



## Engenharia do Concreto

O **concreto** é definido como sendo a mistura de um aglomerante (cimento), agregados (areias e britas), água e aditivos, com a finalidade de construção de peças para obras civis.

No entanto situações especiais poderão existir, levando-se em conta as particularidades das peças as quais serão concretadas. Sendo assim, outros agregados poderão ser utilizados, como: isopor, argila expandida, vermiculita, hematita, barita, etc. Ainda, adições aglomerantes como: sílica ativa, metacaulim, pozolanas, etc.

Aditivos especiais: retardadores, aceleradores isentos de cloretos, super-pastificantes, hiper-pastificantes, incorporadores de ar, impermeabilizantes, hidrofugantes, pigmentos, etc.

Outras adições: fibras de aço, nylon, polipropileno, de vidro, etc.

A princípio o concreto em estado fresco permite ser moldado nas mais diversas formas, texturas e finalidades.

Porém, um concreto com qualidade necessita de vários cuidados. Vai desde a escolha de seus materiais, a determinação de um traço que garanta a resistência e a durabilidade desejada, a homogeneização da mistura, sua correta aplicação e adensamento até a cura adequada, que garante a perfeita hidratação do cimento.

# Tipos de Concreto e Suas Aplicações

## 1. Concreto Convencional

É utilizado em obras corriqueiras de aplicação normal, ou seja, não requer qualquer tipo de equipamento (bomba) para disposição final. Normalmente este concreto é de pouca trabalhabilidade, sendo necessário a utilização de equipamentos de vibração para sua aplicação e para que atenda as exigências de resistência, coesão e durabilidade do concreto. Poderá também ter uma melhor trabalhabilidade com descarga manual, porém deverá ser solicitado como tipo bombeável com descarga convencional.

O concreto convencional, por ter uma difícil trabalhabilidade, requer a utilização de vibrador de imersão para que se atenda as exigências e qualidade do concreto aplicado. Convém alertar caso não se utilize o vibrador para sua disposição final, o concreto ficará comprometido.

O concreto tipo bombeável, com aplicação manual é mais fluído, portanto sua aplicação é mais fácil.

## 2. Concreto Bombeável

Pode-se definir concreto bombeável como o concreto transportado por pressão através de tubos rígidos ou mangueiras flexíveis e descarregado diretamente ou próximos dos pontos onde deve ser aplicado. A pressão pode ser aplicada por meio de pistões, por meio de ar comprimido ou pela deformação de tubos flexíveis.

O concreto é considerado bombeável quando os seus componentes não se separam por segregação e quando a resistência ao deslocamento pelo interior da tubulação não atinja valores incompatíveis com a capacidade do equipamento.

Como essas propriedades são influenciadas pela composição da mistura, a dosagem do concreto para bombeamento exige alguns cuidados especiais:

- Os concretos para bombeamento devem ter boa trabalhabilidade, isto é, o Slump ou Abatimento deve ser maior que 70 mm, sendo o mais recomendável, valores entre 80 e 100 mm ( Slump = 90 +/- 10 mm ).

A Cortesia Concreto adota o **Slump = 90 +/- 10 mm**. Qualquer concreto diferente desta condição consideraremos do tipo especial.

- Ter argamassa suficiente e consumo mínimo de cimento de 270 kg/m<sup>3</sup>, para lubrificar os tubos internamente e facilitar o deslocamento do concreto dentro do tubo.
- Recomenda-se a utilização de britas com diâmetro máximo até 25 mm (brita 2), mesmo assim até 25%, devendo o restante ter diâmetro máximo de 19 mm (brita 1). Para prédios, dependendo da altura ou mesmo da distância de tubulação serão previstos agregados menores (britas) e/ou Slumps maiores. Ver tabela:

| Condição                                                                                                                                                                                                                                    | Tipo de Concreto                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Térreo até 06 pavimentos                                                                                                                                                                                                                    | Brita 1 ou 1+2 ; Slump = 90 +/- 10 mm |
| De 06 a 10 pavimentos                                                                                                                                                                                                                       | Brita 1 ; Slump = 90 +/- 10 mm        |
| Acima de 10 pavimentos                                                                                                                                                                                                                      | Traços especiais                      |
| * A tabela serve de orientação, porém outras situações deverão ser avaliadas, tipo de obra, distância horizontal da linha, nº de curvas necessárias, tipo de bomba utilizada, etc. Que serão avaliados pelos fiscais da Cortesia nas obras. |                                       |

**Observação:** Devemos considerar a **taxa de armadura** da estrutura para a escolha do concreto mais adequado, levando-se em consideração as britas a serem utilizadas.

