

ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 1

Libânio M. Pinheiro; Cassiane D. Muzardo; Sandro P. Santos

Março de 2004

INTRODUÇÃO

Este é o **capítulo inicial** de um curso cujos **objetivos** são:

- os **fundamentos do concreto**;
- as **bases para cálculo** de concreto armado;
- a **rotina do projeto estrutural** para edifícios de pequeno porte.

É um trabalho dedicado a **alunos de graduação** e a **iniciantes** em Engenharia Estrutural. Interessados em aprofundar conhecimentos deverão consultar bibliografia complementar adequada.

1.1 DEFINIÇÕES

Concreto é um material de construção proveniente da mistura, em proporção adequada, de: **aglomerantes**, **agregados** e **água**.

a) Aglomerantes

Unem os fragmentos de outros materiais. No concreto, em geral se emprega **cimento portland**, que reage com a água e endurece com o tempo.

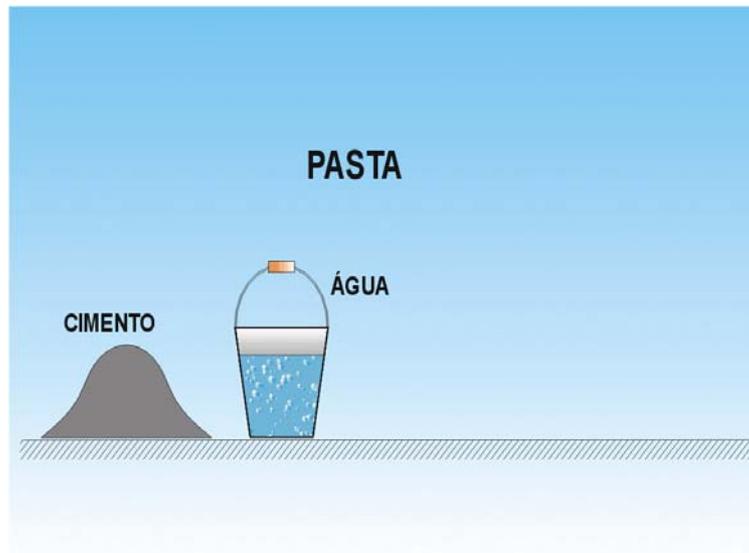
b) Agregados

São **partículas minerais** que aumentam o volume da mistura, reduzindo seu custo. Dependendo das dimensões características ϕ , dividem-se em dois grupos:

- Agregados **miúdos**: $0,075\text{mm} < \phi < 4,8\text{mm}$. Exemplo: areias.
- Agregados **graúdos**: $\phi \geq 4,8\text{mm}$. Exemplo: pedras.

c) Pasta

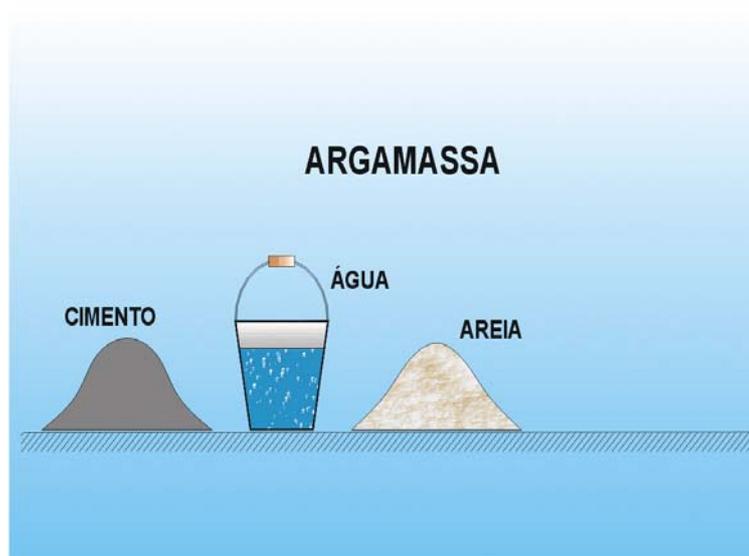
Resulta das **reações químicas** do **cimento com a água**. Quando há água em excesso, denomina-se **nata**.



