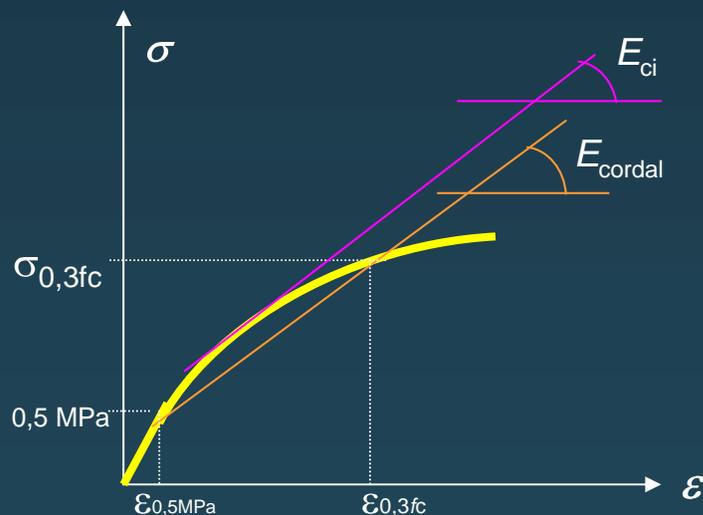
Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo I



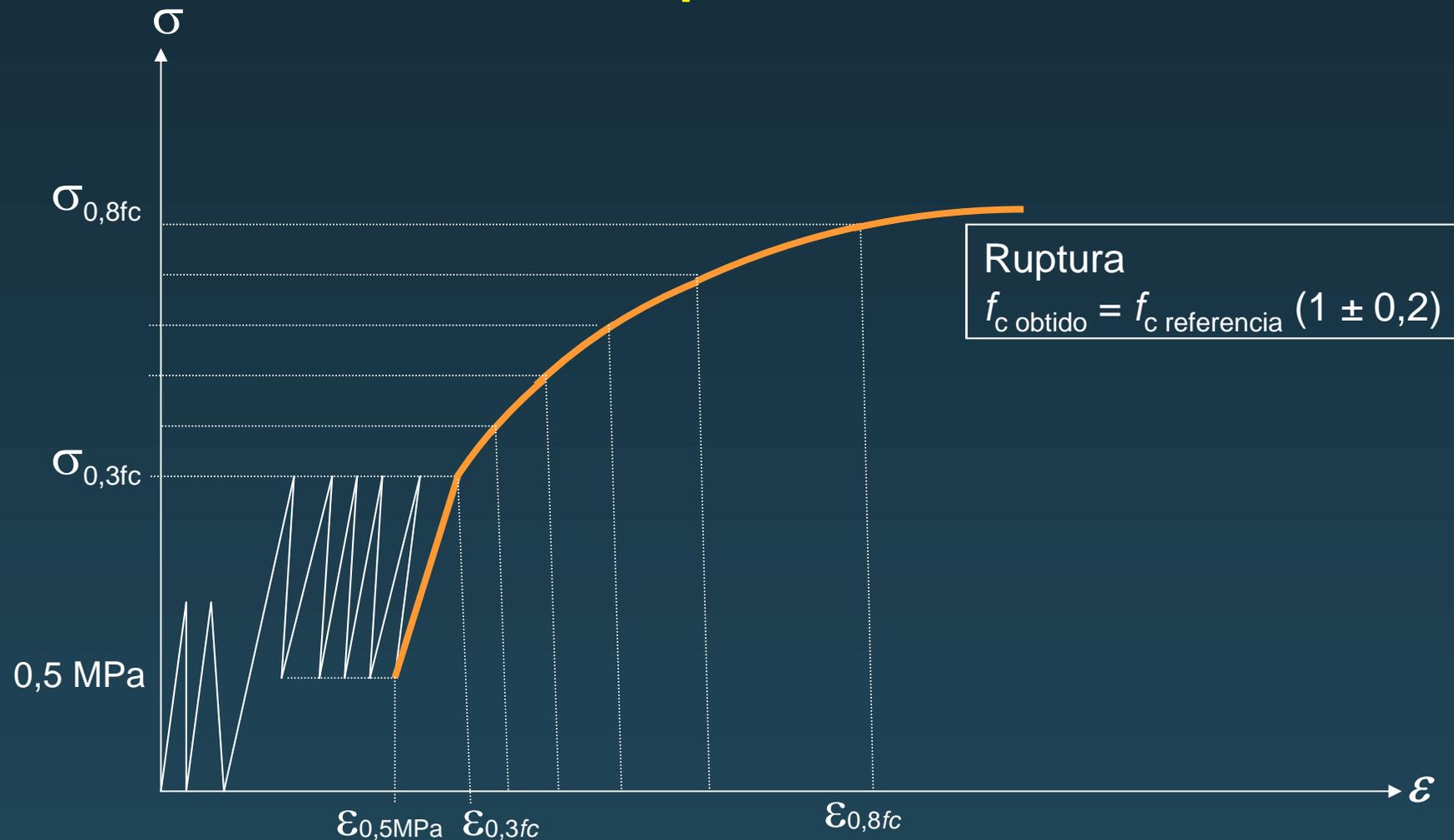
$$E_{Ci} = \frac{\sigma_{0,3fc} - 0,5}{\epsilon_{0,3fc} - \epsilon_{0,5MPa}}$$



Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo II



Simula a estrutura submetida a carregamento e descarregamento.

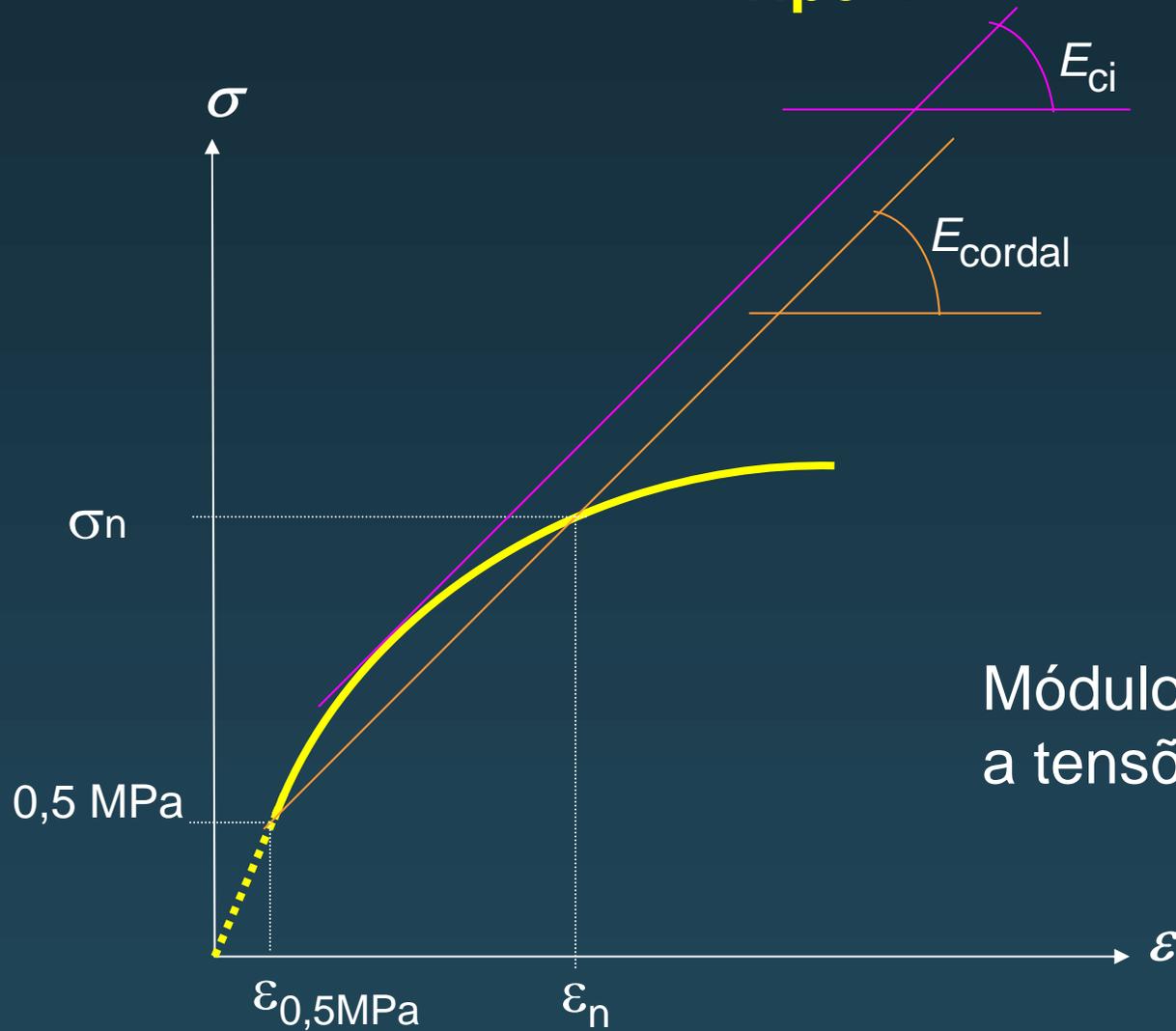
C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