### 3. Concreto Especial

Tomaremos como definição de concretos especiais àqueles excluídos das condições acima citadas. Concretos com diferentes slumps, com consumos mínimos e máximos de cimento, com fator água/cimento determinados, com FCj, com outras matérias-primas não usuais, com resistências à tração na flexão, com módulo de deformação/elasticidade, para determinadas condições e particularidades de estruturas, aditivos especiais, adições, etc., a qual citaremos a seguir:

#### 3.1 Concreto Magro

**Característica:** baixo consumo de cimento sem função estrutural.

**Utilização:** Como camadas de proteção, envelopamento de tubos, enchimentos de camadas, base de blocos, lastros, contra-pisos, etc.

### 3.2 Concreto Aparente

**Característica:** Normalmente com slump maior que 90 mm, concreto mais argamassado para melhor acabamento. Poderá ser previsto a utilização de super ou hiper-plastificante.

Necessitam na execução alguns cuidados: vedação total das fôrmas; utilização de fôrmas resinadas e/ou plastificadas; escolha de um bom desmoldante; e cura mínima de 5 dias.

**Utilização:** em estruturas pré-moldadas, pré-fabricados aparentes, estruturas de edificações, murais e painéis, lajes aparentes, telhas de porte, fachadas, elementos decorativos, etc.

Condição básica é ter boa trabalhabilidade, plasticidade e textura homogênea.

### 3.3 Concreto Extrusado ou Maquininha

**Característica:** Possuem baixo slump ( $10\pm 10$ mm), normalmente utiliza-se pedrisco no traço de concreto, não trabalhável em uso corrente (normal).

Este tipo de concreto deverá ser fornecido por **consumo de cimento**, pois a resistência final dependerá das condições de extrusão e compacidade do equipamento a qual o concreto será submetido (grau de adensamento).

**Utilização:** Tem sua utilização em laminados por equipamento de extrusão, que mantém o concreto confinado ou colocado em fôrmas sobre mesas vibratórias.

Normalmente onde se utiliza este tipo de concreto são guias e sarjetas, painéis e lajes laminadas, telhas laminadas, defensas e em raras exceções em algumas fôrmas deslizantes, caixas d'água, etc. Para guias existe um equipamento de extrusão que chamamos de "maquininha" e na medida que caminha o equipamento vai extrusando o concreto e deixando-o na fôrma.

### 3.4 Concreto Auto-adensável

**Característica:** Tem como característica principal um concreto fluído, de alto slump de serviço de 160 mm a 230 mm, com alta trabalhabilidade e fácil aplicação. Necessita a utilização de vibração. Pode ser previsto a utilização de aditivos superplastificantes.

**Utilização:** Em peças com alta taxa de armadura, paredes de diafragma, elementos estruturais: pavimentos, lajes, tubulões, fundações (com equipamento hélice contínua), blocos, vigas de transição, paredes, cortinas, etc.

Em parede de diafragma, tubulões ou estruturas submersas em água parada, o concreto necessita slump superior a 200 mm, a aplicação se dá por diferença de densidade em relação à água ou lama betonítica, a água é expulsa, ficando em seu lugar o concreto. Neste caso é recomendável o uso de trombas ou funis para aos poucos o concreto ocupar o lugar da água de baixo para cima, não ocorrendo problemas de contaminação do concreto.

### 3.5 Concreto Rheodinâmico

**Característica:** Concreto com baixo slump inicial ou sem slump (concreto seco). Necessita de quantidade mínima de água para hidratação do cimento, que com a utilização de aditivo de base éter policarboxílico (hiperplastificante), torna o concreto auto-adensável, sem necessidade de vibração. Slump superior que 240 mm. Poderá utilizar também aditivo modificador de viscosidade.

