

# ABCP<sup>on</sup> LINE

PALESTRA GRATUITA

## PROPRIEDADES DO CONCRETO NOS ESTADOS FRESCO E ENDURECIDO

*Apresentação disponível  
para download*



Palestrante

**Engº Rubens Curti**

Supervisor dos Laboratórios em Tecnologia de Concretos e Agregados da ABCP. Ministra cursos de formação, atualização e gerenciamento na área de tecnologia de materiais. Atua na ABNT na elaboração e revisão de normas como coordenador das comissões de estudo de revisões e implantações de normas referentes aos ensaios de concreto.

# 16.07

(5ª feira)

# às 15 h

### Inscreva-se!

<https://attendee.gotowebinar.com/register/1304708393459721740>

# ABCPon LINE

Realização



## Palestra **PROPRIEDADES DO CONCRETO NOS ESTADOS FRESCO E ENDURECIDO**



### **Engº Rubens Curti**

Supervisor dos Laboratórios em Tecnologia de Concretos e Agregados da ABCP. Ministra cursos de formação, atualização e gerenciamento na área de tecnologia de materiais. Atua na ABNT na elaboração e revisão de normas como coordenador das comissões de estudo de revisões e implantações de normas referentes aos ensaios de concreto.

As quantidades de água e cimento em uma dosagem de concreto, são definidas pela relação a/c.

A água e o cimento se combinam quimicamente formando uma pasta que se aglomera com os agregados (areia e brita), gerando o concreto.

Quanto menor for a relação água/cimento maior durabilidade e maior resistência terão as estruturas de concreto.

***“Toda a tecnologia do concreto  
se fundamenta na  
relação água/cimento”***

Realização



Apoio



# PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

Realização



Apoio



## PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

- **Trabalhabilidade**
- **Moldagem dos corpos de prova**
- **Segregação**
- **Exsudação**
- **Pega do concreto**
- **Retração plástica**

Realização



Apoio



## TRABALHABILIDADE

**É a propriedade do concreto no estado fresco que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual pode ser misturado, lançado, adensado e acabado. A trabalhabilidade do concreto é definida como sendo o ensaio de recebimento do concreto no estado fresco, e pode ser determinado por:**

- **Medida do abatimento pelo cone de Slump, para concreto convencional, ABNT NBR NM 67;**
- **Medida do espalhamento para concreto auto adensável ABNT NBR 15823. Além do ensaio de espalhamento outros ensaios podem ser realizados como: habilidade passante pelo anel “J” ou pela caixa “L”, viscosidade pelo funil “V” e  $T_{500}$  ;**

Realização



Apoio



# TRABALHABILIDADE

## ENSAIO DE ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE - NBR NM 67/98 (Slump Test)

- Cone com 20 cm de diâmetro na base, 10 cm de diâmetro no topo e 30 cm de altura
- Moldado em 3 camadas com alturas iguais, adensadas com 25 golpes, com barra de 16 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento.



