

Laboratório de
Materiais de
Construção Civil

Departamento Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
DECIV/EM/UFOP

11ª AULA PRÁTICA

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO I - CIV 237

Concreto

Aluno:

Prof.: Ricardo Fiorotti
Téc. Responsável: Júnio Batista

Roteiro de Materiais de Construção
Elaborado junto ao Departamento de
Engenharia Civil da UFOP

Ouro Preto- MG
2015

11. CONCRETO

11.1. CONSUMO DOS MATERIAIS

Traço - expressão da composição do concreto, indicada pelas proporções dos materiais constituintes, em massa, em relação à unidade do cimento.

Expressão do traço - 1: a: b: x

Onde:

a corresponde à quantidade em massa do agregado miúdo;

b corresponde à quantidade em massa do agregado graúdo;

x corresponde à quantidade de água.

É importante conhecer o consumo de cada material para fins de aquisição e determinação dos custos.

Admite-se desprezível o volume de vazios do concreto fresco e adensado; logo, o volume do concreto é a somatória dos volumes de sólidos dos materiais que o constituem, mais o volume da água.

$$V_{conc} = V_{cim} + V_{areia} + V_{brita} + V_{água}$$

Onde o volume do cimento, areia e brita é a relação entre a massa seca e a massa específica de cada material.

Para o metro cúbico de concreto (1000 dm³), a contribuição dos materiais constituintes é:

$$\frac{M_c}{\rho_c} + \frac{aM_c}{\rho_a} + \frac{bM_c}{\rho_p} + \frac{xM_c}{\rho_{ag}} = 1000$$

Onde M e ρ representam respectivamente massa e massa específica de cada material. O consumo de cimento por m³ de concreto é:

$$M_c = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{a}{\rho_a} + \frac{b}{\rho_b} + x} \text{ (Kg)}$$

11.2. MEDIÇÃO DOS MATERIAIS

Em massa - utilizada em laboratório, nas centrais de concreto e em canteiros que dispõem de equipamento com balança;

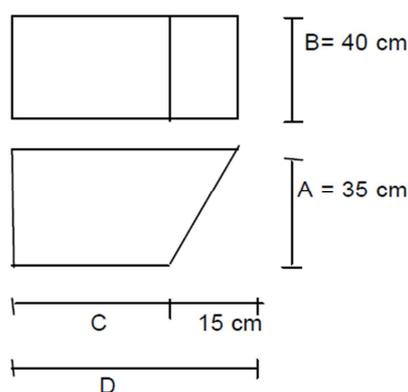
Em volume - utilizada em obras que não dispõem de equipamento com balança.

Sempre que os agregados estiverem úmidos, é necessário fazer a correção de suas quantidades quer em massa ou em volume, para que o traço permaneça inalterado. Deve-se corrigir também a quantidade de água a ser medida em função da quantidade contida nos agregados.

Para medição dos materiais em volume é preciso utilizar caixas ou padiolas adequadas, observando-se:

- Utilizar número inteiro de caixas para cada material;
- O número de caixas é determinado considerando massa de 70 kg de agregado como valor máximo de referência para cada caixa;
- O volume de cada caixa é função do número de caixas para cada material;
- As dimensões e forma das caixas devem conduzir a maior produtividade; neste caso, sugere-se uma caixa de seção trapezoidal, conforme indicado:

Padiola para medida do agregado em volume



Para A = 35 cm e B = 40 cm

$$C = \frac{V_{pad}}{1,4} - 7,5$$

V_{pad} em dm^3 e C em cm.

11.3. METODOS DE DOSAGEM

Dosagem de concreto corresponde à determinação da proporção com que cada material entra na composição do concreto.

Método de dosagem corresponde ao procedimento adotado para determinação do traço de concreto, com o objetivo de atender às características essenciais que se espera do concreto no estado fresco e durante sua vida útil. São levadas em consideração as condições de preparo, de aplicação, de exposição e as especificações do projeto.

11.4. MISTURAS EXPERIMENTAIS

A mistura experimental é realizada em laboratório para ajustar o traço, ou seja, a fim de adequar a quantidade de água e a proporção entre os agregados, calculadas através do método de dosagem. Pode também ser tomada como ponto de partida quando o responsável técnico tiver larga experiência.

Na mistura experimental verifica-se visualmente a coesão do concreto e mede-se sua consistência através do teste do Slump.

A mistura experimental determina:

- a quantidade de água em relação à quantidade de material seco (cimento e agregados), denominada A%;
- a proporção de areia e dos agregados graúdos.