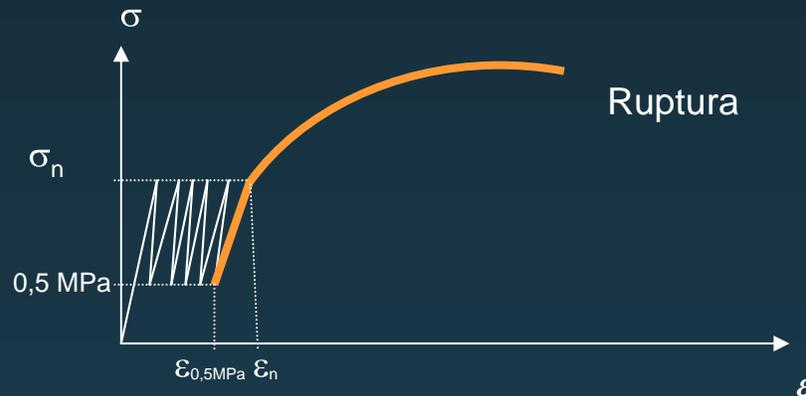
Tipo II



Módulo de deformação
a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

Tipo II



$$E_{Cl} = \frac{\sigma_n - 0,5}{\epsilon_n - \epsilon_{0,5MPa}}$$

Módulo de deformação a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

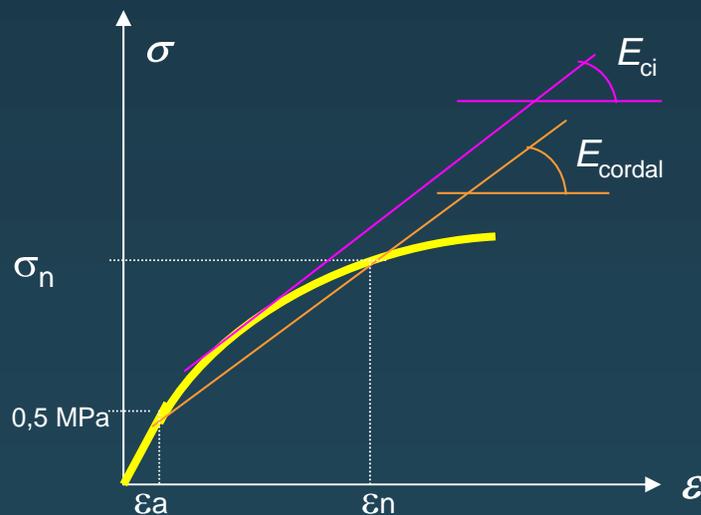
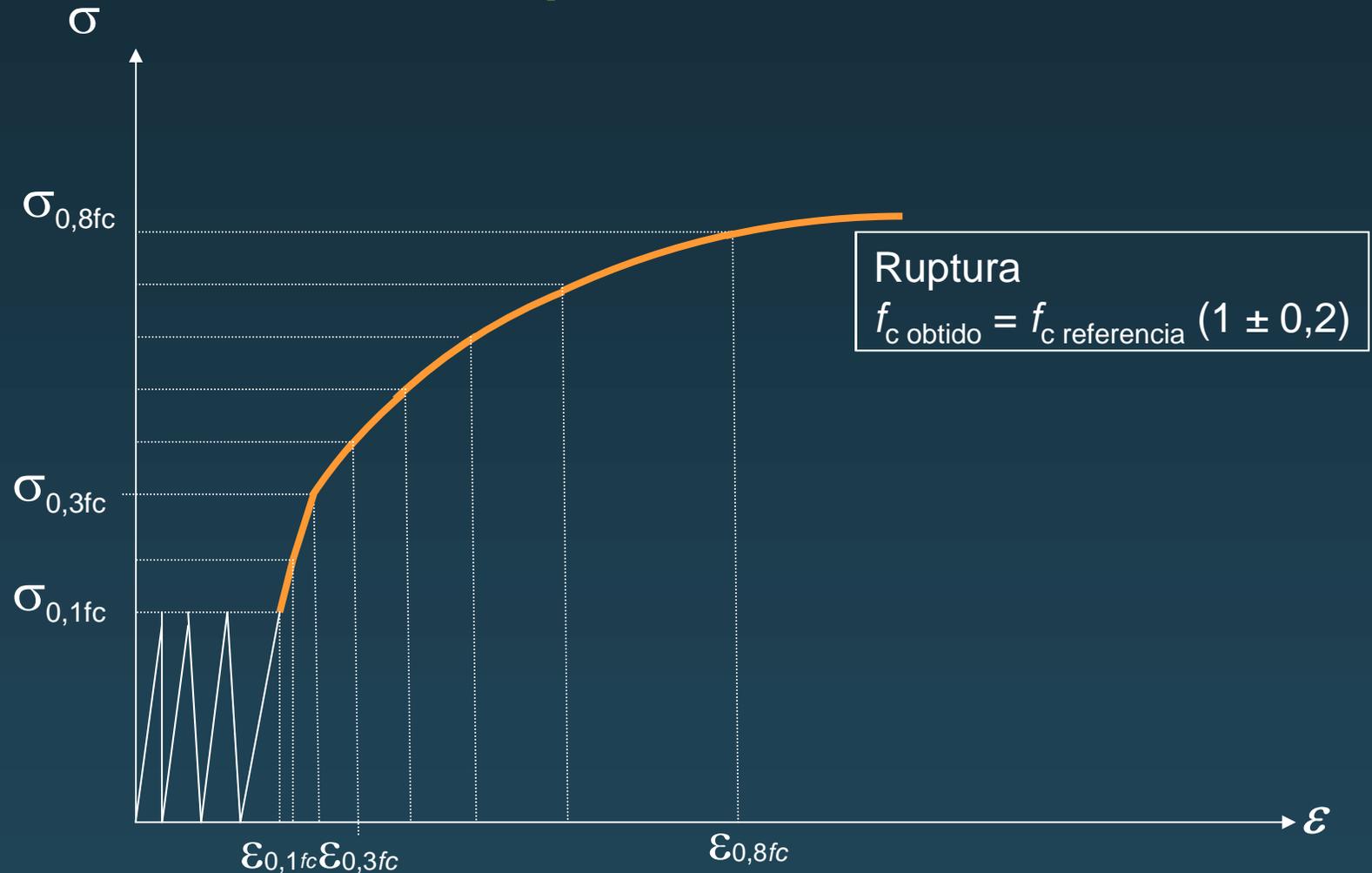