**Utilização:** Desenvolvido para concretos de **Alto Desempenho e Alta Resistência**. Aplicável em estruturas pré-moldadas, em pré-fabricados, estruturas convencionais, lajes, blocos, pilares, vigas, com alta taxa de armadura ou não, visando maior resistência inicial e final, peças onde necessite ótimo acabamento e/ou durabilidade, algumas recuperações estruturais, onde necessite concreto com muita trabalhabilidade sem necessidade de vibração. Ainda em estruturas que não possuem acesso para vibração ou acabamento.

### 3.6 Concreto Leve

#### ➤ Concreto com Argila Expandida – Dens. 1600 a 1800 kg/m<sup>3</sup>

**Característica:** Sua característica é redução de peso através da utilização de agregado graúdo tipo Argila Expandida, concreto com densidades que variam de 1600 a 1800 kg/m<sup>3</sup> e resistências de 7,5 a 25,0 MPa. O concreto com britas possui densidades que variam de 2250 a 2500 kg/m<sup>3</sup>.

Concreto leve com Argila Expandida é o único que fornece resistência compatível para estruturas de concreto armado.

**Utilização:** É utilizado em estruturas correntes de edificações, onde se deseje reduzir o peso próprio ou evitar sobrecargas nas estruturas. Ainda pode ser aplicado em estruturas expostas a altas temperaturas (até 250 C°).

**Nota:** Poderá ser bombeado até uma distância máxima de 03 pavimentos.

### ➤ **Concreto com Argila Expandida – Dens. 1200 a 1500 kg/m<sup>3</sup>**

**Característica:** Sua característica é redução de peso através da utilização de agregado graúdo tipo Argila Expandida, concreto com densidades que variam de 1200 a 1500 kg/m<sup>3</sup> e resistências até 12,0 MPa. Deverá ser utilizado aditivo especial para se trabalhar com essa densidade.

**Utilização:** Em enchimentos, regularização de lajes, proteção para impermeabilização, etc.

**Nota:** Não poderá ser bombeado.

### ➤ **Concreto Celular**

**Característica:** Na verdade, é uma argamassa a qual são introduzidas micro-bolhas de ar, através de espuma líquida que são geradas por um equipamento próprio (gerador de espuma). As densidades variam de 600 a 1800 kg/m<sup>3</sup>. Devido à porosidade, sua aplicação não é aconselhável em concretos estruturais.

**Utilização:** Geralmente usados em enchimentos e regularização de lajes. No caso de enchimentos, onde não haverá acesso de pessoas ou qualquer esforço mecânico poderá ser utilizado concreto celular até densidade 1100 kg/m<sup>3</sup>. Densidades de 1200 a 1800 kg/m<sup>3</sup> já possuem alguma resistência mecânica (2,0 a 7,0 MPa), suficiente para o suporte de pessoas e objetos, normalmente utilizado para regularização de lajes, sem incrementar muita sobrecarga nas estruturas.

Poderá ser utilizado também em paredes estruturais, câmara frigorífica, proteção para impermeabilização, etc.

**Nota:** Ótimo isolante térmico e acústico.

### ➤ **Concreto com Isopor**

**Característica:** Sua característica é um concreto com peso próprio reduzido, através da utilização do agregado isopor, tipo pérola, com densidades que variam de 700 a 1700 kg/m<sup>3</sup> e resistências de 0,5 a 5,0 MPa.

**Utilização:** Vale a mesma observação do concreto celular, ou seja, densidades de 600 a 1100 kg/m<sup>3</sup> só para enchimento e resistências de 1200 a 1700 kg/m<sup>3</sup> com resistência para suporte (regularização de lajes, paredes, etc.).

**Nota:** Ótimo isolante térmico e acústico.

### ➤ **Concreto com Vermiculita Expandida**

Podem-se adotar as mesmas observações feitas ao concreto com isopor, no entanto a utilização neste caso seria o agregado tipo vermiculita expandida.

### ➤ **Concreto Sem Finos ou Concreto “Cavernoso”**

**Característica:** É um concreto com peso próprio reduzido, que tem como característica principal a ausência de finos, ou seja, sem agregado miúdo (areia) com aparência de concreto empedrado. Quando se utiliza como matéria-prima argila expandida tem densidade que varia de 850 a 950 kg/m<sup>3</sup> e britas densidade de 1450 a 1650 kg/m<sup>3</sup>.

**Utilização:** Normalmente utilizado para regularização de pisos, paredes e muros de gravidade, filtros biológicos, drenos, etc.

