



MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO II

TECNOLOGIA DA ARGAMASSA E DO CONCRETO

- Definição de concreto hidráulico e de argamassa. Componentes; indicação das proporções dos componentes.
- Requisitos gerais de um concreto: qualidades dos componentes e proporção na mistura. Fator água/cimento.
- Dosagem. Métodos. Execução. Prática.

Trabalhabilidade

“Energia necessária para manipular o concreto fresco sem perda considerável da homogeneidade”, ASTM C 125-93.

“Facilidade e homogeneidade com que o concreto fresco pode ser manipulado desde a mistura até o acabamento”, ACI 116R-90

Fluidez: facilidade de mobilidade;

Coesão: resistência à segregação e exsudação.

Fatores que afetam a
Trabalhabilidade

Consumo de água

Agregados

Consumo de cimento

Fator água/cimento

Relação agregado/cimento

Adições e aditivos

Trabalhabilidade: acabamento final



Trabalhabilidade: lançamento e adensamento

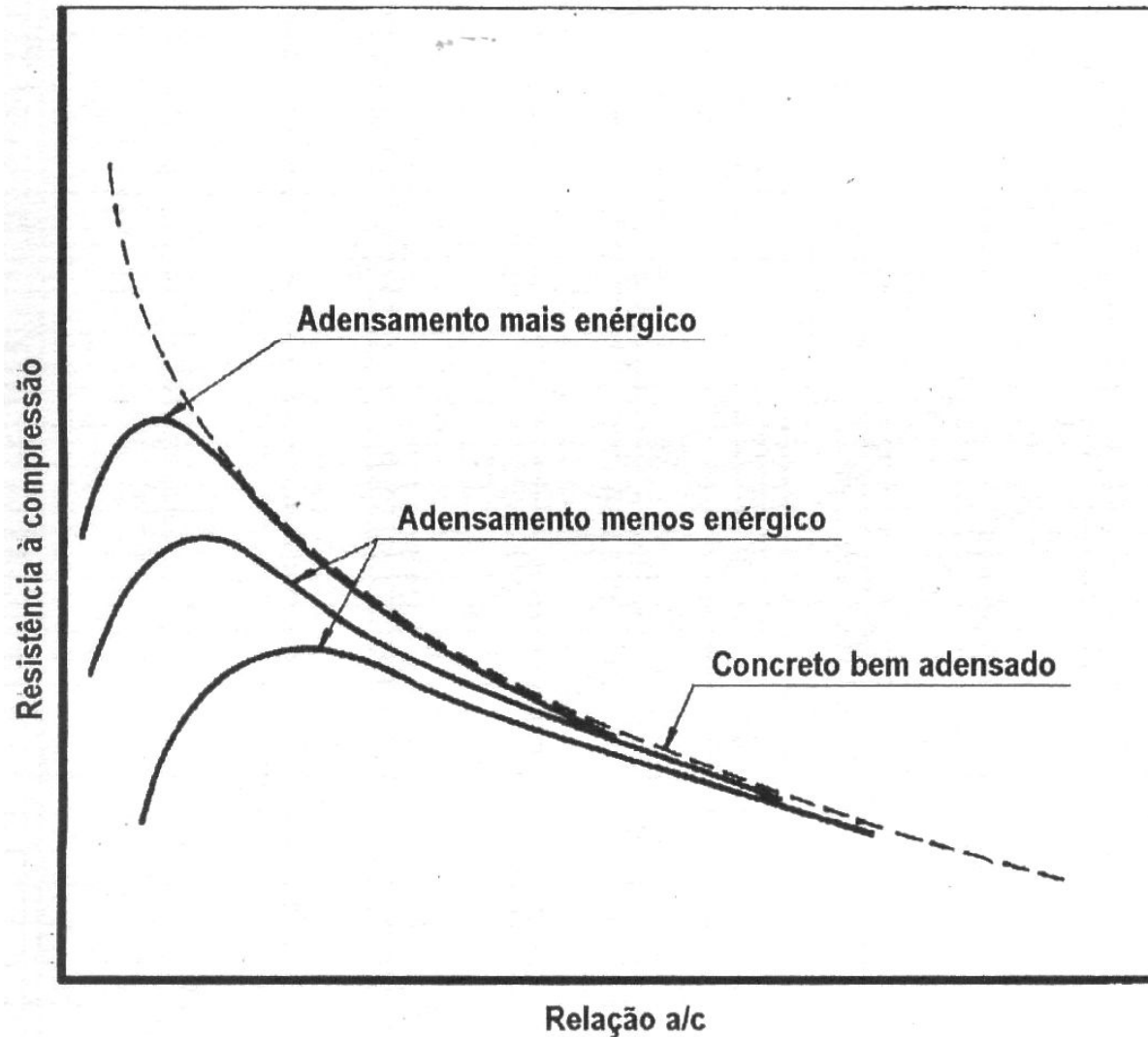


Bombeamento



Adensamento mecânico

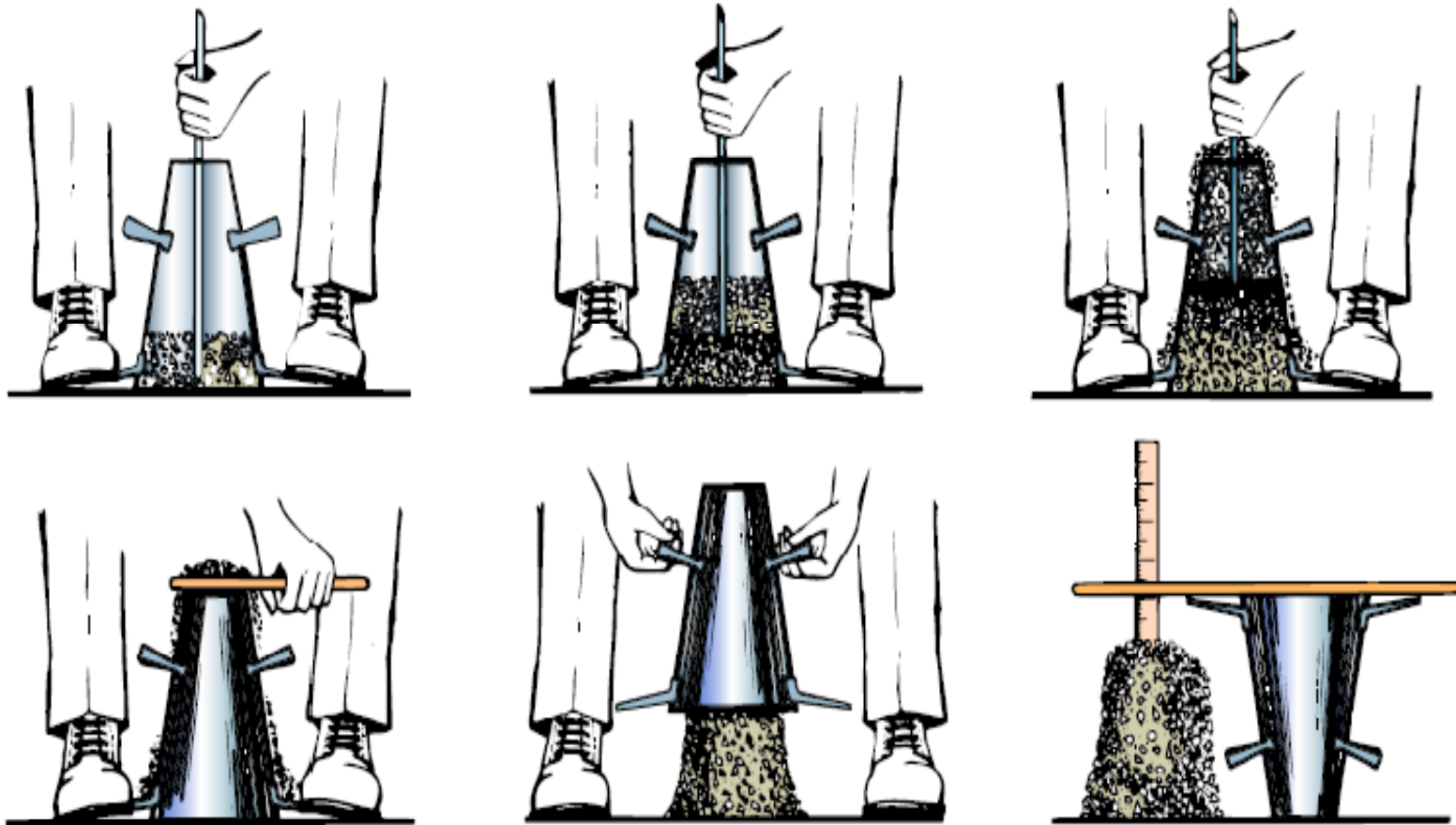
Adensamento X Fator a/c X Resistência



Trabalhabilidade: *Slump Test*

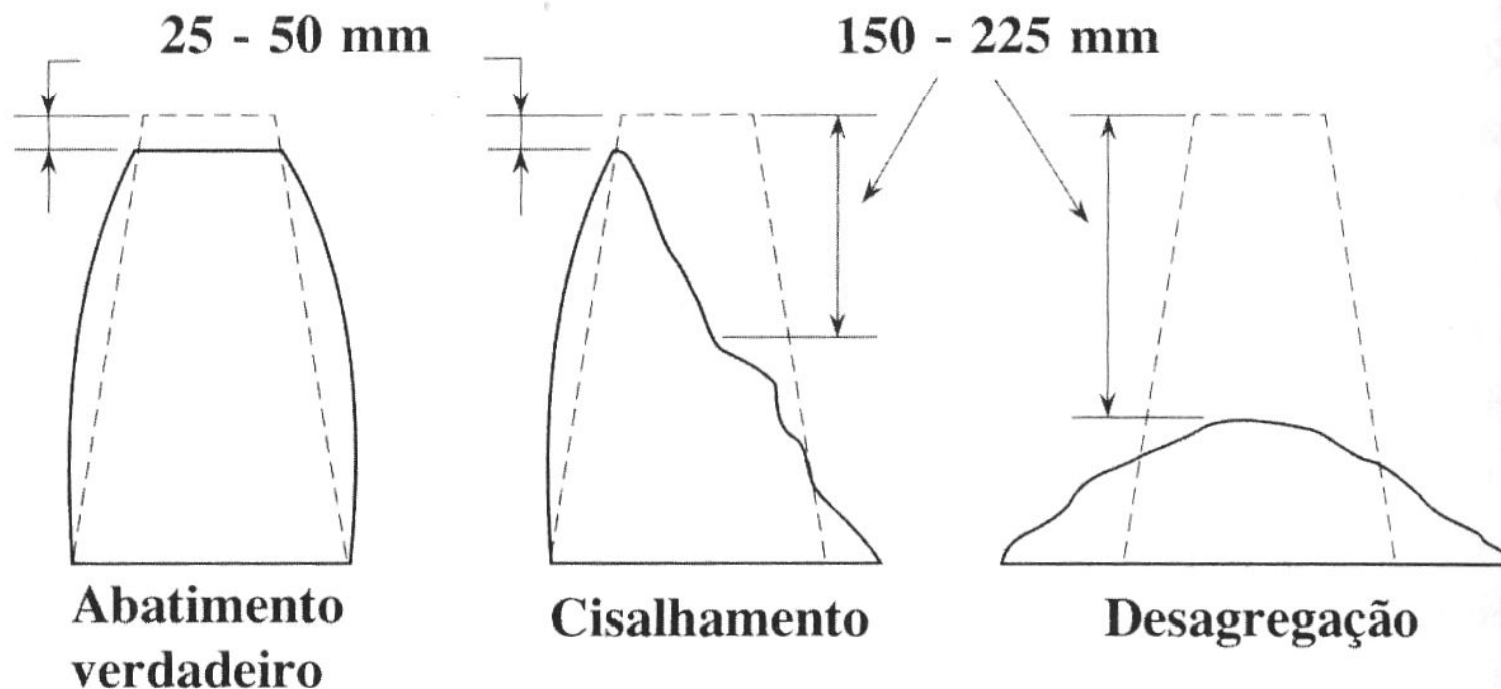
NBR NM 67:1998

Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone



Trabalhabilidade: *Slump Test*

Caso durante o ensaio, o tronco de cone cisalhar, ao invés de apenas sofrer abatimento, pode indicar falta de coesão,



Consistência requerida: *Slump Test*

Escolha da consistência do concreto em função do tipo de elemento estrutural, para adensamento mecânico.

Elemento estrutural	Abatimento (mm)	
	Pouco armada	Muito armada
Laje	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$
Viga e parede armada	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