DETERMINAÇÃO

Traços	1ª mistura	2ª mistura	3ª mistura	Slump
Cimento (g)				
Areia (g)				
Brita d_{max} (g)				
Brita d_{max} (g)				
Água (g)				
Plastificante (g)				
Água (%)				

A%= massa de água/massa dos materiais secos

11.5. AJUSTES DE TRAÇO

No decorrer da produção do concreto, algumas variáveis, com diferença nas características dos materiais fornecidos, ou na sistemática de produção, podem acarretar variações no concreto. Nestes casos, é necessário fazer ajustes técnicos para que a consistência e a resistência pretendidas sejam alcançadas com o mínimo de consumo de cimento e maior economia. A observação da consistência e o acompanhamento do controle da resistência são os principais responsáveis pela necessidade do ajuste de traços.

11.6. PREPARO DO CONCRETO

11.6.1. Procedimentos de Mistura

- Adicionar inicialmente o agregado graúdo e 1/3 da água de amassamento, ligar a betoneira por 30 s;
- Adicionar o cimento e mais 1/3 da água e misturar por mais 30 s;
- Adicionar o agregado miúdo, o restante da água e misturar o concreto até que fique homogêneo

11.6.2. Determinação da Consistência (Slump) NM 67

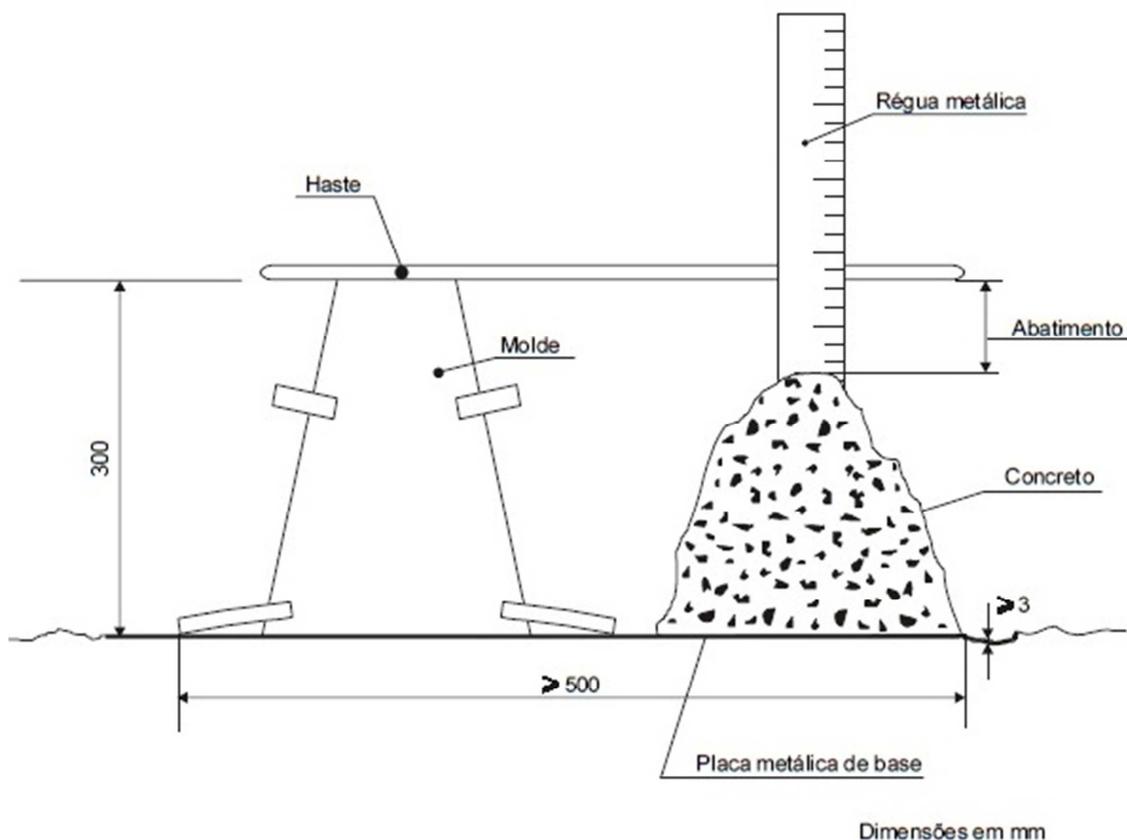
11.6.2.1. Aparelhagem

- Molde tronco-cônico
- Haste de compactação
- Placa de base

11.6.2.2. Procedimento

- Umedecer o molde e a placa base;
- Durante o preenchimento do molde com o concreto, o operador deve se posicionar com os pés sobre sua aletas, de forma a mantê-lo estável;
- Encher o molde em 3 camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado;
- Compactar cada camada com 25 golpes da haste de compactação;
- Distribuir os golpes sobre a seção de cada camada;