Diagrama tensão-deformação

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

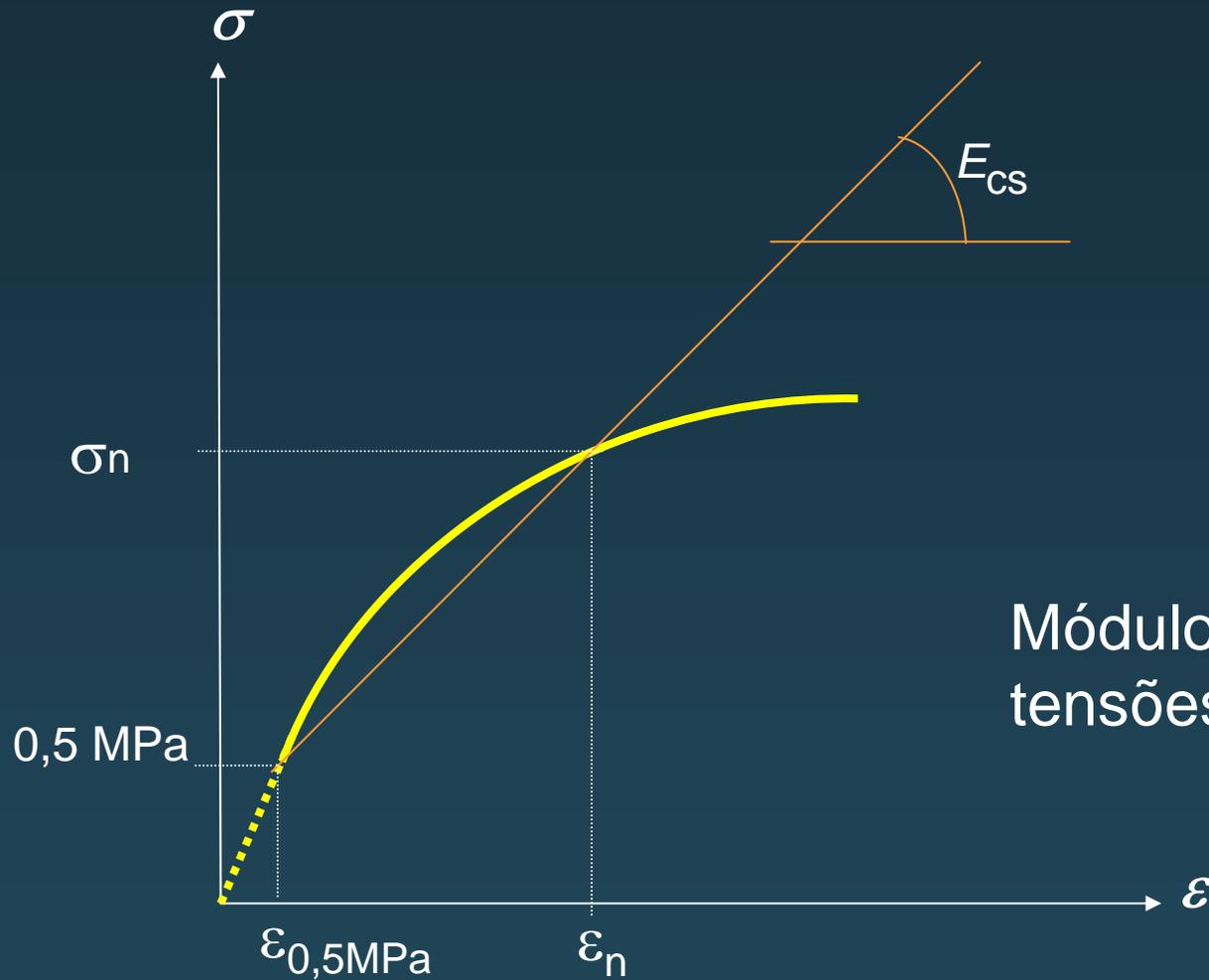
Tipo III



Simula a estrutura em seu primeiro carregamento

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

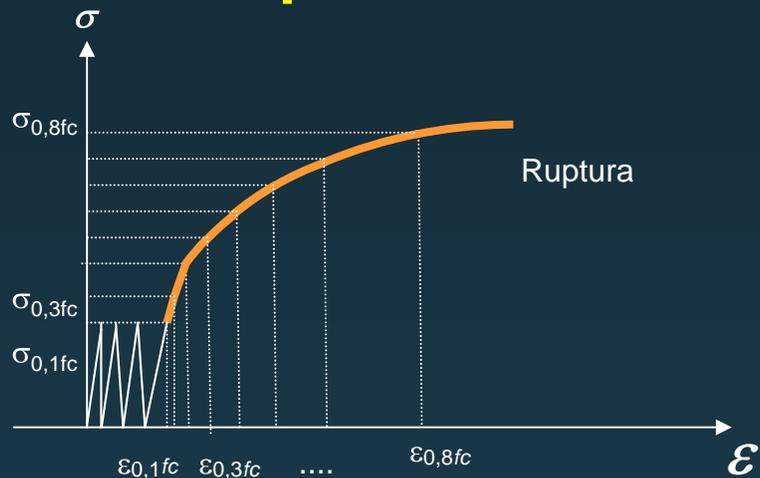
Tipo III



Módulo secante a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Tipos de Módulos previstos na NBR 8522:1984

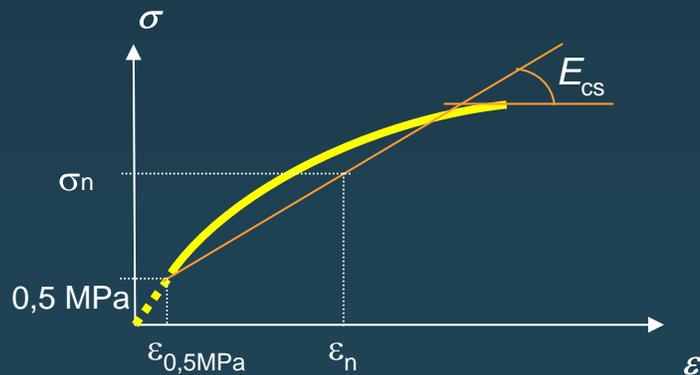
Tipo III



$$E_s = \frac{\sigma_n - 0,5}{\varepsilon_n - \varepsilon_{0,5\text{MPa}}}$$

Módulo secante a tensões de $0,1 f_c$ a $0,8 f_c$

Diagrama tensão-deformação

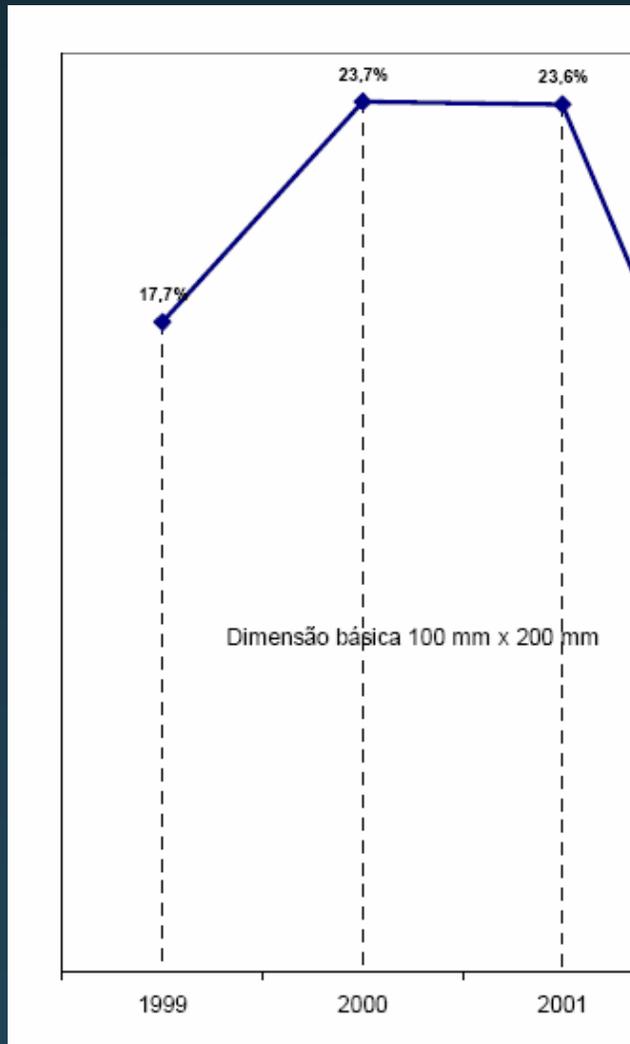


Planos de carga previstos na NBR 8522:1984

Determinação de interesse		Plano de carga a efetuar
Módulo	Diagrama tensão-deformação	
Tangente inicial (A)	Sem traçado do diagrama	Tipo I
Tangente inicial (A)	Simula a estrutura previamente submetida a carregamento e descarregamento (B)	Tipo II
Secante no 1o. carregamento	Simula a estrutura em seu primeiro carregamento (C)	Tipo III

- (A) Utilizável para caracterizar a deformabilidade do concreto.
- (B) Os carregamentos e descarregamentos prévios podem ser aplicáveis, por exemplo, quando há interesse na simulação de uma estrutura cuja carga acidental é grande com relação à carga permanente.
- (C) O carregamento do corpo-de-prova virgem pode ser aplicável, por exemplo, quando há interesse na simulação do carregamento de uma estrutura cuja carga permanente prevalece.