Pilar do edifício	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
Paredes de fundação, sapatas, tubulões	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$

Concreto bombeado: abatimento entre 70 e 100mm, no máximo.

Consistência requerida: *Slump Test*

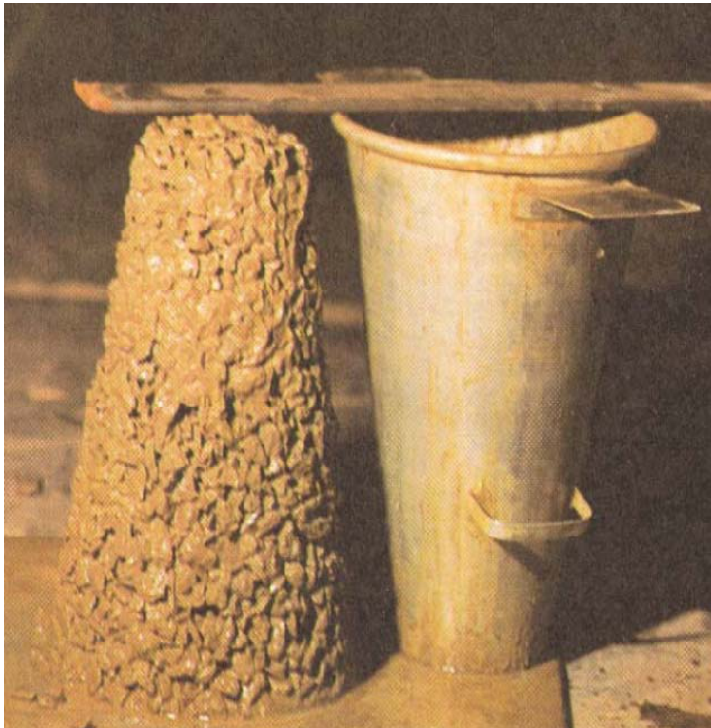
Escolha da consistência do concreto em função do tipo de elemento estrutural segundo o ACI:

Tipos de construção	Abatimento (mm)	
	Máximo*	Mínimo
Paredes de fundações armadas e sapatas	75	25
Sapatas não armadas, caixões e paredes da vedação	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifício	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Concreto massa	50	25

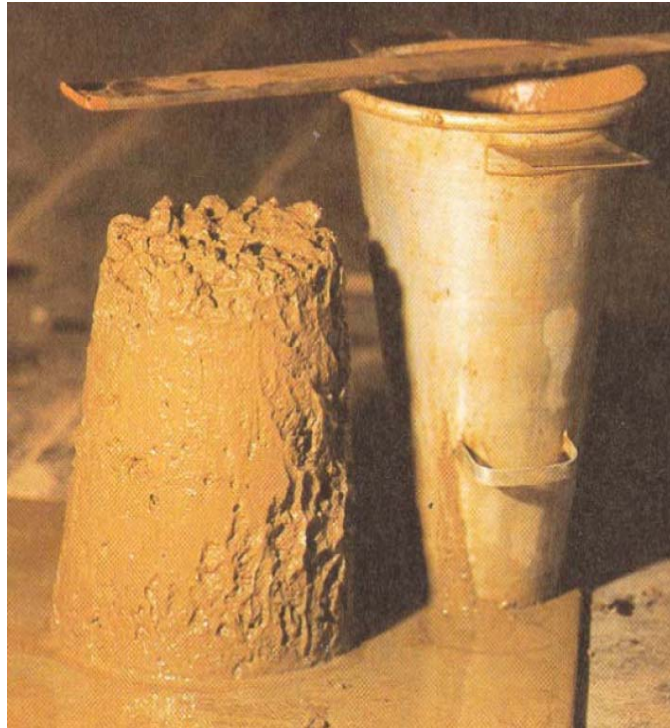
* Pode ser aumentada em 25 mm com o uso de métodos de consolidação que não a vibração.