- f) Para a compactação da camada inferior, é necessário inclinar levemente a haste e efetuar cerca da metade dos golpes em forma de espiral até o centro;
- g) Compactar a segunda camada e a camada superior, cada uma através de toda sua espessura e de forma que os golpes apenas penetrem na camada anterior;
- h) No preenchimento e na compactação da camada superior, acumular o concreto sobre o molde, antes de iniciar o adensamento, se durante a operação de compactação, a superfície do concreto ficar abaixo da borda do molde, adicionar mais concreto para manter um excesso sobre a superfície do molde
- i) Rasar a superfície do concreto
- j) Limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical, esta operação deve ser realizada em 5 s a 10 s, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral;
- k) Imediatamente após a retirada do molde, medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo de prova desmoldado, aproximando aos 5 mm mais próximos;
- l) Caso ocorra um desmoronamento ou deslizamento da massa de concreto ao realizar o desmolde e esse desmoronamento impeça a mediação do assentamento, o ensaio deve ser desconsiderado e deve ser realizada nova determinação sobre outra porção de concreto da amostra;
- m) Caso nos dois ensaios consecutivos definidos no item anterior ocorra um desmoronamento ou deslizamento, o concreto não é necessariamente plástico e coeso para a aplicação do ensaio de abatimento.



11.6.3. Moldagem e Cura de Corpos-de-prova NBR 5738

11.6.3.1. Aparelhagem

- a) Moldes cilíndricos;
- b) Moldes Prismáticos;
- c) Haste de adensamento;
- d) Mesa Vibratória;
- e) Vibrador de imersão.

11.6.3.2. Especificação e preparação dos moldes

Os moldes cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm. As medidas diametrais têm tolerâncias de 1% e a altura, 2%.

Os prismáticos devem ter seção transversal quadrada, com superfície lisas e livres de saliências, e cumprir com os seguintes requisitos: o comprimento deve ser pelo menos 50 mm maior que o vão de ensaio e 50 mm maior que três vezes a dimensão do lado da seção transversal do corpo-de-prova, a dimensão transversal deve ser de no mínimo 150 mm; a tolerância das dimensões deve ser inferior a 2 % e nunca maior do que 2 mm.

A dimensão básica do corpo-de-prova deve ser no mínimo quatro vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto. Antes de proceder à moldagem dos corpos-de-prova, os moldes e suas bases devem ser convenientemente revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral.

11.6.3.3. Tipos de Adensamento

a) Adensamento manual com haste

No adensamento manual, a primeira camada deve ser atravessada em toda a sua espessura, quando adensada com a haste, evitando-se golpear a base do molde. Os golpes devem ser distribuídos uniformemente em toda a seção transversal do molde. Cada uma das camadas seguintes também deve ser adensada em toda a sua espessura, fazendo com que a haste penetre aproximadamente 20 mm na camada anterior.

Se a haste de adensamento criar vazios na massa de concreto, deve-se bater levemente na face externa do molde, até fechamento destes. A última camada deve ser moldada com quantidade em excesso de concreto, de forma que ao ser adensada complete todo o volume do molde e seja possível proceder ao seu rasamento, eliminando o material em excesso. Em nenhum caso é aceito completar o volume do molde com concreto após o adensamento da última camada.

b) Adensamento por vibração

O volume de concreto a ser colocado no molde deve ser aproximadamente igual a cada camada e no caso do adensamento manual deve penetrar no concreto o número de vezes definido pela tabela abaixo.

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	-	-

Para cada classe de concreto, tipo de vibrador e de molde, é requerido um tempo particular de vibração, que deve ser mantido uniforme. Esse tempo depende da consistência do concreto e da eficiência do vibrador. A vibração deve ser finalizada quando a superfície do concreto apresentar um aspecto relativamente liso e praticamente não houver mais o aparecimento de bolhas de ar na superfície. Deve-se evitar vibrar demasiadamente o concreto, pois isso pode produzir segregação.

Os vibradores de imersão (internos) podem ter eixo rígido ou flexível e devem ser acionados por um motor elétrico. A frequência de vibração não deve ser inferior a 100 Hz (6.000 por minuto), medida quando o elemento vibrante estiver submerso no concreto.