NBR 8522 – Dispersão medida ao longo do tempo



- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm x 20 cm
- Plano de carregamento Tipo III (secante)
- compatibilização das bases de medida
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,5 \pm 0,05)$ MPa/s

Dados de Programas Interlaboratoriais realizados por FURNAS que possibilitam avaliar o ensaio.

C3-18

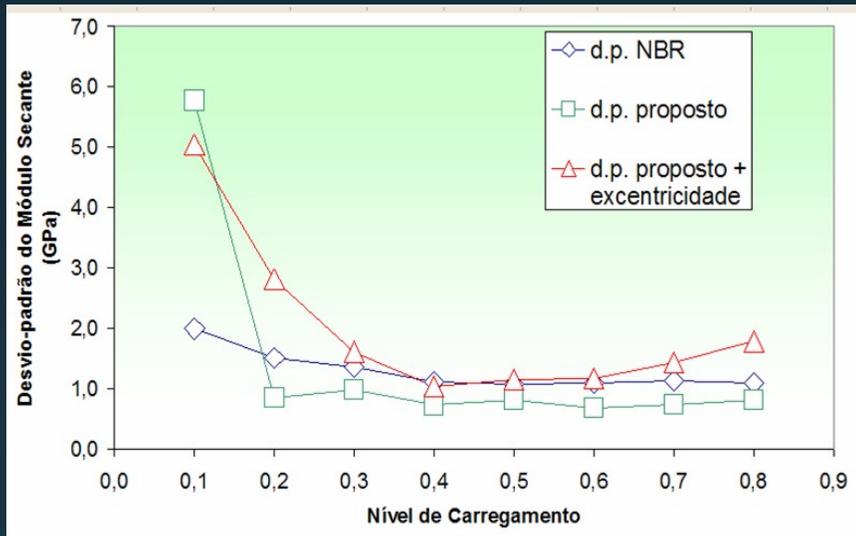
COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Revisão da NBR 8522 em 2003



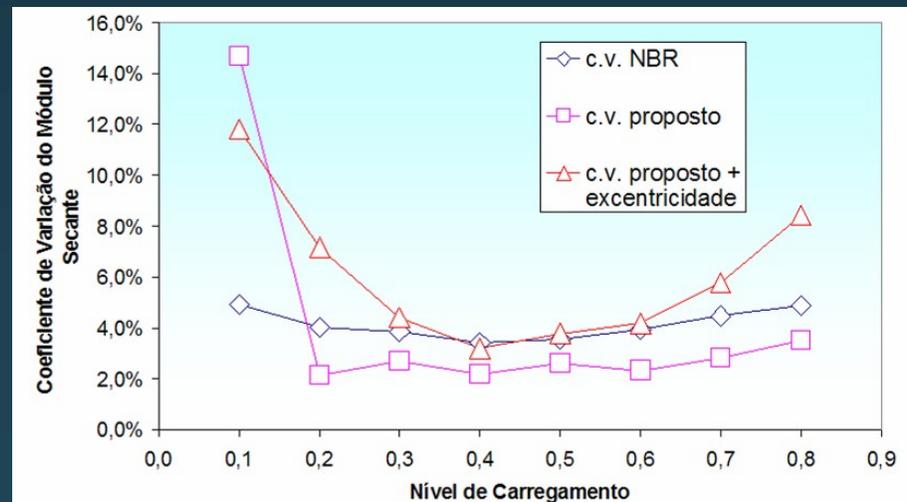
- Módulo estático à compressão
- Corpos-de-prova cilíndricos:
 - moldados conforme NBR 5738
 - extraídos conforme NBR 7680
- Dois planos de carregamento
- Compatibilização das bases de medida fora do intervalo $0,3f_c$ a $0,5f_c$.
- Possibilidade de ensaio com apenas um relógio e duas bases de medida no intervalo $0,3 f_c$ a $0,5 f_c$.
- 3 cps para E + 2cps para f_c
- Velocidade $(0,25 \pm 0,05) \text{MPa/s}$



NBR 8522:2003 – Compatibilização das bases de medida:

- Não é necessária no intervalo de $0,3 f_c$ a $0,5 f_c$
- Obrigatória fora desse intervalo.

Conclusão do autor:
 Fora do intervalo $0,2 f_c$ a $0,5 f_c$ é necessário que as bases de medida sejam independentes e compatibilizadas.



Revisão da NBR 8522 em 2003

Análise da normalização internacional e estrangeira:

- **Módulo de elasticidade tangente:** determinado como cordal a aproximadamente $1/3 f_c$
- **Módulo secante:** determinado a $0,4 f_c$ ou $0,45 f_c$

A relação:

$$E_{cs} \cong (0,85 \text{ a } 0,90) E_{ci}$$

correlaciona os valores de módulo obtidos segundo essas premissas.

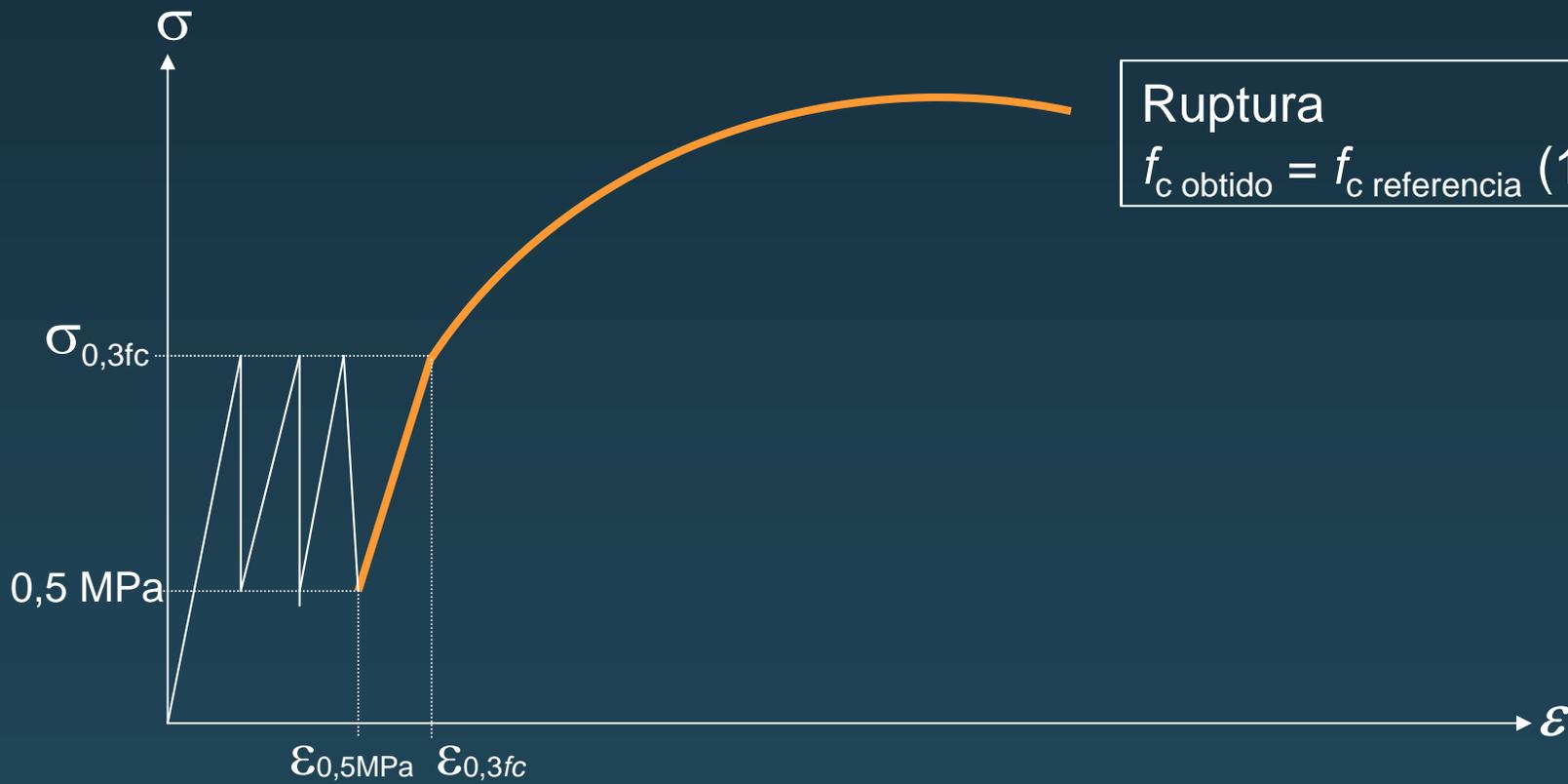
Planos de carga previstos na NBR 8522:1984