PASTA ↔ CIMENTO + ÁGUA

d) Argamassa

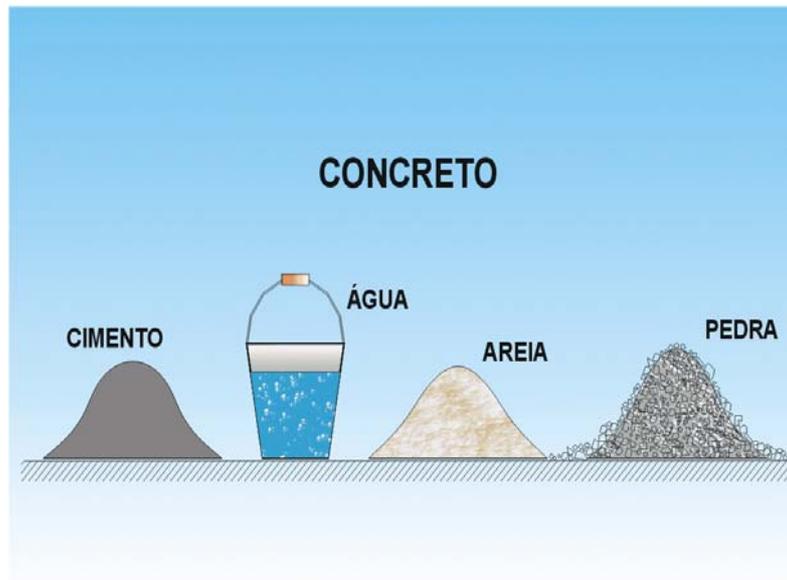
Provém da pela mistura de **cimento, água e agregado miúdo**, ou seja, **pasta com agregado miúdo**.



ARGAMASSA ↔ CIMENTO + AREIA + ÁGUA

e) Concreto simples

É formado por **cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo**, ou seja, **argamassa e agregado graúdo**.



CONCRETO SIMPLES ↔ CIMENTO + AREIA + PEDRA + ÁGUA

Depois de endurecer, o concreto apresenta:

- **boa resistência à compressão;**
- **baixa resistência à tração;**
- comportamento **frágil**, isto é, rompe com **pequenas deformações**.

Na maior parte das **aplicações** estruturais, para melhorar as características do concreto, ele é usado **junto** com **outros materiais**.

f) Concreto armado

É a associação do concreto simples com uma **armadura**, usualmente constituída por **barras de aço**. Os dois materiais devem resistir solidariamente aos esforços solicitantes. Essa **solidariedade** é garantida pela **aderência**.

CONCRETO ARMADO ↔ CONCRETO SIMPLES + ARMADURA + ADERÊNCIA

g) Concreto protendido

No **concreto armado**, a armadura não tem tensões iniciais. Por isso, é denominada **armadura frouxa** ou **armadura passiva**. No **concreto protendido**, pelo menos uma parte da armadura tem tensões previamente aplicadas, denominada **armadura de protensão** ou **armadura ativa**.

CONCRETO PROTENDIDO ↔ CONCRETO + ARMADURA ATIVA

h) Argamassa armada

É constituída por **agregado miúdo** e **pasta** de cimento, com armadura de fios de aço de pequeno diâmetro, formando uma **tela**. No concreto, a armadura é localizada em regiões específicas, Na argamassa, ela é **distribuída** por toda a peça.

i) Concreto de alto desempenho – CAD

Pode ser obtido, por exemplo, pela mistura de cimento e agregados convencionais com **sílica ativa** e **aditivos plastificantes**. Apresenta características melhores do que o concreto tradicional. Em vez de sílica ativa, pode-se também utilizar **cinza volante** ou **resíduo de alto forno**.

1.2 VANTAGENS DO CONCRETO, RESTRIÇÕES E PROVIDÊNCIAS

Como material estrutural, o concreto apresenta várias vantagens em relação a outros materiais. Serão relacionadas também algumas de suas restrições e as providências que podem ser adotadas para contorná-las.

1.2.1 Vantagens do concreto armado

Suas grandes vantagens são:

- É **moldável**, permitindo grande variabilidade de formas e de concepções arquitetônicas.
- Apresenta boa **resistência** à maioria dos tipos de solicitação, desde que seja feito um correto dimensionamento e um adequado detalhamento das armaduras.
- A estrutura é **monolítica**, fazendo com que todo o conjunto trabalhe quando a peça é solicitada.
- Baixo custo dos **materiais** - água e agregados graúdos e miúdos.
- Baixo custo de **mão-de-obra**, pois em geral não exige profissionais com elevado nível de qualificação.
- **Processos construtivos** conhecidos e bem difundidos em quase todo o país.
- Facilidade e rapidez de **execução**, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas.
- O concreto é **durável** e protege a armação contra a corrosão.
- Os gastos de **manutenção** são reduzidos, desde que a estrutura seja bem projetada e adequadamente construída.

- O concreto é **pouco permeável** à água, quando executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura.
- É um material seguro contra **fogo**, desde que a armadura seja convenientemente protegida pelo cobrimento.
- É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos.

1.2.2 Restrições do concreto

O concreto apresenta algumas restrições, que precisam ser analisadas. Devem ser tomadas as providências adequadas para atenuar suas conseqüências. As principais são:

- Baixa **resistência à tração**,
- **Fragilidade**,
- **Fissuração**,
- **Peso próprio** elevado,
- Custo de **formas** para moldagem,
- **Corrosão** das armaduras.