Realização



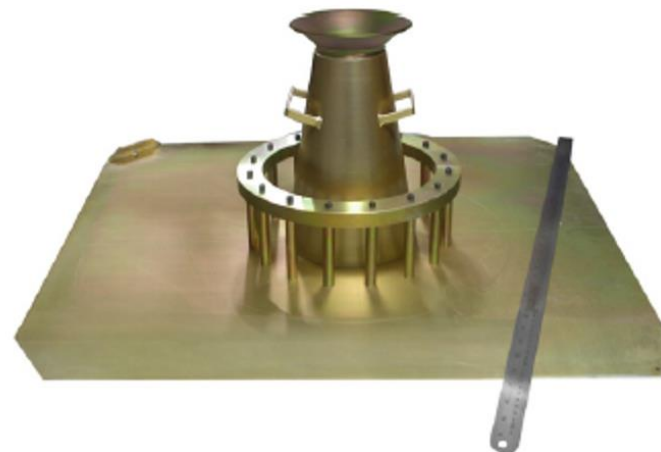
Apoio



# EQUIPAMENTO UTILIZADOS PARA DEFINIR UM CONCRETO AUTO ADENSÁVEL NBR 15823:2017



**Espalhamento e T<sub>500</sub>**



**Anel "J" – Habilidade Passante**



**Caixa "L" – Habilidade passante**



**Coluna de segregação**



**Caixa "U" – Capacidade de preenchimento**



**Funil "V" - Viscosidade**

Realização



Apoio



# ESPALHAMENTO E ESTABILIDADE VISUAL

## Espalhamento

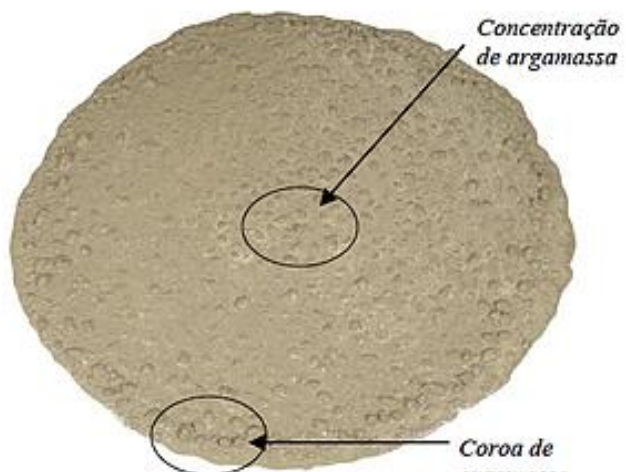


**0 - Muito estável**



**1 - Estável**

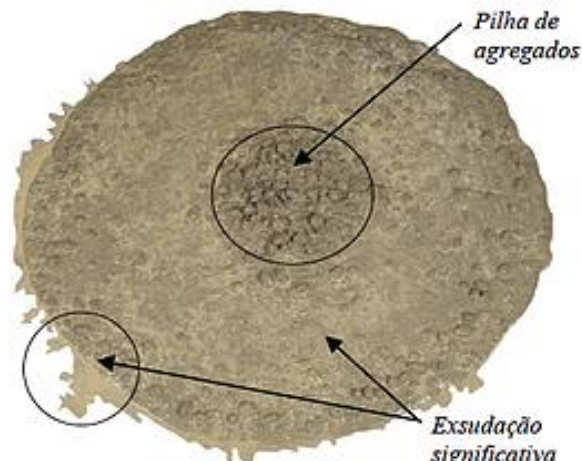
*Leve exsudação*



**2 - Instável**

*Concentração de argamassa*

*Coroa de argamassa*



**3 - Muito instável**

*Pilha de agregados*

*Exsudação significativa*

## MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA

- É através da moldagem dos corpos de prova que podem ser cilíndricos, quando quisermos definir a resistência à compressão do concreto ou resistência à compressão diametral e prismáticos quando quisermos definir a resistência a tração na flexão do concreto - ABNT NBR 5738.
- A moldagem correta dos corpos de prova é que irá definir se a resistência é compatível com aquela que foi projetada.



**Novo método (*jeitinho brasileiro*) de moldagem de corpos de prova?????**

Realização



Apoio



## SEGREGAÇÃO

**Segregação é a perda de uniformidade da distribuição dos componentes do concreto fresco. As diferenças nas massas específicas e nos tamanhos das partículas dos materiais constituintes do concreto são as causas primárias da segregação.**



Realização

 Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 **CONCRETE SHOW**  
A TEMA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

# EXSUDAÇÃO

- É a forma de segregação em que parte da água da mistura (por ser o componente menos denso) tende a subir para a superfície de um concreto recém aplicado;
- A exsudação inicialmente evolui em velocidade constante, decrescendo a medida que ocorrem as primeiras reações de hidratação;
- Baixa retenção de água dos constituintes sólidos do concreto, dimensões das partículas de agregados e traço inadequado, são as principais causas da exsudação;
- A exsudação é intrínseca ao concreto e pode ser determinado pelo ensaio da ABNT NBR 15.558 .

Realização



Apoio



## TEMPO DE PEGA

**É o intervalo de tempo desde a adição de água até o momento no qual o concreto não pode ser mais trabalhado. É um ensaio que pode ser determinado em laboratório pela norma da ABNT NBR NM 09 e é influenciado por:**

- **Temperatura do concreto**
- **Temperatura ambiente**
- **Tipo de cimento**
- **Relação a/c**
- **Utilização ou não de aditivos**
- **Contaminação dos agregados**

Realização



Apoio



## RETRAÇÃO PLÁSTICA

Se manifesta através de fissuras no concreto ainda no estado fresco. Depois que o concreto é lançado, a sua superfície fica sujeita à evaporação natural da água, sendo mais intensa quanto maior a *temperatura do ambiente*, menor a *umidade relativa*, maior a *temperatura do concreto* e maior a *velocidade do vento*.

Se o volume de água perdido por evaporação for maior que o volume de água que exsudou, vão surgir fissuras de pequena profundidade. Elas costumam ser contínuas e paralelas, separadas entre si de 30 centímetros a um metro, não se estendendo até as bordas e podem ser eliminadas da superfície antes do início de pega do cimento, com a revibração do concreto.

A prevenção pode ser feita com a molhagem prévia das fôrmas e dos agregados, com o início da cura úmida logo após o acabamento da peça, uso de quebra-ventos, baixando a temperatura do concreto ou outros procedimentos que reduzam a evaporação superficial.