**Nota:** Na utilização como regularização de piso, há a necessidade de argamassa sobre a superfície para o acabamento.

## **3.7 Concreto Pesado**

**Característica:** É o concreto que tem sua massa específica elevada devido a utilização de agregados pesados. Enquanto a densidade dos concretos normais varia de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>, estes variam de 2500 a 4500 kg/m<sup>3</sup> e utilizam-se agregados graúdos tipo barita, magnetita, hematita, limalhas de ferro, bolas de aço, ou chumbo e como agregado miúdo as areias artificiais destes. A utilização mais comum são os agregados tipo hematita, barita e magnetita.

**Utilização:** São normalmente empregados em barragens onde é importante o peso para diminuição de suas dimensões.

O concreto pesado é bastante utilizado como anteparo de radiações de energia elevada, como os raios X, raios gama e nêutrons (bombas de cobalto), porque reúne qualidades de absorção de radiações com boas características mecânicas e durabilidade.

**Nota:** Diminui a espessura do anteparo (paredes e lajes) com grande eficácia.

### 3.8 Concreto Projetado ou Jateado ou Gunitagem

#### ➤ Via Seca

**Característica:** É um tipo de concreto que é projetado ou jateado através de equipamento próprio. Tem consistência seca, ou seja, sem água. Sua mistura é feita no caminhão betoneira a seco. O equipamento recebe este concreto nesta consistência e é empurrado para um mangote, por uma bomba, onde recebe a adição de água e aditivo acelerador. Assim ele é projetado sobre uma superfície, em camadas de pouca espessura e em poucos segundos adquire resistência capaz de manter a contenção destas. Utiliza-se como agregado graúdo a brita tipo pedrisco.

**Utilização:** painéis; revestimentos; muros de contenção; contenção de encostas e taludes; paredes de túneis; galerias, etc.

**Nota:** O concreto deverá ser solicitado como consumo, pois o equipamento, aplicação e aditivos que garantem as resistências desejadas.

#### ➤ Via Úmida

**Característica:** Pode-se adotar as mesmas observações feitas ao concreto projetado via seca, porém o concreto via úmida possui slump superior a 100 mm e com outro tipo de equipamento para aplicação. O processo é o mesmo, sendo que, receberá na ponta do mangote apenas o aditivo acelerador.

**Utilização:** painéis; revestimentos; muros de contenção; contenção de encostas e taludes; paredes de túneis; galerias, etc.

**Nota:** O concreto deverá ser solicitado como consumo, pois o equipamento, aplicação e os aditivos que garantiram as resistências desejadas.

### 3.9 Concreto Submerso

**Característica:** Concretos aplicados em presença de água ou lama betonítica. O abatimento desse concreto em específico é de 200 +/- 30 mm. Em grandes profundidades sob água e/ou água corrente serão previstos aditivos especiais, modificadores de viscosidade para termos maior compacidade sem desagregação em presença de água.

**Utilização:** Normalmente utilizados em paredes de diafragma, tubulões, barretes, estruturas submersas em água doce ou salgada, marinas, etc.

**Nota:** Haverá a necessidade da aplicação destes concretos, funis ou trombas, para amenizar a desagregação do concreto. Desta maneira por diferença de densidade, o concreto substituirá a água existente nestas estruturas.

### 3.10 Concreto de Alta Resistência

**Característica:** O concreto de alta resistência pode ser considerado os de resistências acima de 30,0 MPa, para estruturas corriqueiras ou especiais a qual foi calculada. Dependendo da resistência destes concretos poderemos usar ou não aditivos especiais, cimentos especiais, adições, etc.

**Utilização:** Quaisquer tipos de estrutura.

**Nota:** Poderá ser considerado também como concreto de Alto Desempenho.

### 3.11 Concreto de Alta Resistência Inicial

**Característica:** Os concretos de alta resistência inicial são aqueles que necessariamente precisam de resultados de resistência em tempo inferior a 28 dias, ou às vezes em horas, devido as desformas precoces, protensão antecipada ou pré-protensão, ou até mesmo em casos de pavimentos para liberação do trânsito, etc.

Dependendo destas resistências podemos ou não utilizar aditivos especiais, cimentos especiais, adições ou ainda na execução curas especiais.

No entanto estes concretos deverão ser solicitados como FCj (resistência média do concreto), onde o “j” corresponde a idade do concreto em que se deseja atender a especificação de resistência.