Slump Test: teor de areia

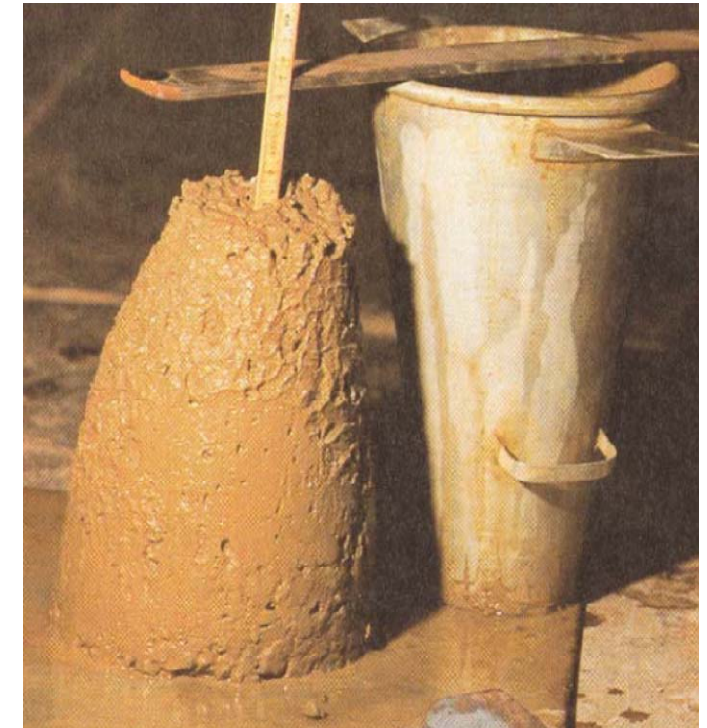
Acréscimo de areia + cimento + água



superfície áspera,
cheia de vazios



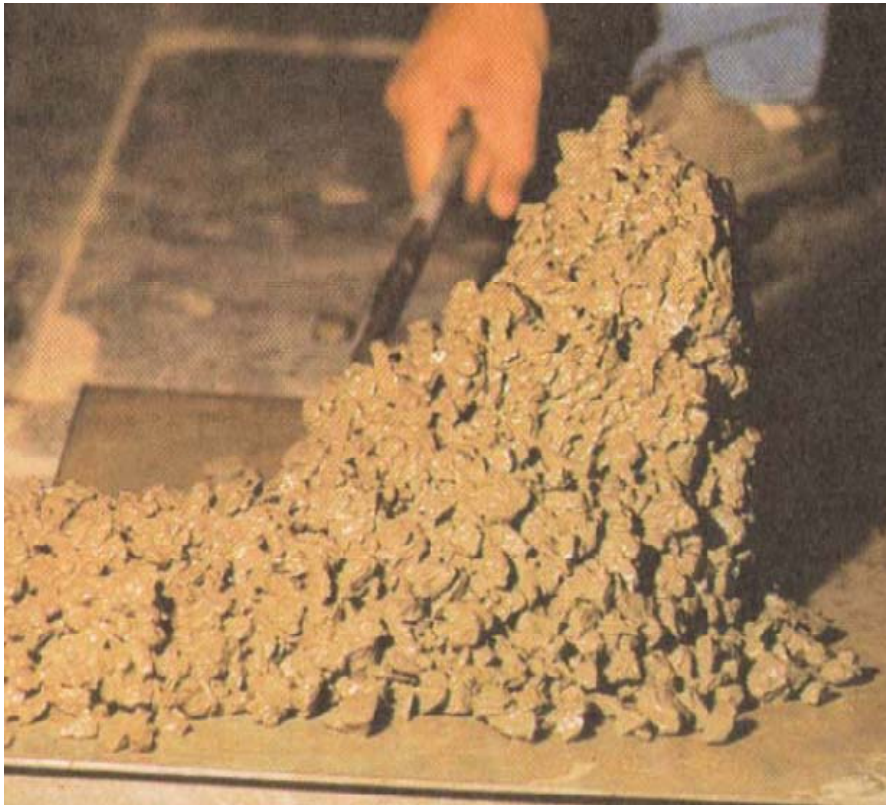
ainda vazios na
superfície



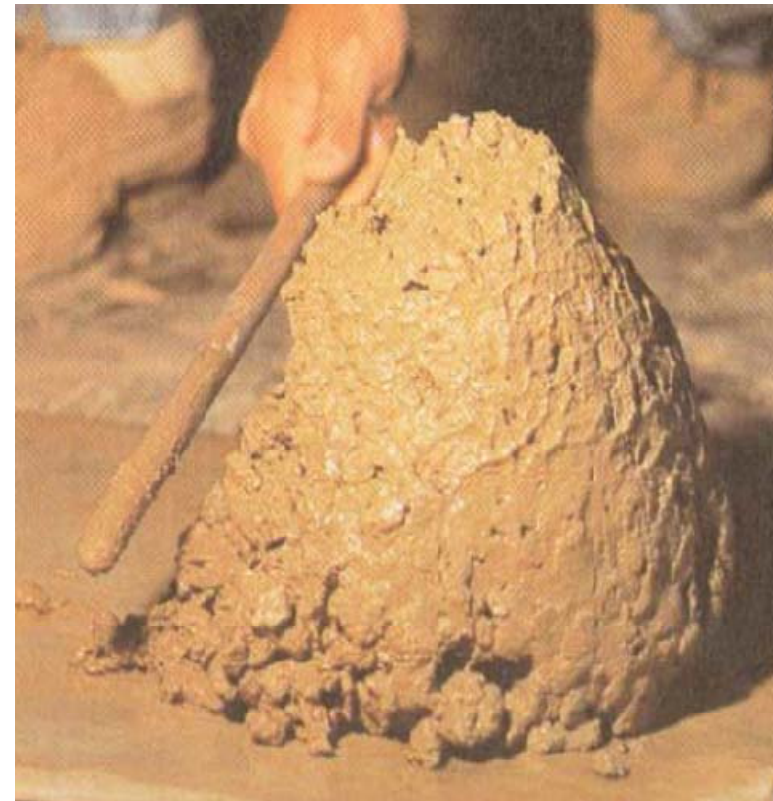
superfície com textura
lisa e compacta

Trabalhabilidade: Coesão

Acréscimo de areia + cimento + água



Desprendimento de agregado graúdo



Concreto coeso, sem desprendimento de agregado graúdo mesmo após impactos laterais

7 Ensaio de controle de aceitação

7.1 Ensaio de consistência

Devem ser realizados ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme a NBR 7223, ou pelo espalhamento do tronco de cone, conforme a NBR 9606.

7.1.1 Para o concreto preparado pelo executante da obra (ver 4.3.1), devem ser realizados ensaios de consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) na primeira amassada do dia;
- b) ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
- c) na troca dos operadores;