Determinação de interesse		Plano de carga a efetuar
Módulo de deformação	Diagrama tensão-deformação	
Tangente inicial (A)	Sem traçado do diagrama	Tipo I
Tangente inicial (A)	Simula a estrutura previamente submetida a carregamento e descarregamento (B)	Tipo II
Secante no 1o. carregamento	Simula a estrutura em seu primeiro carregamento (C)	Tipo III

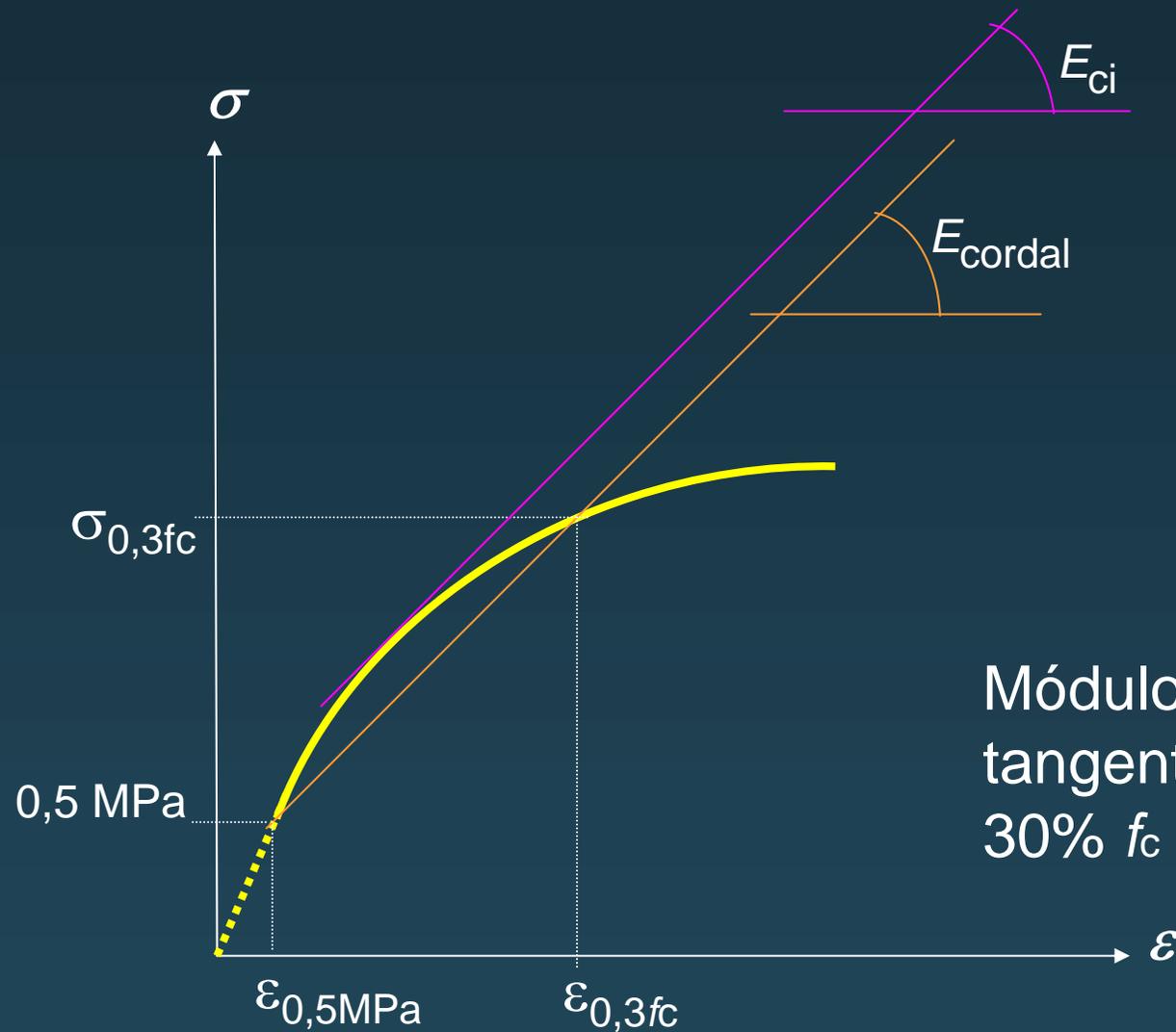
Revisão da NBR 8522 em 2003

Determinação de interesse		Aplicação	Plano de carga a efetuar
Módulo de	Diagrama tensão-deformação		
Elasticidade	Sem traçado do diagrama	Utilizado para caracterizar a deformabilidade do concreto	7.3.2
Deformação secante	Opcional Simula a estrutura em seu primeiro carregamento	Exemplo: Simulação de estrutura cuja carga permanente prevalece	7.3.3

Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003

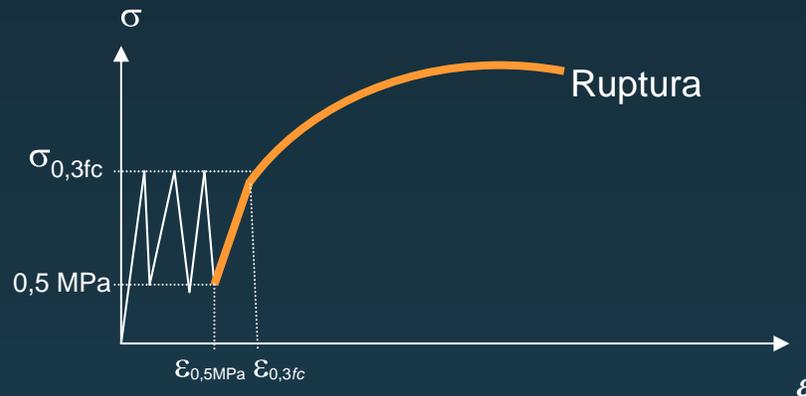


Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003



Módulo de elasticidade
tangente ou cordal a
30% f_c

Módulo de elasticidade - NBR 8522:2003

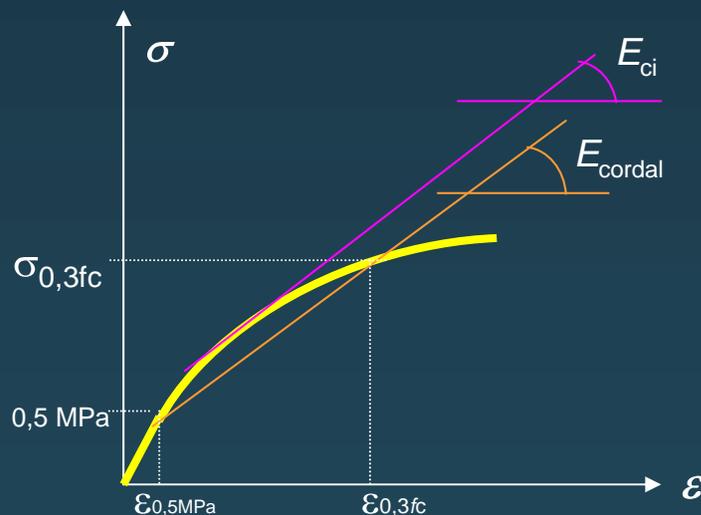


$$E_{Ci} = \frac{\sigma_{0,3f_c} - 0,5}{\epsilon_{0,3f_c} - \epsilon_{0,5MPa}}$$

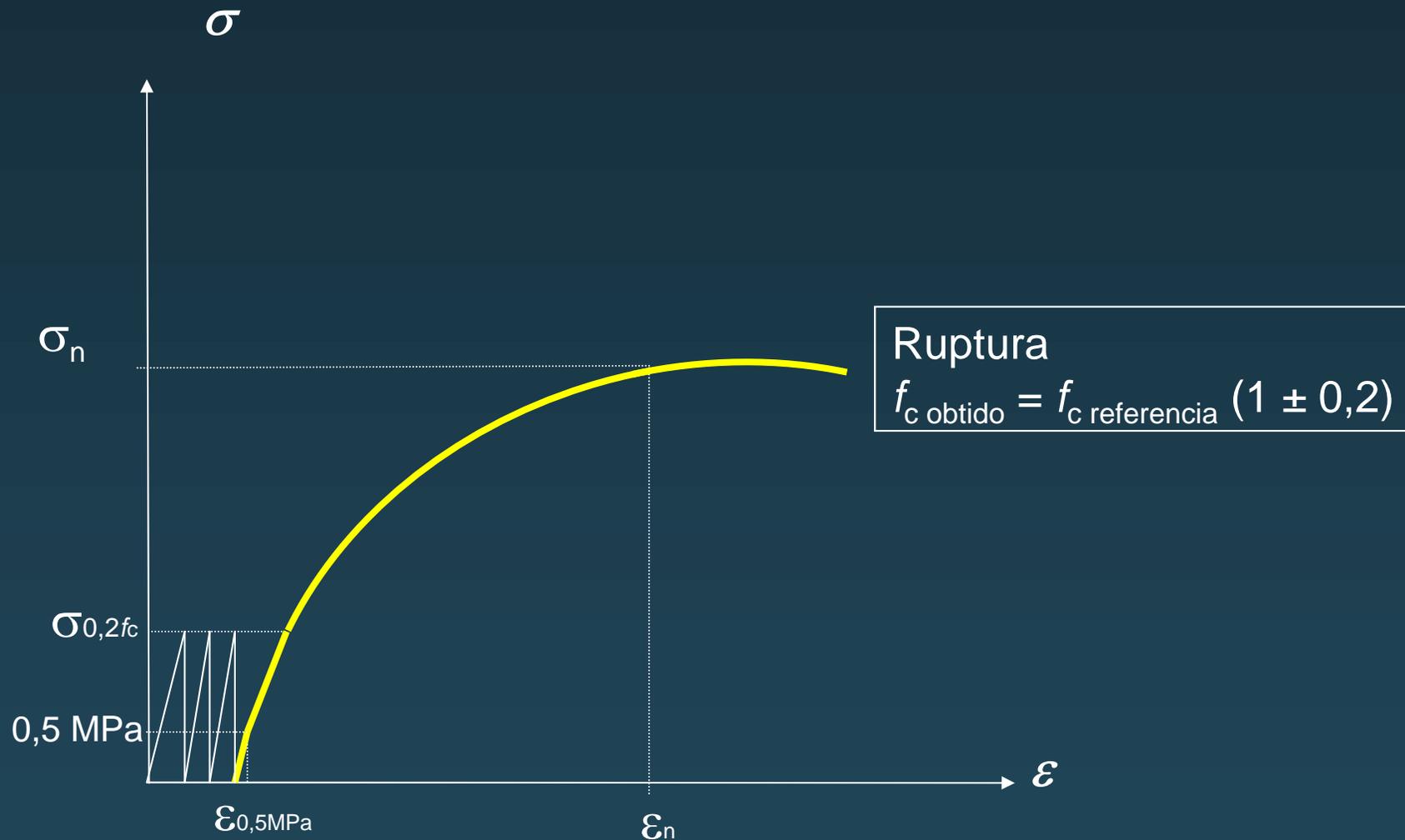
Módulo de elasticidade tangente ou cordal a 30% f_c .

Não é necessário compatibilizar as bases de medida.

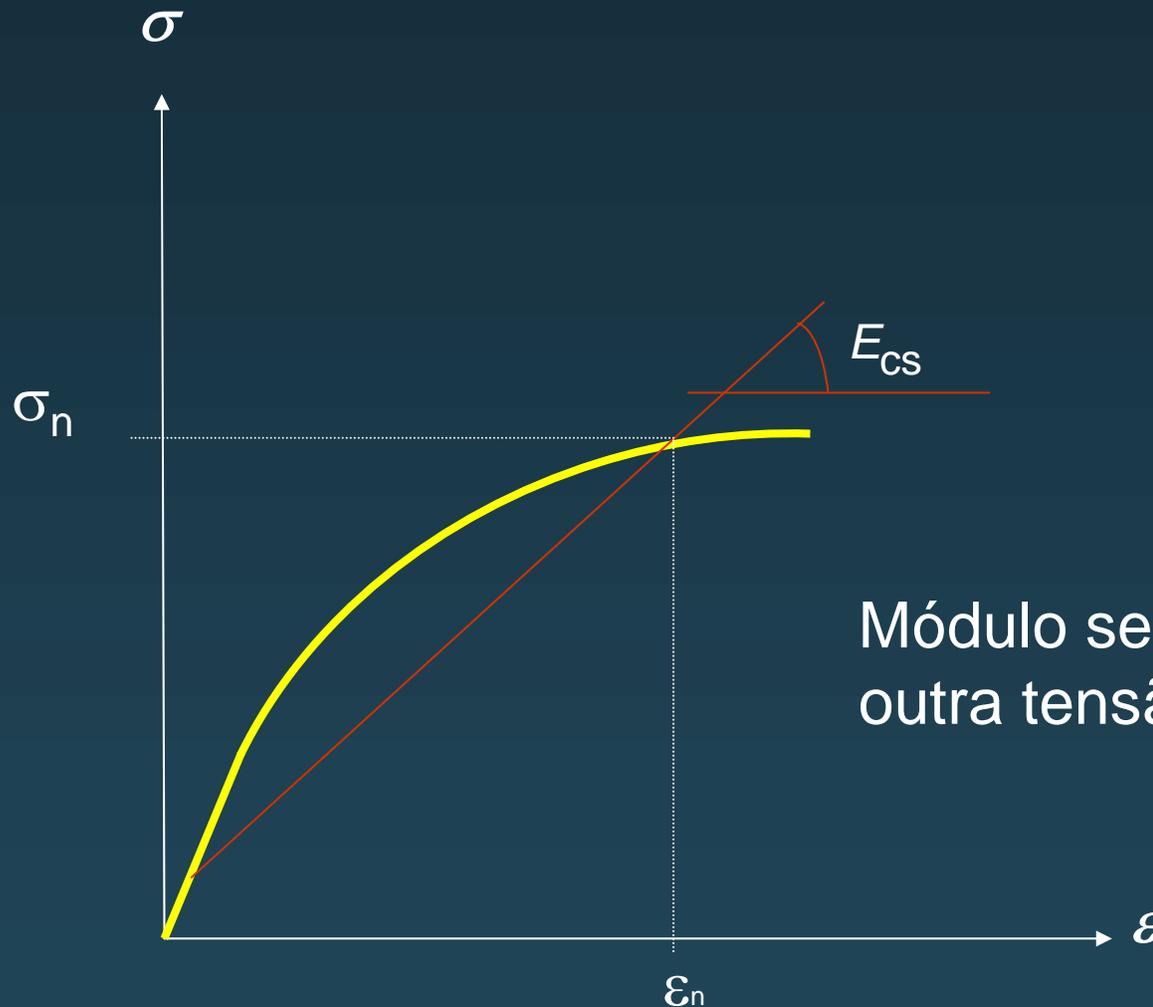
Não é traçado o diagrama tensão-deformação.



Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003

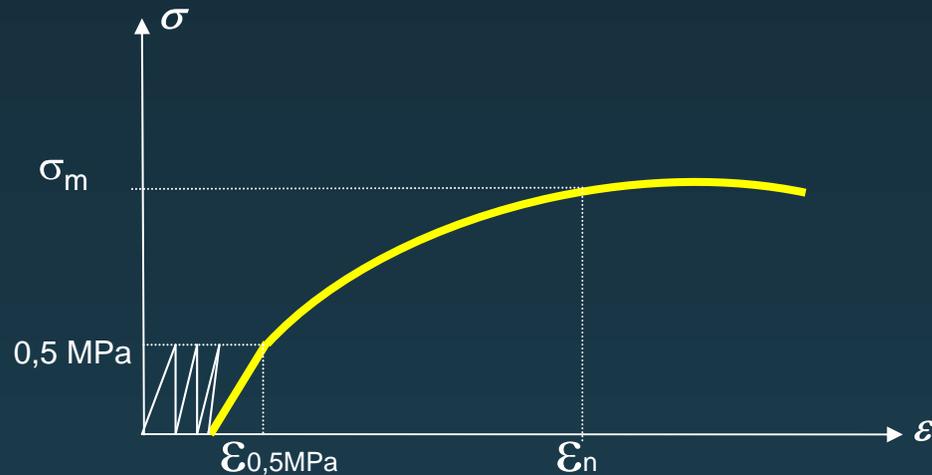


Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003



Módulo secante a 40% f_c ou
outra tensão especificada

Módulo de deformação secante - NBR 8522:2003



$$E_{Cs} = \frac{\sigma_n - 0,5}{\varepsilon_n - \varepsilon_{0,5MPa}}$$

Módulo secante

Não é necessário compatibilizar as bases de medida.

Não é traçado o diagrama tensão-deformação.

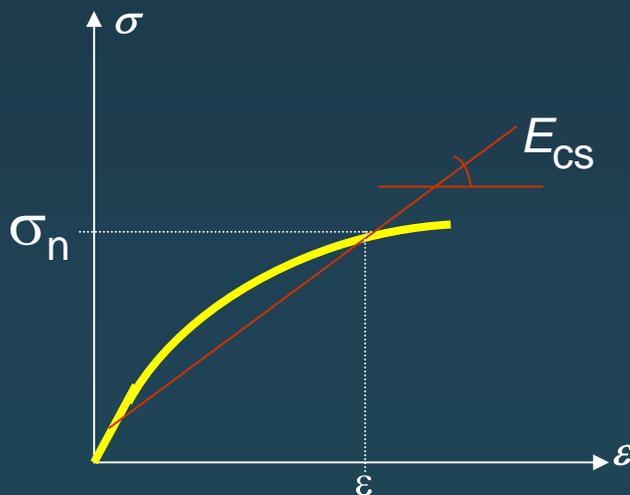
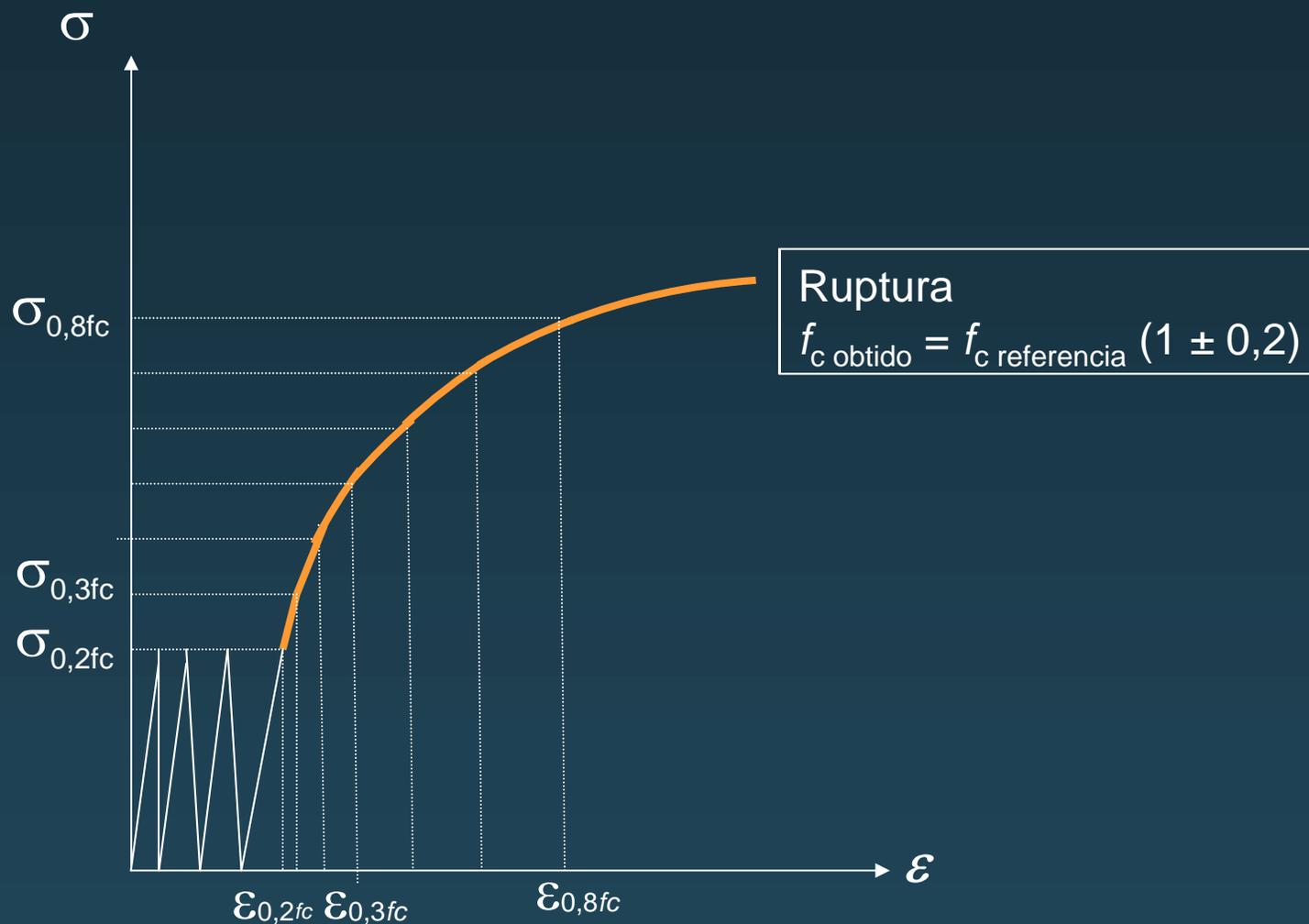
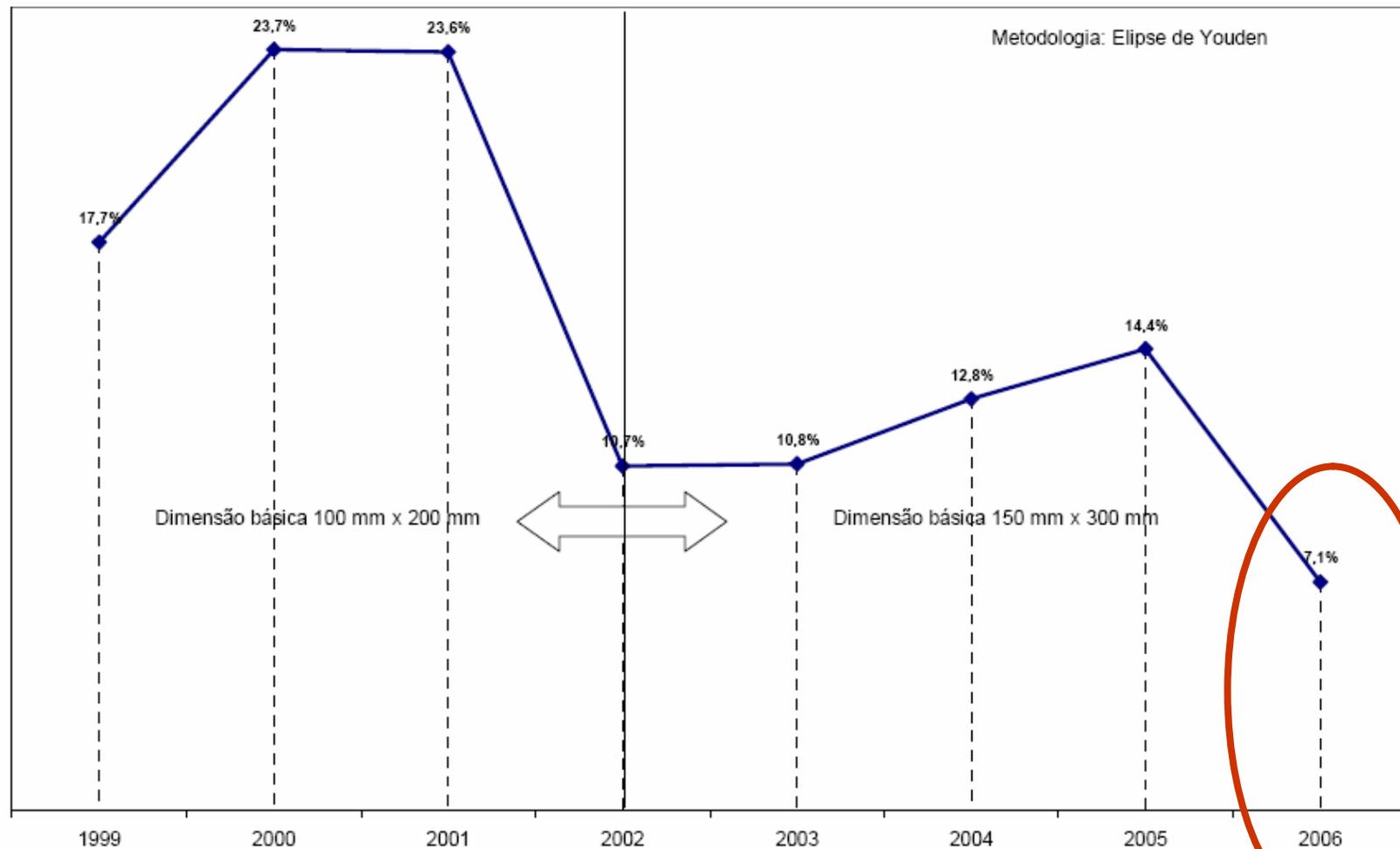


