

# Dosagem Experimental do Concreto - Método ACI

## Motivação

Nos canteiros de obra, um dos maiores desafios é o controle de qualidade do processo de execução dos elementos estruturais. Sem este controle a estrutura se torna passível de patologias que podem interferir diretamente na sua resistência, podendo variar do surgimento de trincas e fissuras (pelo deslocamento não previsto de determinado elemento estrutural devido ao seu próprio peso ou mesmo devido a carga que ele suporta) ao colapso da estrutura.

Um dos processos mais importantes para o controle de qualidade passa pelo cálculo do traço - proporções entre os materiais constituintes - do concreto a ser utilizado.

Propriedades como coesão, consistência, trabalhabilidade e homogeneidade do material são regidas pelas proporções dos seus constituintes. Essas propriedades variam de acordo com a condição de aplicação, por exemplo: o concreto usado na conformação de uma laje elevada deve ter alto nível de trabalhabilidade e baixa consistência, para que possa ser lançado através de bomba em elevadas altitudes, diferentemente do concreto utilizado numa sapata de fundação, onde o concreto deve passar entre as ferragens de maneira homogênea para que não ocorram os chamados “ninhos” de concretagem.



Lança para concreto bombeável

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=N9z6hHhLqYU>



Ninho de concretagem

Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br>

Tendo em vista a importância do controle de qualidade, a ideia do projeto foi desenvolver uma maneira rápida e eficiente de calcular as proporções corretas aproximadas de cimento, areia, brita e água que melhor se adequem às necessidades de projeto.

A seguir serão mostradas as etapas para o cálculo do traço que foram feitas de maneira automática e consequentemente serviram de base para o desenvolvimento do programa.

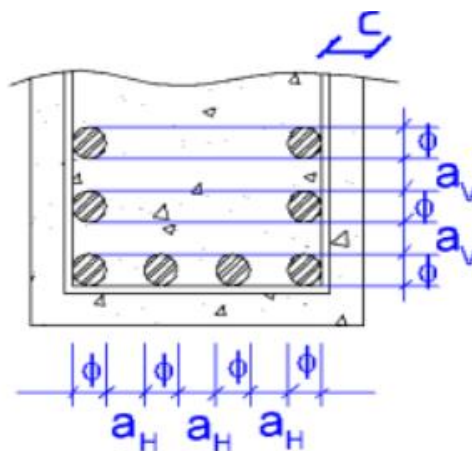
## Etapas de Desenvolvimento de Traço

### Passo 1. Determinação da Dimensão Máxima do Agregado Graúdo (Brita)

Determina-se a dimensão máxima característica do agregado graúdo ( $\Phi_{ag}$ ) tendo em vista as condições da obra conforme NBR 6118.

Aqui, leva-se em consideração o cobrimento “C” (espessura da camada de concreto que cobre a armadura) e os distanciamentos entre as armaduras verticais ( $a_v$ ) e horizontais ( $a_h$ ).

#### Seção transversal de estrutura de concreto armado



Fonte : Caderno de aulas práticas - DCTM (Adaptado)

A norma nos fornece três maneiras de calcular a dimensão máxima do agregado graúdo, em função de cada uma das três dimensões (C,  $a_v$ ,  $a_h$ ):

$$\Phi_{ag} \leq 1,2 \times C \quad \text{-----} \quad f(\text{Cobrimento})$$

$$\Phi_{ag} \leq 2 \times a_v \quad \text{-----} \quad f(\text{Esp. vertical})$$

$$\Phi_{ag} \leq 0,83 \times a_h \quad \text{-----} \quad f(\text{Esp. horizontal})$$

O valor de  $\Phi_{ag}$  adotado será o menor entre os três calculados.

## Passo 2. Determinação da resistência de dosagem

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65S_d$$

$f_{cj}$ : valor de resistência utilizado nos cálculos;

$f_{ck}$ : resistência mecânica desejada aos 28 dias;

$S_d$ : desvio padrão.