**Utilização:** Quaisquer tipos de estrutura.

**Nota:** Poderá ser considerado também como concreto de Alto Desempenho.

### 3.12 Concreto de Alto Desempenho

**Característica:** São concretos de alta resistência (> 30,0 MPa) e durabilidade. Reúne também outros fatores, além das resistências elevadas, como vimos anteriormente. Possuem maior durabilidade, menor porosidade, maior impermeabilidade, maior coesão e de fácil aplicabilidade devido a utilização de aditivos superplastificantes ou hiperplastificantes. Normalmente recebe adições como Sílica ativa ou Metacaulim.

Estas adições exercem influência sobre as propriedades do concreto de tal forma que durante a reação do cimento, parte reage cristalizando-se liberando a cal livre (CaO), até então inerte e indesejável que vai reagir com estas adições tornando-se um novo produto cimentício. Também, por causa de serem partículas extremamente pequenas se comparadas ao cimento, estas se introduzem entre os grãos de cimento, reduzindo o espaço disponível para a água e atuando como pontos de nucleação.

O concreto de **Alto Desempenho** possui outras propriedades, além de somente ser considerado como de **Alta Resistência** que citaremos a seguir no campo utilização.

Normalmente o calculista amarra em sua especificação **Consumo mínimo de Cimento** e **Fator A/C**.

**Utilização:** A seguir campos de aplicação:

#### a) Como Concreto Impermeável

Podemos dizer que um concreto com mesmas características de Fator Água/Cimento e consumo de cimento, dentro das condições básicas de concreto impermeável, com adição de Sílica ativa ou Metacaulim na ordem de 5 a 12%, podemos garantir uma impermeabilidade de 10 a 20 vezes superior. Isso aumenta a vida útil das estruturas, mesmo em ambientes extremamente agressivos.

#### b) Com Alta Resistência ao Ataque Cloretos e Sulfatos

Altamente recomendável em estruturas expostas ao ataque de cloretos e sulfatos, por exemplo: estações de tratamento de esgoto, coletores de esgoto, estações de tratamento de água, obras marítimas, instalações portuárias, fábrica de adubos, etc.

#### c) Com Alta Resistência Inicial

Com facilidade se obtém resistências bastante elevadas em pequenas idades ou até em horas, normalmente utilizadas em estruturas emergenciais ou até em estruturas que se necessite dar um andamento acelerado no cronograma de obras.

Indicado também para estruturas de pré-moldados, a qual podem-se liberar as fôrmas rapidamente, aumentando a produtividade, além da vantagem da redução nominal das seções das peças.

#### d) Com Alta Resistência

Estruturas em concreto que até então eram calculadas com no máximo  $FCk\ 40,0$  MPa, com o surgimento das adições e aditivos especiais, hoje é possível se obter resistências acima de 100 MPa.

As maiores vantagens de estruturas em concreto, calculadas com resistências acima de 30 MPa, é que se pode projetar prédios mais altos, reduzir as seções das estruturas, algumas vezes em até 50%, ganhando-se espaço interno, reduzindo volume de concreto, gasto com fôrmas e armaduras, aumento dos vãos, aumento da durabilidade destas estruturas e ainda alívio em fundações, etc.

Estudos realizados em obras já executadas representaram uma redução no custo real na ordem de 15%.

#### e) Pavimentos de Alta Resistência

Em indústrias pesadas, onde exige tráfego intenso de empilhadeiras pesadas ou ruas e avenidas, paradas de ônibus, corredor de trolebus, etc., os concretos de alto desempenho são extremamente viáveis, pois aumentam a resistência à abrasão, ou seja, resiste ao desgaste superficial devido a ação abrasiva de areias, ou quaisquer outros elementos não desejáveis, que os veículos dotados de pneus com alta pressão exercem sobre estes. Ainda confere alta resistência à tração na flexão, superior aos concretos sem estas adições.

É comum também sua utilização em pavimentos de aeroportos.

#### f) Recuperação Estrutural / Reparos

Um concreto de alto desempenho aplicado sobre uma superfície limpa, rugosa e úmida de um concreto velho, confere aderência perfeita. Já foram feitos vários consertos ou aplicações práticas com a técnica de concreto com **sílica ativa**, como reparos em pisos, envelopamento de vigas e pilares, muito bom para enchimentos de ninhos ou recobrimento de armaduras expostas, etc.