Realização



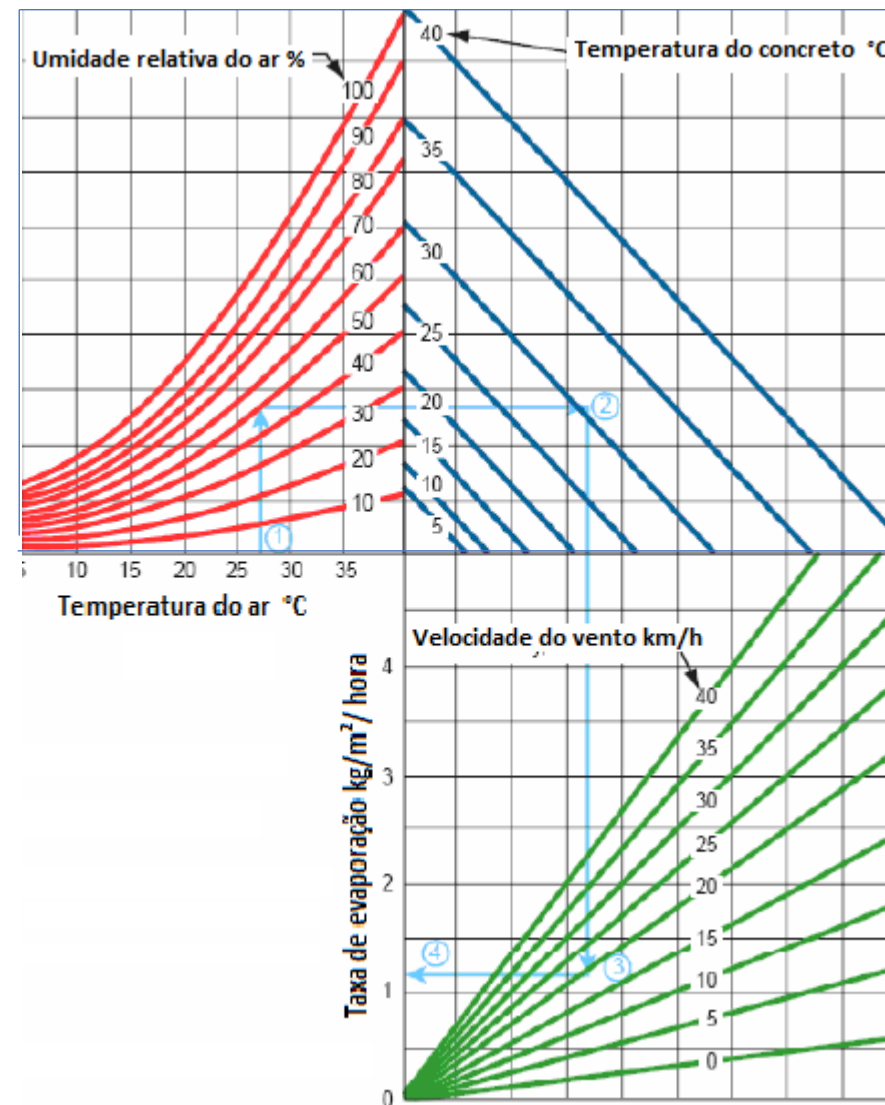
Apoio



# RETRAÇÃO PLÁSTICA

Segundo a ACI 305, os valores de taxas de evaporação (ver Tabela abaixo) que são usados para prever quando as fissuras de retração plástica irão se formar:

| Taxa de evaporação da água (L/m <sup>2</sup> /h) | Probabilidade de trincas de retração |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 0 a 0,5                                          | Nenhuma                              |
| 0,5 a 1,2                                        | Alguma                               |
| > 1,2                                            | 100%                                 |



## RETRAÇÃO PLÁSTICA

A taxa de evaporação também pode ser obtida pela fórmula a seguir, adaptada por Snell:

$$E = 5 ( [ T_c + 18 ] \times 2,5 - r [ T_a + 18 ] \times 2,5 ) \times ( V + 4 ) \times 10^{-6}$$

onde :

E = Taxa de evaporação da água em kg/m<sup>2</sup>/h;

T<sub>c</sub> = Temperatura do concreto em °C;

T<sub>a</sub> = Temperatura do ar em °C;

r = Umidade do ar em porcentagem ;

V = Velocidade do vento em km/h ;

Realização



Apoio



# PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Realização



Apoio



## PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

As propriedades do concreto no estado endurecido dependem principalmente da qualidade do concreto no estado fresco e pode ser avaliada por:

- Resistência à compressão;
- Resistencia à tração na flexão;
- Resistencia à tração por compressão diametral;
- Módulo de deformação (tangente ou secante);
- Deformações do concreto

Realização



Apoio



## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O excesso de água de amassamento necessária à reação de hidratação do cimento é evaporado depois do concreto endurecido, gerando canalículos e poros interligados responsáveis pela permeabilidade do concreto.

Maior permeabilidade significa menor durabilidade  
Maior porosidade do concreto significa menor resistência