Diagrama tensão-deformação - NBR 8522:2003



NBR 8522 – Dispersão medida ao longo do tempo



Dados de Programas Interlaboratoriais realizados por FURNAS que possibilitam avaliar o ensaio.

C3-18

COMITÉ BRASILEIRO DE CIMENTO,
CONCRETO E AGREGADOS
DA ABNT

24 de abril de 2007

Revisão da NBR 8522 em 2007

Proposta: Diminuir a variabilidade do ensaio

- Estabelecimento de **ensaio único**, como nas normas de outros países e também na norma ISO:
 - Módulo estático à compressão
 - **Tangente inicial a 30% f_c** , como pede a NBR 6118
 - Corpos-de-prova de **15 cm x 30 cm**
 - Testemunhos conforme norma (NBR 7680)

Revisão da NBR 8522 em 2007

Determinação de interesse		Aplicação	Plano de carga a efetuar
Módulo de	Diagrama tensão-deformação		
Elasticidade	Sem traçado do diagrama	Utilizado para caracterizar a deformabilidade do concreto	7.3.2
Deformação secante	Opcional simula a estrutura em seu primeiro carregamento	Exemplo: Simulação de estrutura cuja carga permanente prevalece	7.3.3

Informativo

ABNT NBR 6118:2003

8.2.8 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade deve ser obtido segundo ensaio descrito na ABNT NBR 8522, sendo considerado nesta Norma o módulo de deformação tangente inicial cordal a 30% f_c , ou outra tensão especificada em projeto.

Quando for o caso, é esse o módulo de elasticidade a ser especificado em projeto e controlado na obra.

- Estabelecimento de ensaio único, como nas normas de outros países e também na ISO 6784:
tangente inicial a 30% f_c

ABNT NBR 12655:2006

4.2 Profissional responsável pelo projeto estrutural

- d) especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, tais como:
- módulo de deformação mínimo na idade de desforma, movimentação de elementos pré-moldados ou aplicação da protensão;

ABNT NBR 14931:2003

9.1.2.1 Especificação do concreto

A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, em especial quanto à resistência característica, **ao módulo de elasticidade** do concreto e à durabilidade da estrutura, bem como às condições eventualmente necessárias em função do método de preparo escolhido e das condições de lançamento, adensamento e cura.

ABNT NBR 14931:2003

10.2.2 Tempo de permanência de escoramentos e fôrmas

A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Para o atendimento dessas condições, o responsável pelo projeto da estrutura deve informar ao responsável pela execução da obra os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que devem ser obedecidos concomitantemente para a retirada das fôrmas e do escoramento, bem como a necessidade de um plano particular (seqüência de operações) de retirada do escoramento.

Revisão da NBR 8522 em 2007

- Tangente inicial a 30% f_c , como pede a NBR 6118
- Módulo a uma tensão especificada pelo projetista

Questões que se impõem:

- Estabelecer neste momento, como ensaio obrigatório pela NBR 8522, o módulo tangente inicial a 30% f_c
- Estabelecer a determinação do módulo de elasticidade (tangente inicial) até 40% f_{ck} para atender a solicitação do projetista (tensão especificada)
- Manter como possibilidade, em anexo informativo, a determinação do módulo de deformação secante para outras tensões especificadas inclusive 50% de f_c (ver 8.2.10.1 da NBR 6118:2003) e do diagrama tensão-deformação
- Revisar a NBR 8522 quando a revisão da NBR 6118 estiver sendo concluída, de forma a justificar as exigências e a forma de seu atendimento.

ABNT NBR 6118:2003

8.2.10.1 Compressão

Para tensões de compressão menores que $0,5 f_c$, pode-se admitir uma relação linear entre tensões e deformações, adotando-se para o módulo de elasticidade o valor secante dado pela expressão constante em 8.2.8.

Revisão da NBR 8522 em 2007

Proposta: diminuir a variabilidade do ensaio

- **Cálculo:** Média das deformações e não dos valores de módulo
- **Equipamentos:** mecânicos ou elétricos, que permitam realizar o ensaio sem interferência do operador, com resolução de 1×10^{-3} e erro relativo máximo $< 1\%$
- **Bases de medida:** duas ou mais, $1/2h_{cp} \leq \text{base} \leq 2/3h_{cp}$, no terço médio do corpo-de-prova
- **Relação altura/diâmetro** = 2
- **Velocidade** carregamento/descarregamento = $(0,25 \pm 0,05) \text{MPa/s}$
- **Tensão básica** – atualmente 0,5 MPa
- **Momento de leitura** – carregamento ou descarregamento?
- **Ultrassom:** Avaliação da integridade dos corpos-de-prova
- Corpos-de-prova de **15 cm x 30 cm** e testemunhos cf. NBR 7680
- Determinação obrigatória apenas do **módulo de elasticidade tangente inicial a $0,3f_c$** ou à **tensão especificada pelo projetista** dentro do regime considerado elástico para o material

Revisão da NBR 8522 em 2007

- Atendimento às normas de Projeto e Execução de estruturas:
 - NBR 6118
 - NBR 14931

- Tornar o ensaio mais:
 - Repetitivo
 - Reprodutivo
 - Fácil de ser executado
 - Fácil de ser interpretado
 - Realista
 - Barato

- Manter a equivalência técnica entre conceitos e padrões normativos nacionais e internacionais.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.