O diâmetro ou o lado exterior da seção transversal do elemento vibrante de vibradores internos não deve ser inferior a 19 mm nem superior a $\frac{1}{4}$ da dimensão básica (d) para os corpos-de-prova cilíndricos e $\frac{1}{3}$ da dimensão básica (d) para os corpos-de-prova prismáticos. O comprimento total da parte flexível e do elemento vibrante deve ser pelo menos 80 mm maior que a altura do molde.

Os vibradores externos podem ser do tipo de compartimento fechado e a frequência de vibração deve ser superior a 50 Hz (3000 vibrações por minuto). Qualquer que seja o tipo de vibrador externo utilizado, ele deve dispor de meios para fixar firmemente o molde ao vibrador. Deve dispor ainda de aparelhagem para controlar a frequência de vibração.

11.6.3.4. Escolha do tipo de adensamento

A escolha do método de adensamento deve ser feita em função do abatimento do concreto (Slump), determinado de acordo com a NBR NM 67, e das seguintes condições:

- Os concretos com abatimento compreendido entre 10 mm e 30 mm devem ser adensados por vibração;
- Os concretos com abatimento compreendido entre 30 mm e 150 mm podem ser adensados com a haste (adensamento manual) ou por vibração;
- Os concretos com abatimentos superior a 150 mm devem ser adensados com a haste (adensamento manual).

11.6.3.5. Cura

Após a moldagem, colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto. Durante

as primeiras 24 h (para os corpos-de-prova cilíndricos), ou 48 h (no caso de corpos-de-prova prismáticos), todos os corpos-de-prova devem ser armazenados em protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

Os corpos-de-prova transportados da obra ao laboratório para serem ensaiados, após cumprido o período de cura inicial, devem ser embalados de maneira adequada, que evite golpes, exposição direta ao sol, evitando a perda de umidade.

Antes de serem armazenados, os corpos-de-prova devem ser identificados. Após sua identificação, os corpos-de-prova devem ser armazenados até o momento do ensaio em solução saturada de hidróxido de cálcio a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ou em câmara úmida à temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar superior a 95%.

11.6.3.6. Capeamento

Consiste no revestimento dos topos dos corpos-de-prova com uma fina camada de material apropriado, com as seguintes características:

- a) Aderência ao corpo-de-prova;
- b) Compatibilidade química com o concreto;
- c) Fluidez, no momento de sua aplicação;
- d) Acabamento liso e plano após endurecimento;
- e) Resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

Deve ser utilizado um dispositivo auxiliar, denominado capeador, que garanta a perpendicularidade da superfície obtida com a geratriz do corpo-de-prova, a superfície resultante deve ser lisa, isenta de riscos ou vazios e não ter falhas de planicidade superiores a 0,05 mm em qualquer ponto. A espessura da camada de capeamento não deve exceder 3 mm em cada topo.

11.7. CONTROLE DE RESISTÊNCIA

O controle da resistência é um dos itens do controle de qualidade e deve ser feito de maneira racional e sistemática, para segurança da obra e controle da produção.

Para atingir estes objetivos, o responsável técnico deve planejar as etapas da concretagem e viabilizar a divisão adequada dos lotes de acordo com a NBR 12655. A análise de cada lote é função do tipo de amostragem e do número de exemplares. Para sua aceitação é preciso que:

$$f_{ck_{est}} \geq f_{ck_{esp}}$$

Sendo $f_{ck_{est}}$ calculado de acordo com o tipo de amostragem e conforme NBR 12655

amostragem parcial

♦ para $6 \leq n < 20$

$$fck_{est} = 2 \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m - 1} - f_m$$

sendo $m = n/2$

Observando que $fck_{est} \geq \Psi_6 \cdot f_1$

♦ para $n \geq 20$

$$fck_{est} = f_{md} - 1,65 S_d$$

S_d o desvio padrão estatístico

♦ para $2 \leq n < 6$ – **caso excepcional**

$$fck_{est} \geq \Psi_6 \cdot f_1$$

amostragem total

♦ para $n \leq 20$

$$fck_{est} = f_1$$

♦ para $n > 20$

$$fck_{est} = f_i$$

sendo $i = 1 + 0,05n$

Valores de Ψ_6 em função do número de exemplares e da condição de controle

Condição	Número de Exemplares											
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	>18
A	0.82	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.99	1.00	1.02	1.03
B e C	0.75	0.80	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04

A rejeição de um lote não implica obrigatoriamente a não aceitação da estrutura. As providências necessárias variam numa escala crescente de complexidade e custos podendo-se adotar as seguintes etapas:

- consulta ao estruturalista para aceitação do fck_{est} ;
- realização de ensaios não destrutivos de resistência;
- realização de ensaios destrutivos de resistência;
- prova de carga;
- reforço da estrutura.