- d) cada vez que forem moldados corpos-de-prova.

7.1.2 Para o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem (ver 4.3.2), devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada.

Fator água/cimento

Correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e a durabilidade:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

NOTAS

1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fator água/cimento

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fator água/cimento

Exigências para o fator a/c em função da exposição do concreto aos **sulfatos**:

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel no solo (SO ₄) % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	a/c _{máximo}	f _{ck} , mínimo (agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	--	--
Moderada**	0,10 a 0,20	150 a 1 500	0,50	35
Severa***	Acima de 0,20	Acima de 1500	0,45	40

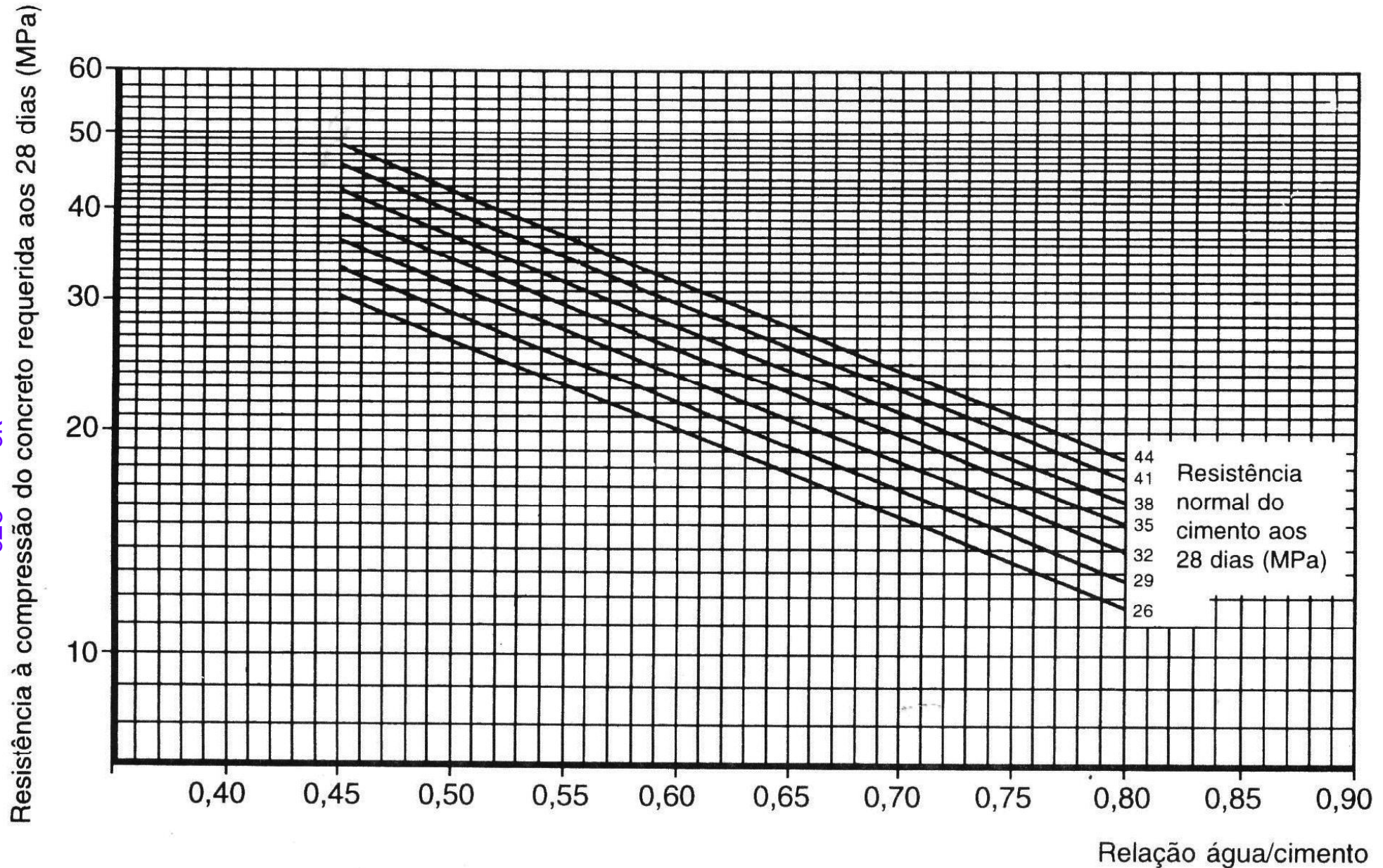
*Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