Realização

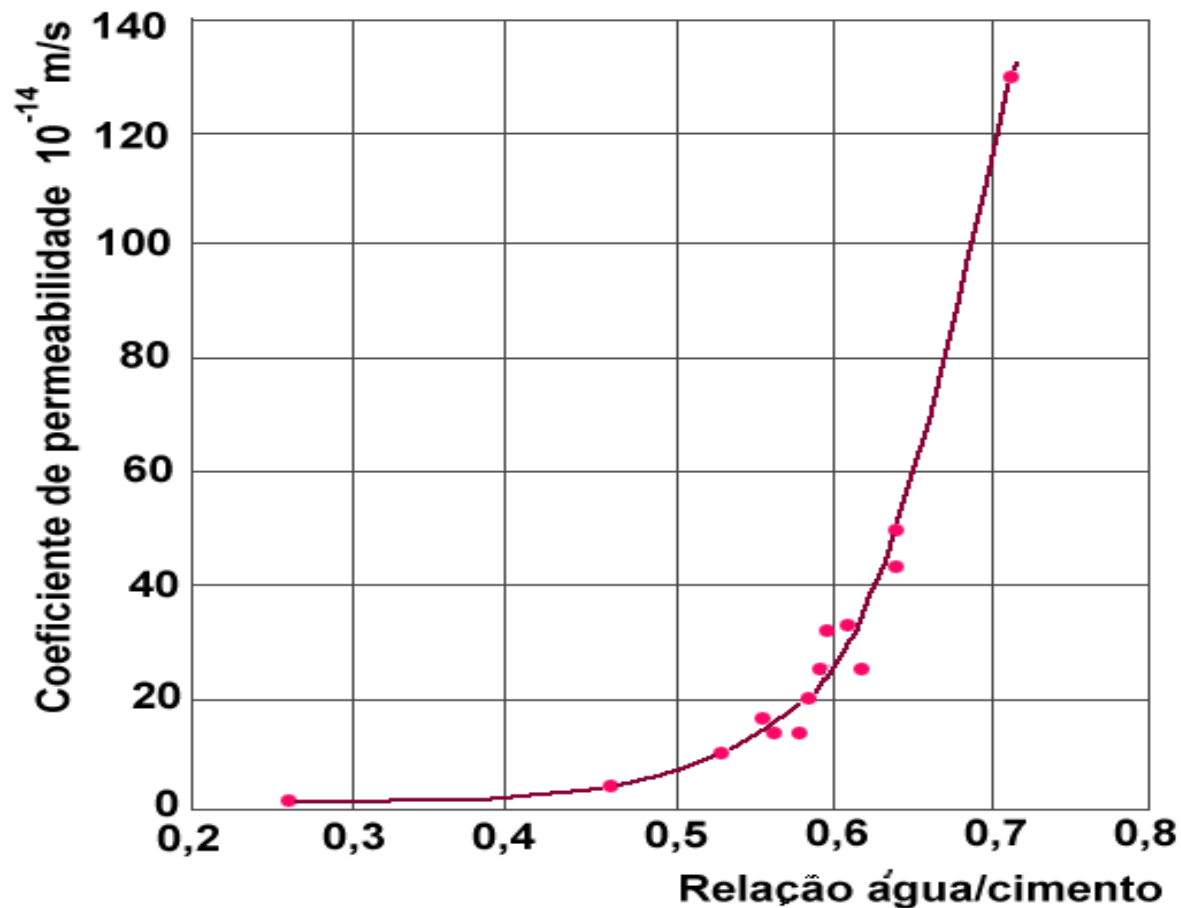


Apoio

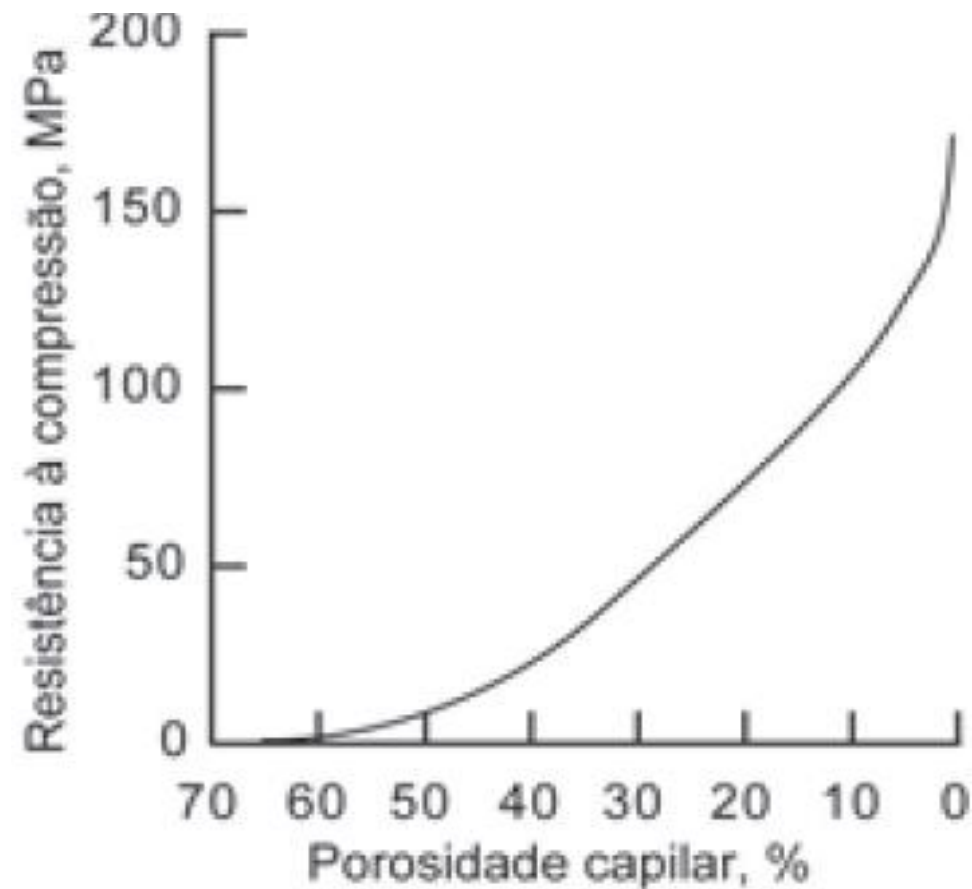


# RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

## Relação a/c x Permeabilidade



## Relação a/c x Porosidade



Realização

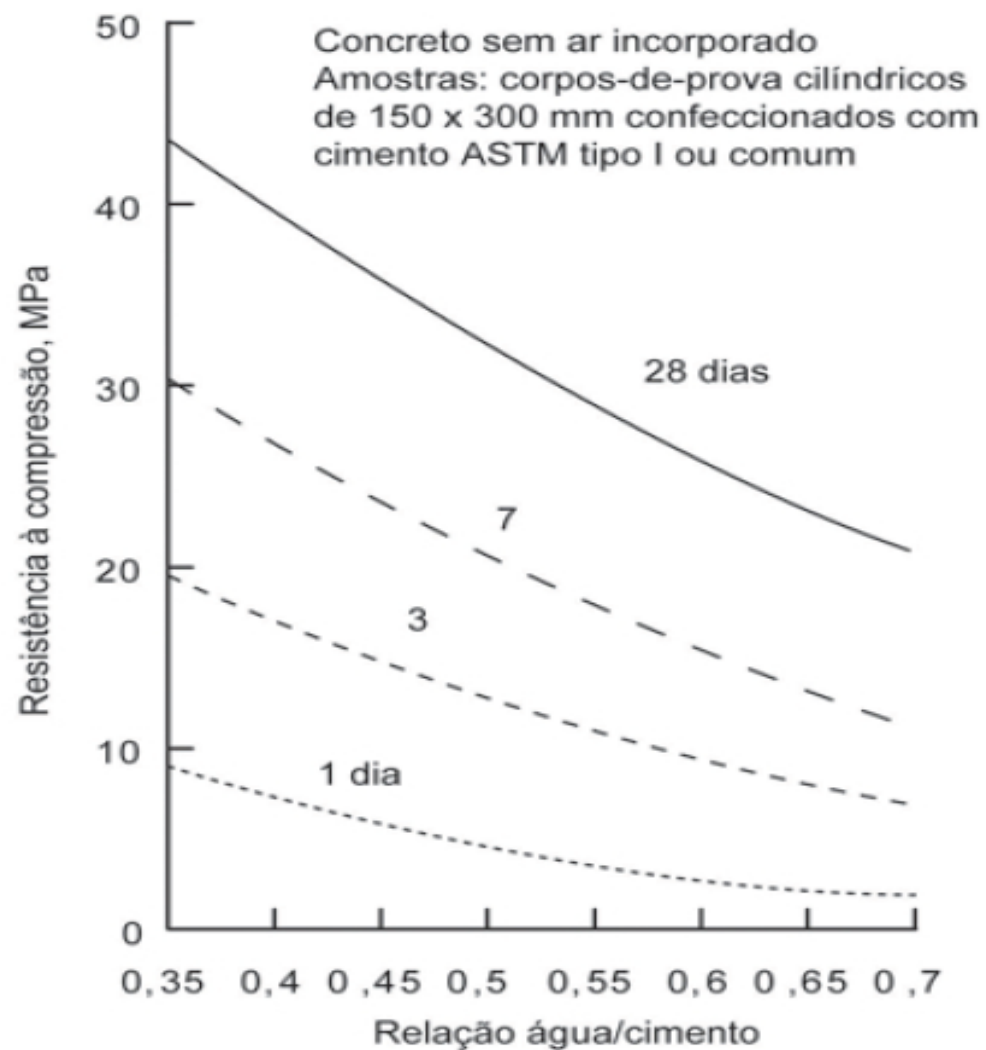


Apoio



# RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência do concreto evolui conforme a idade



Realização

Associação Brasileira de Cimento Portland

SNIC  
SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

CONCRETE SHOW  
A TEMA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

**É a propriedade mais referenciada do concreto e é obtida através do ensaio de corpos de prova cilíndricos de dimensões 2:1, ou seja, a altura o dobro do diâmetro. Ela é obtida através da norma da ABNT NBR 5739.**

**Temos que nos a ter os seguintes cuidados para que não tenhamos resultados falsos que podem comprometer o elemento concretado:**

- **Geometria e dimensões dos corpos de prova;**
- **Grau de compactação (moldagem);**
- **Manuseio dos corpos de prova (desforma e transporte);**
- **Cura dos corpos de prova concreto;**
- **Distribuição de tensões (capeamento, retifica, etc.);**
- **Velocidade de aplicação de carga ( $0,45 \pm 0,15$  MPa/s).**