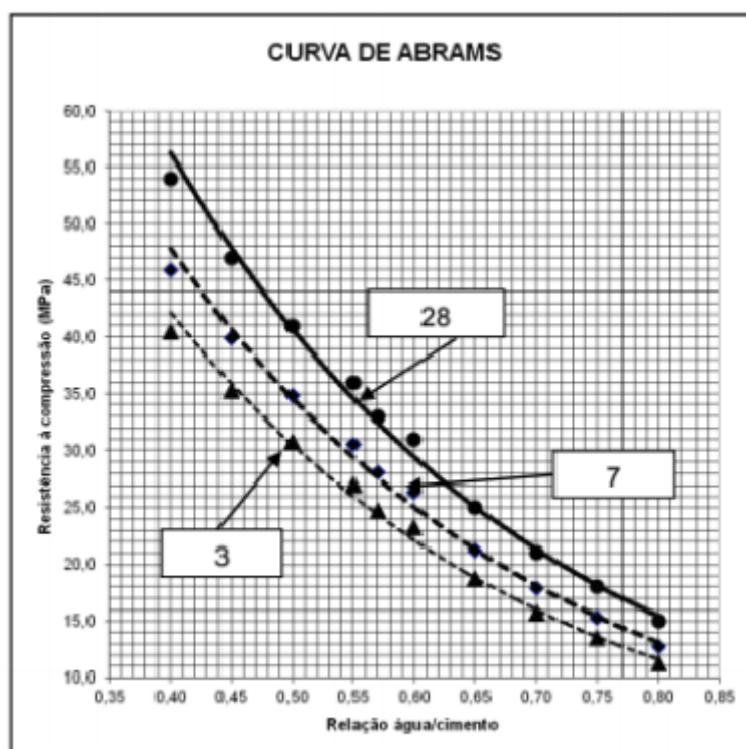
No programa, o usuário entra com o valor  $f_{ck}$ . É então determinado um valor de desvio padrão ( $S_d$ ) que é dado em função das condições de controle em campo. Existem três possíveis valores adotados por ' $S_d$ ', são eles:

Tabela 1 - Valores de $S_d$ em função do rigor da produção			
$S_d$	CONDIÇÃO	CLASSE	TIPO DE CONCRETO
4,0	A	C10 a C80	Quando todos os materiais forem medidos em peso e houver medidor de água, corrigindo-se as quantidades de agregado miúdo e água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados, e houver garantia de manutenção, no decorrer da obra, da homogeneidade dos materiais a serem empregados.
5,5	B	C10 a C25	Quando o cimento for medido em peso e os agregados em volume, e houver medidor de água, com correção do volume do agregado miúdo e da quantidade de água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados.
7,0	C	C10 a C15	Quando o cimento for medido em peso e os agregados em volume, e houver medidor de água, corrigindo-se a quantidade de água em função da umidade dos agregados simplesmente estimada.

Fonte : Caderno de aulas práticas - DCTM

## Passo 3. Fixação do fator água/cimento

Para a fixação do fator água/cimento é necessário conhecer o valor de  $f_{cj}$ , pode-se selecionar um valor apropriado com o auxílio da Curva de Abrams:



Fonte : Caderno de aulas práticas - DCTM

O valor do fator água/cimento é obtida ao relacionarmos um valor de  $f_{cj}$  à curva de resistência desejada aos 28 dias.

#### Passo 4. Água estimada por metro cúbico de concreto( $C_w$ )

Sua determinação exata deve ser feita experimentalmente. Os valores constantes na Tabela 1, fornecidos em função da dimensão máxima do agregado graúdo ( $\Phi_{ag}$ ) e consistência do concreto, devem ser considerados com uma primeira aproximação e referem-se a concretos com agregado graúdo britado e areia natural.

**TABELA 1 (ADAPTADA)**  
**CONSUMO DE ÁGUA APROXIMADO ( $L/m^3$ )**

ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (MM)	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO (MM)					
	9,5	12,5	19	25	32	37,5
40 A 60	220	210	195	190	185	180
60 A 80	225	215	200	195	190	185
80 A 100	230	220	205	200	195	190
100 A 120	235	225	210	205	200	195
120 A 140	240	230	215	210	205	200
140 A 160	245	235	220	215	210	205
160 A 180	250	240	225	220	215	210
180 A 200	255	245	230	225	220	215

Fonte : Caderno de aulas práticas - DCTM

### Passo 5. Consumo de cimento (Cc)

O consumo de cimento por metro cúbico de concreto é obtido dividindo o consumo de água (Cw) pelo fator água/cimento (a/c):

$$C_c = \frac{C_w}{a/c}$$

### Passo 6. Consumo de agregado graúdo (Cb)

O consumo de agregado graúdo por metro cúbico de concreto é obtido em função da dimensão máxima característica do agregado graúdo ( $\Phi_{ag}$ ) e do módulo de finura da areia (MF). A Tabela 2 fornece o volume compactado seco (Vap) de agregado graúdo para a região de Salvador em metro cúbico por metro cúbico de concreto.