**Água do mar.

***Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos (NBR 5737).

Escolha do fator água/cimento: Curva de Abrams

$$f_{c28} \cong f_{ck} + 6,6 \text{ MPa}$$



Dimensão máxima característica do agregado

D_{MAX} – Dimensão máxima característica do agregado

- NBR 6118:2003:

- $\leq 1,2$ espessura nominal do cobrimento (item 7.4.7.6).
- $\leq a_h \div 1,2$ (item 18.3.2.2)
- $\leq a_v \div 0,5$ (espaçamento entre faces das armaduras)

- ACI:

- $\leq 1/5$ da menor dimensão entre as faces da forma;
- $\leq 1/3$ da espessura das lajes;
- $\leq 3/4$ do espaço livre entre armaduras.

Dimensão máxima característica do agregado

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

7.4.7.7 No caso de elementos estruturais pré-fabricados, os valores relativos ao cobrimento das armaduras (tabela 7.2) devem seguir o disposto na NBR 9062.

Método ABCP (ACI 211)

- Desenvolvido de maneira a fornecer, para misturas plásticas, o mais baixo teor de areia:
 - Custo
 - Facilidade na verificação da consistência
- Correção do traço:
 - Adicionar areia, cimento e água, na mesma proporção do traço inicial;
 - Desta forma, o teor de areia no agregado total irá aumentar e todas as outras características do traço manter-se-ão constantes.
- Exsudação:
 - Falta de finos na mistura \Rightarrow areia média à grossa.
- Abatimento:
 - Consumo de água.

Consumo de Água

CORREÇÃO DE POPOVICS (1968)

Determinação experimental do consumo de água pelo abatimento:

$$C_{ar} = C_{ai} \left(\frac{a_r}{a_i} \right)^{0,1}$$

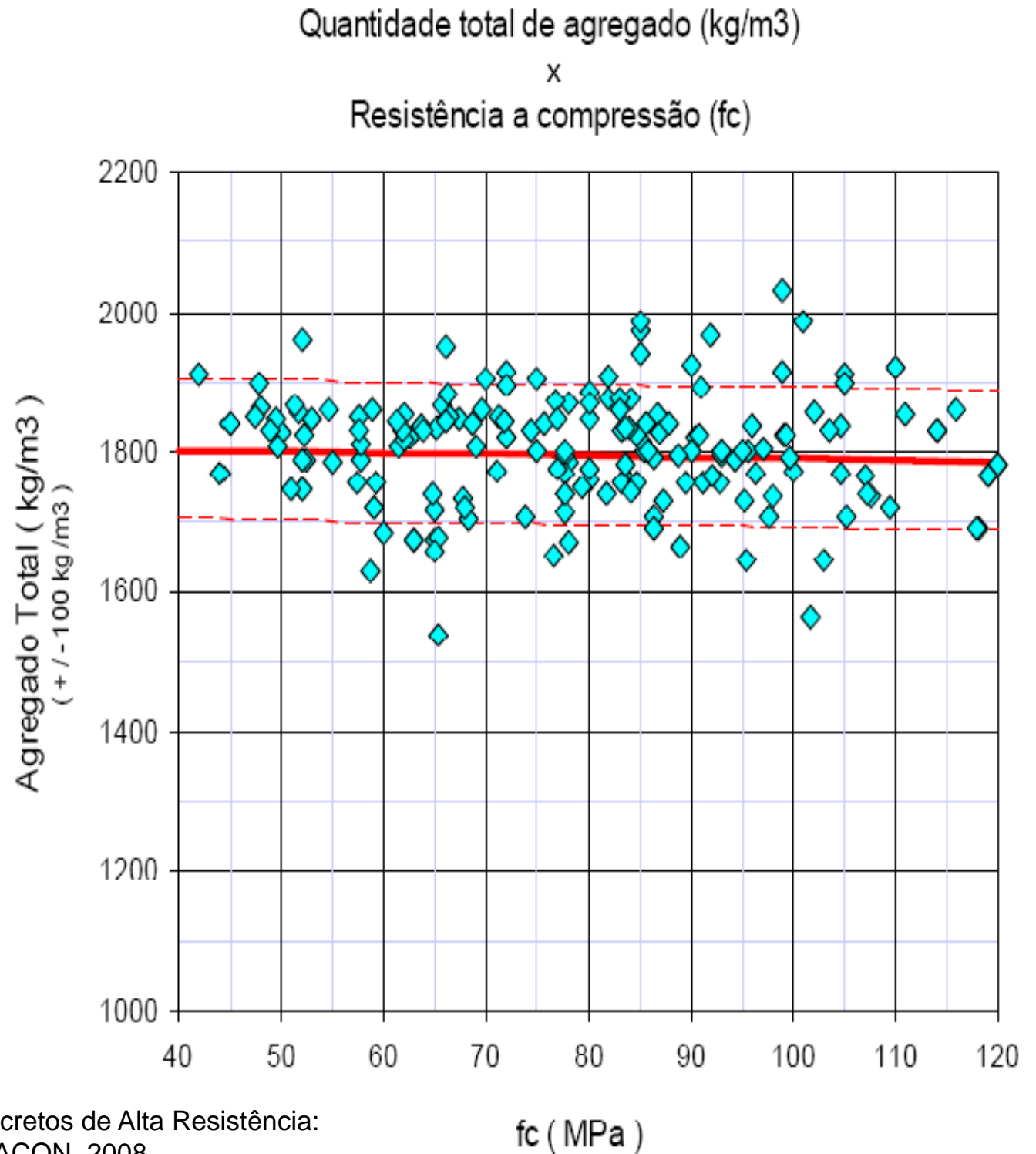
C_{ar} = consumo de água requerida

C_{ai} = consumo de água inicial

a_r = abatimento requerido

a_i = abatimento inicial

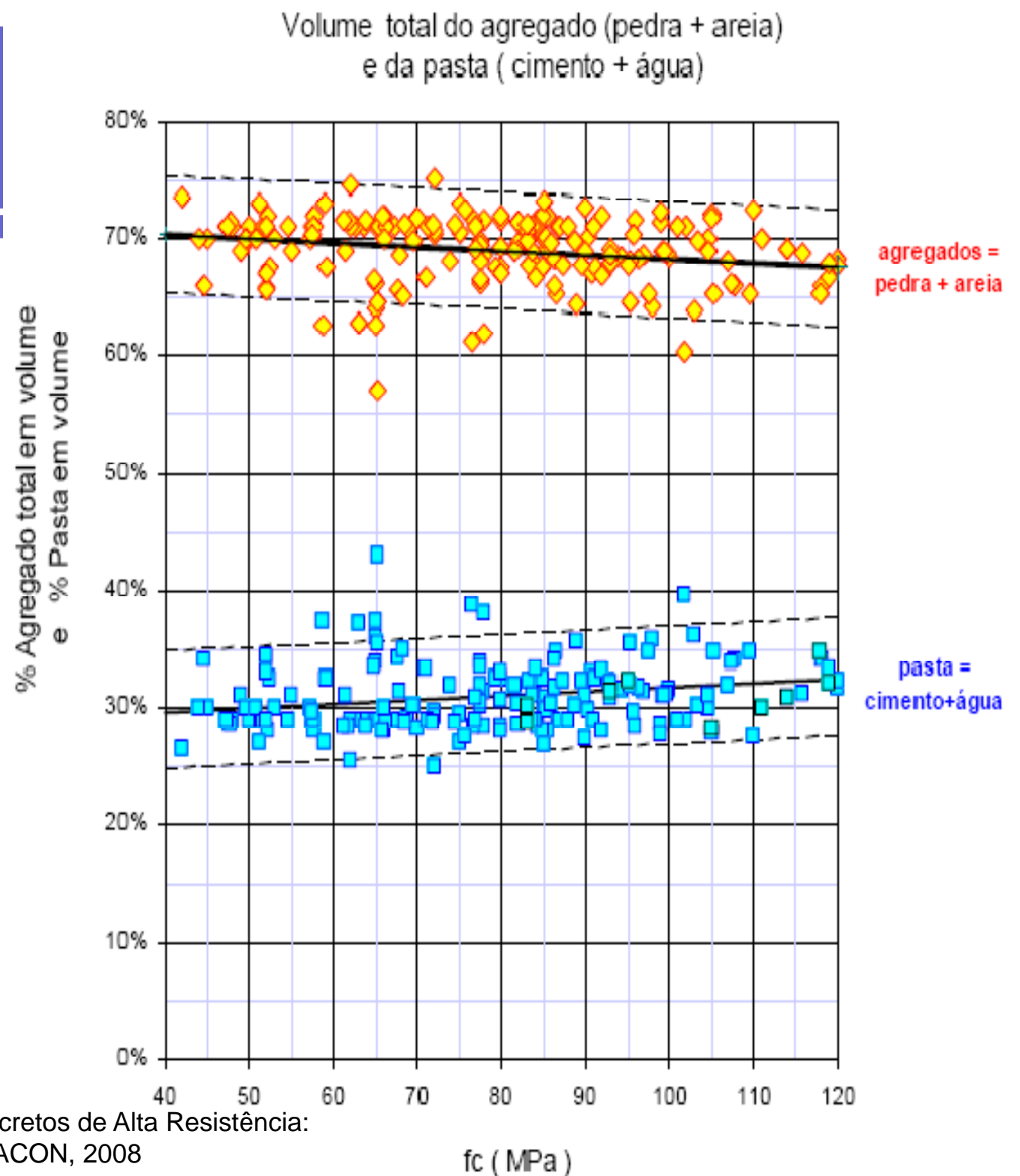
Peso do Agregado Total:
1800 kg/m³



Relação Agregado - Pasta:

70% - 30%

(em volume)



Relação Agregado Graúdo/Miúdo

1,3 a 1,9

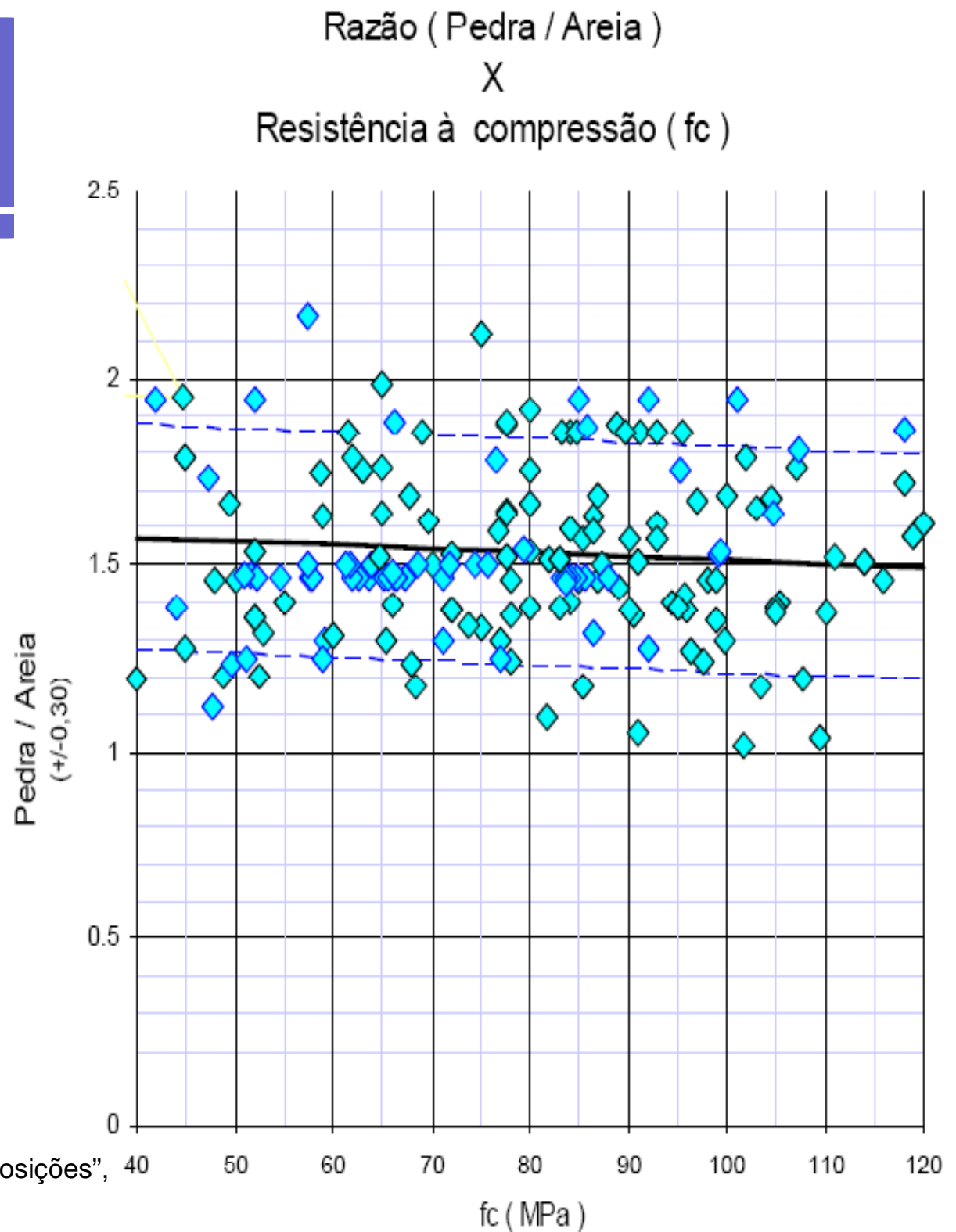
1,5 em média

(em peso)

Ref: Thomaz, E. C. S., Carneiro, L. A. V.,

“Concretos de Alta Resistência: Tendências sobre Composições”,

Revista IBRACON, 2008



Granulometria no Concreto

Granulometria ótima:

Para uma mesma consistência e mesma relação água/cimento, corresponde a um consumo mínimo de cimento.

⇒ inicialmente supunha-se que seria a correspondente a um mínimo de vazios do agregado, ou máximo de compacidade;

⇒ posteriormente verificou-se que a granulometria contínua é a que conduz a concretos mais trabalháveis:

Granulometria ótima \equiv granulometria contínua

Lobo Carneiro (1953): cimento como material fino da granulometria:

- A granulometria ótima varia com a proporção cimento/agregado;
- Deve-se utilizar a menor porcentagem de finos possível.