Realização

Apoio

# RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO



**Câmara úmida  
ou**



**Tanque de água**



**Retifica**

ou



**Capecamento**



**Ensaio de compressão**

Realização

 Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO

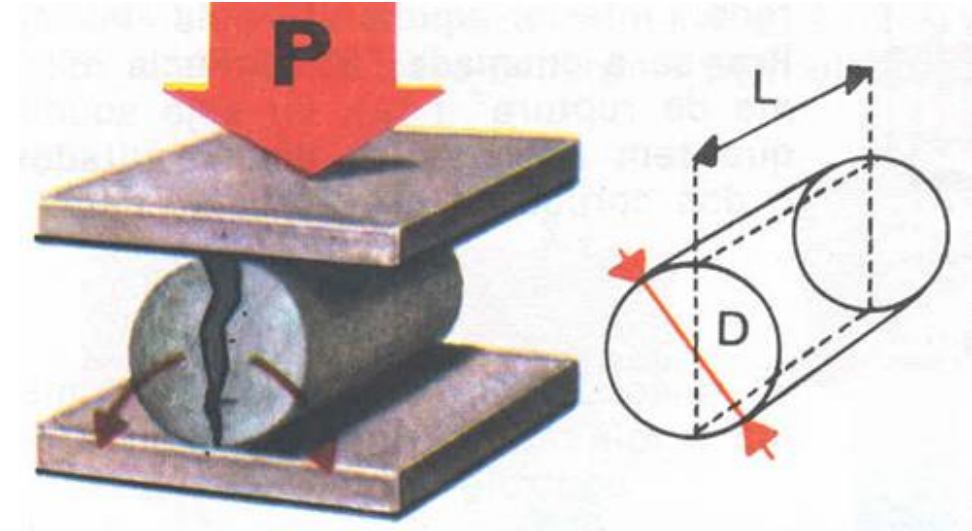
Apoio

 **CONCRETE SHOW**  
A TERA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

# RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMENTRAL

**ABNT NBR 7222:2011**

$$f_{t,D} = \frac{2.P}{\pi.d.L}$$



**P = carga máxima aplicada, kN**  
**d = diâmetro do corpo-de-prova, mm**  
**L = altura do corpo-de-prova, mm**

Realização

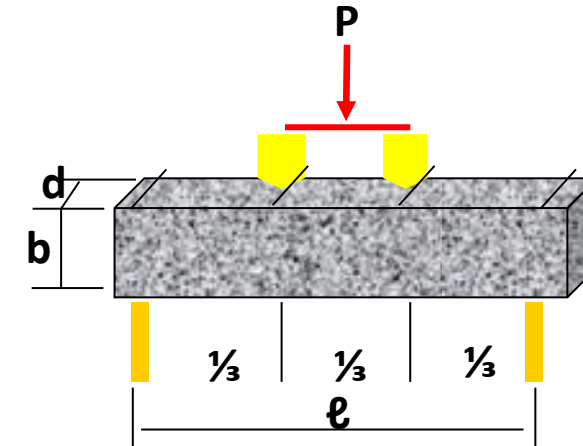


Apoio



# RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

**ABNT NBR 12142:2010**



$$f_{ctM} = \frac{pl}{bd^2}$$

**P = carga máxima aplicada, N**

**ℓ = distância entre apoios, mm**

**d = largura média na seção de ruptura, mm**

**b = altura média na seção de ruptura, mm**

Realização

 Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

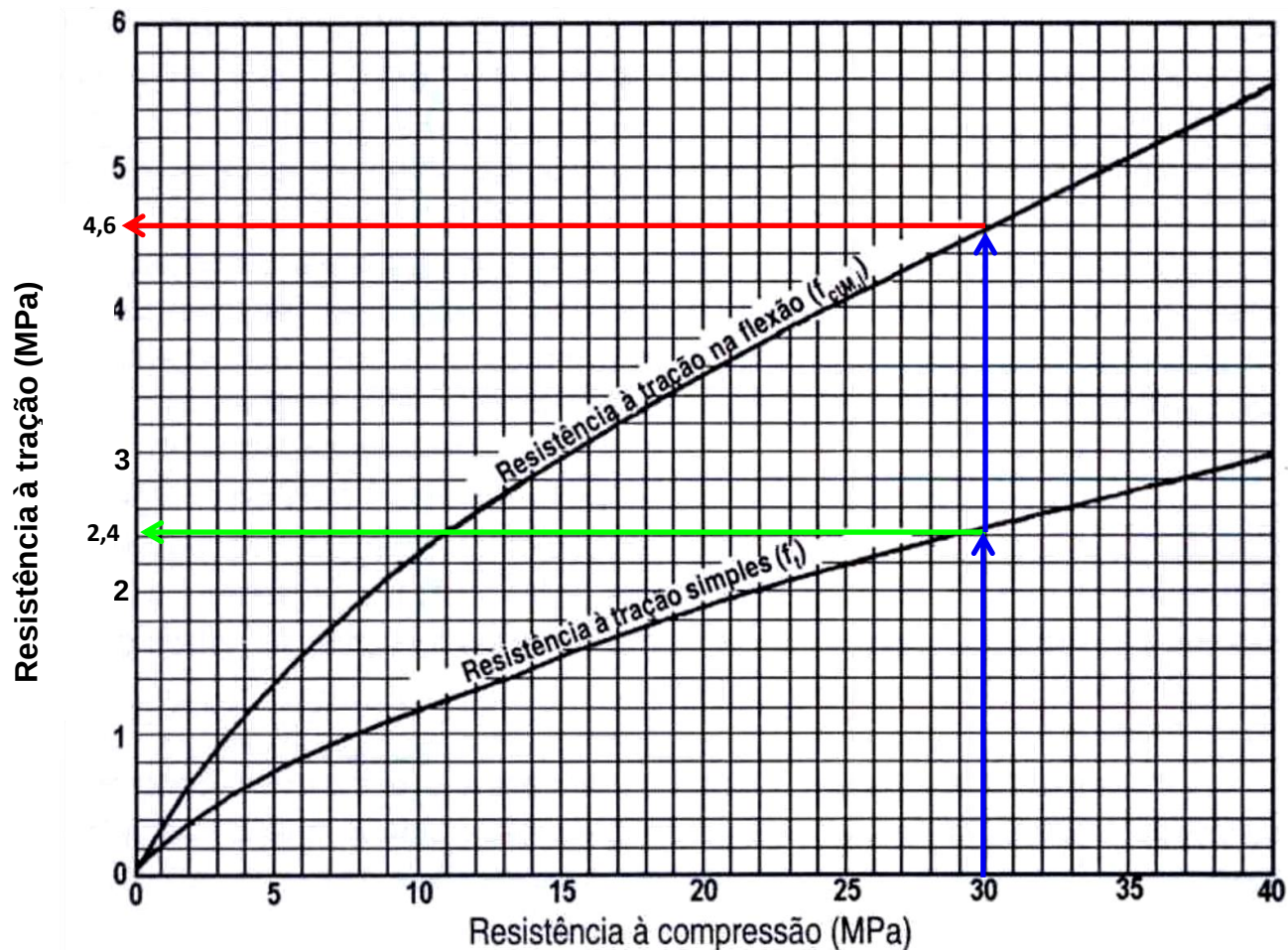
 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 **CONCRETE SHOW**  
A TERA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

# CORRELAÇÕES ENTRE AS RESISTÊNCIAS DE COMPRESSÃO x TRAÇÃO

## Correlação resistência à compressão x tração



Equação para definir a resistência a tração na flexão a partir da resistência à compressão

$$f_{ctm,j} = 0,56 \times (f_{cj})^{0,6}$$

# MÓDULO DE DEFORMAÇÃO

É a relação entre a tensão aplicada e a deformação correspondente e depende de:

- Rigidez do agregado;
- Teor de agregado na mistura;
- Resistência do concreto;
- Zona de transição;

## ABNT NBR 8522

$E_{ci}$  = Módulo de elasticidade tangente inicial

$E_{cs}$  = Módulo de deformação secante



$$E_{ci} \text{ ou } E_{cs} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \times 10^{-3}$$

Realização



Apoio



## MÓDULO DE DEFORMAÇÃO

**São dois os tipos de carregamentos para determinação dos módulos de deformação, segundo o que estabelece a ABNT NBR 8522:2017, simulando a estrutura em diferentes situações (planos de carga):**

| MÓDULO                          | DIAGRAMA TENSÃO X DEFORMAÇÃO                                        | APLICAÇÃO                                                                         |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| TANGENTE ( $E_{ci}$ )           | Não se aplica                                                       | Utilizado para caracterizar a deformação elástica do concreto,                    |
| DEFORMAÇÃO SECANTE ( $E_{cs}$ ) | É usado para a avaliação do comportamento de elementos estruturais. | Quando há interesse na simulação de uma estrutura cuja carga permanente prevalece |

Realização



Apoio



## MODULO TANGENTE INICIAL ( $E_{ci}$ )

Quando não forem realizados ensaios pela ABNT NBR 8522, pode-se estimar o módulo tangente inicial pelas expressões:

$$E_{ci} = \alpha_e \times 5600 \sqrt{f_{ck}} \longrightarrow \text{Para } f_{ck} \text{ de 20 a 50 MPa}$$

$$E_{ci} = 21,5 \times 10^{-3} \times \alpha_e \times \left( \frac{f_{ck}}{10} \times 1,25 \right)^{1/3} \longrightarrow \text{Para } f_{ck} \text{ de 55 a 90 MPa}$$

sendo:

$\alpha_e = 1,2$  para basalto e diabásio

$\alpha_e = 1,0$  para granito e gnaiss

$\alpha_e = 0,7$  para arenito para basalto e diabásio

ABNT NBR 6118

## MÓDULO SECANTE INICIAL ( $E_{cs}$ )

Quando não forem realizados ensaios pela ABNT NBR 8522, pode-se estimar o módulo de deformação secante pela expressão:

$$E_{cs} = \alpha_i \times E_{ci}$$

A tabela a seguir expressa os valores estimados arredondados que pode ser usados nos projetos estruturais, considerando-se o agregado de origem granítica como agregado graúdo

| Classe de resistência | C20  | C25  | C30  | C35  | C40  | C45  | C50  | C60  | C70  | C80  | C90  |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $E_{ci}$ (Gpa)        | 25   | 28   | 31   | 33   | 35   | 38   | 40   | 42   | 43   | 45   | 47   |
| $E_{cs}$ (Gpa)        | 21   | 24   | 27   | 29   | 32   | 34   | 37   | 40   | 42   | 45   | 47   |
| $\alpha_i$            | 0,85 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |

# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

- Por retração
- Por ação de cargas
- Por ação de temperatura
- Por ação de umidade

**Instantâneas  
ou lentas**

**Reversíveis  
ou irreversíveis**

Realização

Apoio

# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## CONTROLE DAS DEFORMAÇÕES PARA CARGAS DE SERVIÇO

- **No projeto**
  - **Consideração e especificação do módulo de deformação final**
    - Etapas críticas: deforma, retirada do escoramento.
  - **Nível de carregamento do concreto**

Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

**As deformações são intrínsecas ao concreto se manifestando através de fissuras que podem acontecer por:**

- **Retração química através da hidratação do cimento;**
- **Deformações térmicas por calor de hidratação;**
- **Por ação de cargas de serviços:**
  - **Deformações instantâneas (elásticas e plásticas);**
  - **Deformação lenta ou por fluência que é a crescente deformação que o concreto sofre quando submetido a um carregamento externo, constante, durante um período de tempo. Essa deformação é maior no início e tende a a um valor limite num intervalo de tempo infinito. Ela é parcialmente reversível, caso a carga seja removida;**

Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## DEFORMAÇÃO SOB CARGA (reversível e irreversível)

O concreto como toda matéria sólida, se deforma sob carga e que aumenta com o decorrer do tempo.



As deformações elásticas são instantâneas e reversíveis.



As deformações obtidas lentamente são permanentes e irreversíveis.

# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

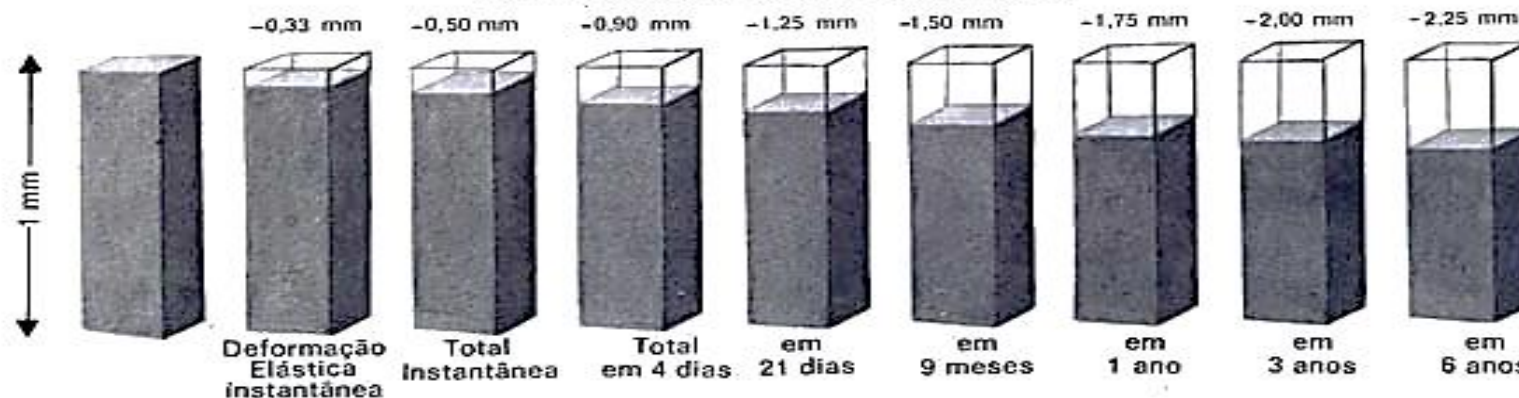
## FLUÊNCIA

É a deformação plástica irreversível, que se superpõe a deformação elástica reversível e é semelhante a deformação do chumbo ou do asfalto.

Ela se faz por uma deformação lenta que cresce com o decorrer do tempo quando a carga é mantida, podendo ocasionar o colapso.



Vejamos abaixo o exemplo de um concreto dosado com 350 kg de cimento/metro cúbico de concreto e carregado aos 7 dias com carga de trabalho de 100 kg/cm<sup>2</sup>, em compressão, conservado no ar seco a 50% de umidade.



A deformação lenta, sob carga é muito demorada depois de 6 anos, mas é atualmente impossível dizer se ela tenderá para um limite. Certos ensaios mostram uma permanência da deformação lenta depois de 20 anos de ensaio, é extremamente fraca e tem mais importância teórica do que prática.

# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## EFEITO DA DEFORMAÇÃO POR FLUÊNCIA



Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## FATORES QUE AFETAM A RETRAÇÃO POR SECAGEM E FLUÊNCIA

- **Materiais e dosagem do concreto**
  - Pasta (a/c, consumo e tipo de cimento kg/m<sup>3</sup>)
  - Módulo de deformação do concreto/agregado
- **Idade do concreto**
- **Geometria do elemento estrutural**
- **Condições ambientais, aumento de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar**
- **Por ações ambientais**
  - Retração por secagem
  - Retração por carbonatação
  - Movimentações cíclicas térmicas e higroscópicas (reversíveis)

Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## RETRAÇÃO POR CARBONATAÇÃO

- Resulta da reação entre o  $\text{CO}_2$  da atmosfera e os hidratados do cimento  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- O  $\text{CO}_2$  reage inicialmente na superfície da camada de concreto e diminui o pH da solução dos poros para valores inferior a 9. Progressivamente, o fenômeno pode alcançar as armaduras, que perdem a proteção (despassivação), ficando sujeitas à corrosão
- O uso de concreto impermeável, com baixa relação a/c e com cobrimento adequado das armaduras constituem medidas que reduzem o risco de corrosão
- Quanto maior a relação a/c, maior é a velocidade de carbonatação.

Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## CONCRETO CARBONATADO



**Região de cor  
violeta região  
não carbonatada.**

**Profundidade de carbonatação**

Realização

 Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO

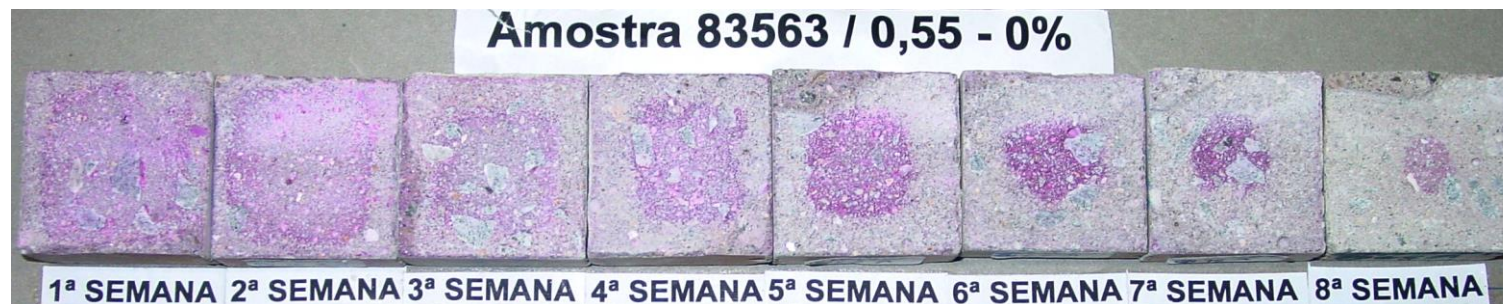
Apoio

 **CONCRETE SHOW**  
A TERA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## CARBONATAÇÃO

- Evolução da carbonatação com o decorrer do tempo



Realização



Apoio



# DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

## CÂMARA DE CARBONATAÇÃO



Realização

 Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

 **SNIC**  
SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO

Apoio

 **CONCRETE SHOW**  
A TERA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

OBRIGADO!

*[rubens.curti@abcp.org.br](mailto:rubens.curti@abcp.org.br)*



Fique ligado  
no Canal

ABCP<sub>on</sub>  
LINE

Em breve mais  
eventos on line.  
Acompanhe em  
nossas Redes Sociais.



INDIQUE PARA UM AMIGO

#abcponline | @abcpcimento | [www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br) | [cursos@abcp.org.br](mailto:cursos@abcp.org.br)