1.2.3 Providências

Para suprir as deficiências do concreto, há várias alternativas.

A baixa resistência à tração pode ser contornada com o uso de adequada armadura, em geral constituída de **barras de aço**, obtendo-se o **concreto armado**. Além de resistência à tração, o aço garante **ductilidade** e aumenta a **resistência à compressão**, em relação ao concreto simples.

A fissuração pode ser contornada ainda na fase de projeto, com armação adequada e limitação do diâmetro das barras e da tensão na armadura.

Também é usual a associação do concreto simples com **armadura ativa**, formando o **concreto protendido**. A utilização de armadura ativa tem como principal finalidade aumentar a resistência da peça, o que possibilita a execução de **grandes vãos** ou o uso de **seções menores**, sendo que também se obtém uma melhora do concreto com relação à fissuração.

O **concreto de alto desempenho – CAD** – apresenta características melhores do que o concreto tradicional – como resistência mecânica inicial e final elevada, baixa permeabilidade, alta durabilidade, baixa segregação, boa trabalhabilidade, alta aderência, reduzida exsudação, menor deformabilidade por retração e fluência, entre outras.

O CAD é especialmente apropriado para projetos em que a durabilidade é condição indispensável para sua execução. A alta resistência é uma das maneiras de se conseguir peças de menores dimensões, aliviando o peso próprio das estruturas.

Ao concreto também podem ser adicionadas **fibras**, principalmente de aço, que aumentam a ductilidade, a absorção de energia, a durabilidade etc.

A corrosão da armadura é prevenida com controle da fissuração e com o uso de adequado de revestimento, cujo valor depende do grau de agressividade do ambiente em que a estrutura for construída.

A padronização de dimensões, a pré-moldagem e o uso de sistemas construtivos adequados permite a racionalização do uso de formas, permitindo economia neste quesito.

A **argamassa armada** é adequada para pré-moldados leves, de pequena espessura.

1.3 APLICAÇÕES DO CONCRETO

É o material estrutural **mais utilizado no mundo**. Seu **consumo anual** é da ordem de **uma tonelada por habitante**.

Entre os materiais utilizados pelo homem, o **concreto perde apenas para a água**.

Outros materiais como **madeira, alvenaria e aço** também são de uso comum e há situações em que eles são **imbatíveis**. Porém, suas aplicações são bem mais restritas.

Algumas aplicações do concreto são relacionadas a seguir.

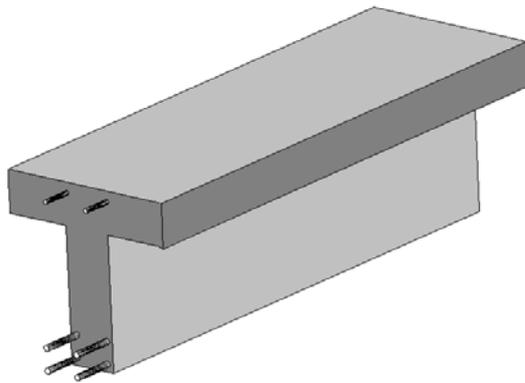
- **Edifícios:** mesmo que a estrutura principal não seja de concreto, alguns elementos, pelo menos, o serão;
- **Galpões e pisos industriais** ou para fins diversos;
- **Obras hidráulicas e de saneamento:** barragens, tubos, canais, reservatórios, estações de tratamento etc.;
- **Rodovias:** pavimentação de concreto, pontes, viadutos, passarelas, túneis, galerias, obras de contenção etc.;
- **Estruturas diversas:** elementos de cobertura, chaminés, torres, postes, mourões, dormentes, muros de arrimo, piscinas, silos, cais, fundações de máquinas etc.

1.4 ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS

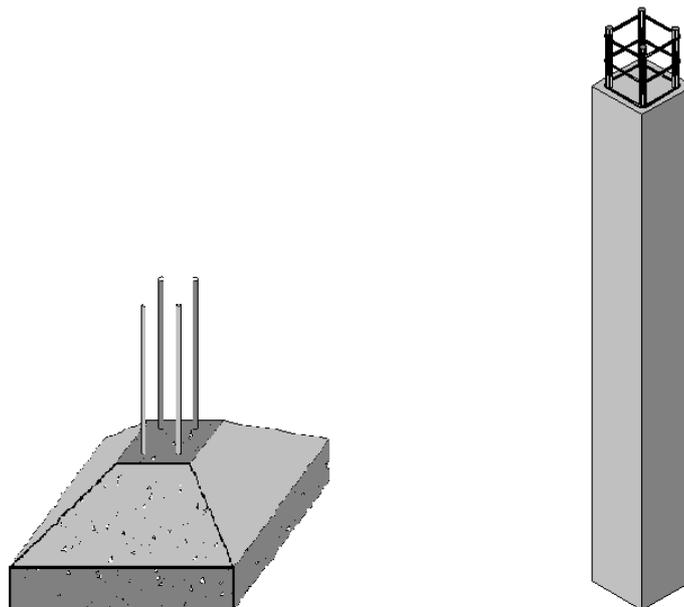
Estrutura é a **parte resistente** da construção e tem as funções de **resistir as ações** e as **transmitir para o solo**.