**TABELA 2**  
**VOLUME COMPACTADO SECO DE AGREGADO GRAÚDO PARA A REGIÃO DE SALVADOR**  
(M<sup>3</sup>/M<sup>3</sup> DE CONCRETO)

MF (AREIA)	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO (MM)					
	9,5	12,5	19	25	31,5	37,5
1,0	0,665	0,728	0,790	0,815	0,840	0,865
1,2	0,654	0,712	0,770	0,795	0,820	0,845
1,4	0,625	0,688	0,750	0,775	0,800	0,825
1,6	0,605	0,668	0,730	0,755	0,780	0,805
1,8	0,585	0,648	0,710	0,735	0,760	0,785
2,0	0,565	0,628	0,690	0,715	0,740	0,765
2,2	0,545	0,608	0,670	0,695	0,720	0,745
2,4	0,525	0,588	0,650	0,675	0,700	0,725
2,6	0,505	0,568	0,630	0,655	0,680	0,705
2,8	0,485	0,548	0,610	0,635	0,660	0,685

Fonte : Caderno de aulas práticas - DCTM

O Cb é obtido multiplicando o Vap pela massa unitária do agregado graúdo compactado (MU).

$$C_b = V_{ap} \times MU_{Brita}$$

### Passo 7. Consumo de agregado miúdo (Ca)

O consumo de agregado miúdo (Ca) por metro cúbico de concreto fresco é obtido pela diferença entre a soma dos volumes absolutos dos demais constituintes já calculados em relação a 1 m<sup>3</sup> de concreto:

$$Va = 1 - \left( \frac{C}{\rho_c} + \frac{Cb}{\rho_b} + Cw \right)$$

Onde:

Va: volume absoluto da areia;

C: consumo de cimento;

Cb: consumo de brita;

Cw: consumo de água;

pc: massa específica do cimento;

pb: massa específica da brita.

Portanto, o consumo de areia (Ca) é:

$$Ca = Va \times \rho_a$$

Onde:

pa: massa específica da areia.

### **Passo 8. Determinação do traço**

O traço é expressado em função do consumo de cimento:

$$\frac{Cc}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} : \frac{Cw}{Cc}$$

### **Passo 9. Ajuste de umidade do traço**

Os agregados, tanto graúdos quanto miúdos tendem a ter um acréscimo no volume mediante aplicação de água. Este acréscimo de volume é chamado de inchamento. Obviamente este inchamento pode variar a depender do tipo de material utilizado, por exemplo: a areia incha muito mais que a brita.

Este acréscimo de volume é calculado da seguinte maneira:

$$V_{real} = V_{parente} * CI$$

Vreal : volume com inchamento;

Vparente : volume sem inchamento;

CI : coeficiente de inchamento do material.

A soma das diferenças  $V_{\text{real}} - V_{\text{aparente}}$  da areia e da brita são descontadas no volume de água e um novo traço é recalculado. Temos, assim, o traço corrigido final do concreto.

#### **Passo 10. Estimativa de materiais para betoneira de volume conhecido**

O consumo de cimento em Kg pode ser calculado da seguinte maneira:

$$C_c = \frac{V}{\frac{T_c}{M_c} + \frac{T_a}{M_a} + \frac{T_b}{M_b} + T_{H_2O}}$$

Onde:

$C_c$ : consumo de cimento em massa;

$V$  : volume da betoneira em litros;

$T_c$  : traço corrigido de cimento;

$T_a$  : traço corrigido de areia;

$T_b$  : traço corrigido de brita;

$T_{H_2O}$  : traço corrigido da água;

$M_c$  : massa específica do cimento;

$M_a$  : massa específica da areia;

$M_b$  : massa específica da brita.

Encontrado o consumo de cimento, basta multiplicar este valor pelos valores de traço corrigido de todos os elementos constituintes. Com isso obtém-se os valores aproximados em massa de cada componente para uma betonada de dado volume de concreto.