Em edifícios, os **elementos estruturais principais** são:

- **Lajes:** são **placas** que, além das **cargas permanentes**, recebem as **ações de uso** e as transmitem para os apoios; **travam os pilares** e distribuem as **ações horizontais** entre os elementos de contraventamento;
- **Vigas:** são **barras horizontais** que **delimitam as lajes**, suportam **paredes** e recebem **ações das lajes** ou **de outras vigas** e as transmitem para os apoios;



- **Pilares:** são **barras verticais** que recebem as **ações das vigas** ou **das lajes** e **dos andares superiores** as transmitem para os elementos inferiores ou para a fundação;



- **Fundação:** são elementos como **blocos, lajes, sapatas, vigas, estacas** etc., que **transferem os esforços** para o **solo**.

Pilares alinhados ligados por vigas formam os **pórticos**, que devem resistir às **ações do vento** e às outras ações que atuam no edifício, sendo o mais utilizado elemento de **contraventamento**.

Em **edifícios esbeltos**, o travamento também pode ser feito por **pórticos treliçados, paredes estruturais** ou **núcleos**. Os **dois primeiros** situam-se, em geral, nas **extremidades do edifício**. Os **núcleos** costumam envolver a **escada** ou da **caixa de elevadores**.

Nos **andares** constituídos por **lajes e vigas**, a união desses elementos pode ser denominada **tabuleiro**.

Os termos **piso** e **pavimento** devem ser evitados, pois podem ser confundidos com **pavimentação**.

É crescente o emprego do concreto em **pisos industriais** e em **pavimentos de vias urbanas e rodoviárias**, principalmente nos casos de **tráfego intenso e pesado**.

Nos edifícios com **tabuleiros sem vigas**, as **lajes** se **apóiam diretamente nos pilares**, sendo denominadas **lajes lisas**.

Se nas ligações das lajes com os pilares houver **capitéis**, elas recebem o nome de **lajes-cogumelo**.

Nas **lajes lisas**, há casos em que, nos **alinhamentos dos pilares**, uma determinada faixa é considerada como viga, sendo projetada como tal – são as denominadas **vigas-faixa**.

São muito comuns as **lajes nervuradas**. Se as **nervuras** e as **vigas** que as suportam têm a **mesma altura**, o uso de um forro de gesso, por exemplo, dão a elas a aparência de lajes lisas.

Nesses casos elas são denominadas **lajes lisas nervuradas**. Nessas lajes, também são comuns as **vigas-faixa** e os **capitéis embutidos**.

Nos edifícios, são considerados **elementos estruturais complementares: escadas, caixas d'água, muros de arrimo, consolos, marquises** etc.

1.5 EDIFÍCIOS DE PEQUENO PORTE

Como foi visto no início, este é o primeiro texto de uma série, cujos objetivos são: apresentar os **fundamentos do concreto**, as **bases para cálculo** e a **rotina do projeto estrutural** para edifícios de pequeno porte.

Em um **exemplo simples**, serão dimensionadas e detalhadas as **lajes**, as **vigas** e os **pilares**. As fundações serão estudadas em uma fase posterior.

Serão considerados **edifícios de pequeno porte** aqueles com **estruturas regulares muito simples**, que apresentem:

- até quatro pavimentos;
- ausência de protensão;
- cargas de uso nunca superiores a 3kN/m^2 ;
- altura de pilares até 4m e vãos não excedendo 6m;
- vão máximo de lajes até 4m (menor vão) ou 2m, no caso de balanços.

O **efeito do vento** poderá ser **omitido**, desde que haja **contraventamento** em duas direções.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPq, pelas bolsas de Iniciação Científica e de Pesquisador.

BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2003 - *Projeto de estruturas de concreto*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211:1982 - *Agregados para concreto*. Rio de Janeiro.

IBRACON (2001). *Prática recomendada IBRACON para estruturas de pequeno porte*. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto: Comitê Técnico CT-301 Concreto Estrutural. 39p.

PINHEIRO, L.M., GIONGO, J.S. (1986). *Concreto armado: propriedades dos materiais*. São Carlos, EESC-USP, Publicação 005 / 86. 79p.

PINHEIRO, L.M. (2003). *Notas de aula da disciplina Estruturas de Concreto A*. São Carlos, EESC-USP.