**Nota:** As adições pelo fato de ser um material bastante fino, conferem ao concreto baixa segregação e exudação, podendo ser colocado o concreto em estruturas de difícil aplicação (estruturas esbeltas, muito armadas, etc.)

Pelo mesmo motivo, em se tratando de material fino, o consumo de água elevaria substancialmente o fator a/c, não se obtendo as propriedades desejadas. Com isso o concreto tem necessidade do uso de super ou hiper plastificantes e na escolha desse tipo de concreto deverão ser levados em conta, tipos de cimento, distância da obra, temperatura ambiente, tipo de aplicação, cuidados com a cura, e propriedades que se deseja obter.

### 3.13 Concreto para Pavimentos Industriais.

**Característica:** A norma recomendada para pavimentos simples de concreto com resistências superior a **F<sub>Ck</sub> 25,0 MPa** é **Consumo Mínimo de Cimento 350 kg/m<sup>3</sup>**, onde requer solicitações de tráfego de veículos, empilhadeiras, carrinhos com rodas de metal ou plástica, trânsito intenso de pessoas ou grandes depósitos de matéria-prima. Além da Resistência à Compressão, o concreto deverá ter **Resistência à Tração na Flexão** capaz de suportar os esforços de tração do concreto. Ainda **Resistência à Abrasão ou Resistência ao Desgaste Superficial**.

Para outros pavimentos com baixa solicitação poderão ser previstos F<sub>Ck</sub> mínimo de 20,0 MPa.

**Utilização:** Pavimentos industriais, estacionamentos, garagens prediais ou comerciais, galpões de estocagem, oficinas mecânicas, etc.

**Nota:** É bom comentar a necessidade de uma ótima sub-base, com excelente compactação do substrato, projeto estrutural, tipo de execução, cura do concreto (essencial) e previsão de juntas de dilatação.

Os pavimentos poderão ser armados ou não. Deverão ser previstos no projeto ferragem de transição.

Poderão ser previstos a utilização de fibras de aço, polipropileno, nylon ou fibra de vidro. Ainda aditivos compensadores de retração.

Acabamento com réguas vibratórias, vibro-acabadoras de concreto e posterior acabamento com “helicópteros” é importante a utilização de concretos com slump máximo de 100 mm, caso contrário é necessário a utilização de aditivo superplastificante para melhor aplicabilidade do concreto sem abuso de água.

O calculista deverá opinar pelo tipo de pavimento e suas resistências, as adições que quer utilizar e previsão de utilização.

### 3.14 Concreto para Pavimentos Rodoviários

**Característica:** Vale os mesmos comentários do item Concreto para Pavimentos Industriais, com ressalvas.

O concreto deverá ser solicitado com **Resistência à Tração na Flexão**.

O concreto para pavimento rodoviário tem normalmente slump 50+/-10 mm e seu acabamento superficial é vassourado e rústico, por questão de segurança relativo à frenagem. O concreto deverá ser vibrado e acabado com régua vibratória e posteriormente vassourado. Em se tratando de concreto exposto ao sol e vento, a cura deverá ser intensificada, na maioria das vezes com a utilização de agentes de cura.

**Utilização:** Pavimentos rodoviários, praças de pedágio, paradas de ônibus, estações rodoviárias, etc.

**Nota:** Saiba mais: - **Quadro Comparativo Concreto x Asfalto**

#### - Economia -

| Concreto                                              | Asfalto                                                              |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Custo inicial moderado                                | Custo inicial aumentou com o preço do petróleo                       |
| Desempenho a longo prazo com pouca manutenção         | Manutenção rotineira e cara                                          |
| Custo anual baixo e facilmente determinável           | Custo anual alto e de difícil previsão                               |
| A qualidade da superfície é mantida ao longo dos anos | Os buracos e afundamentos são freqüentes e causam danos aos veículos |
| Está disponível praticamente em                       | As usinas de asfalto são esparsas                                    |

|                                                                  |                                               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>qualquer lugar</b>                                            |                                               |
| <b>Economiza-se até 30% nas despesas com iluminação das vias</b> | <b>Não há economia na iluminação das vias</b> |

### **- Desempenho -**

| <b>Concreto</b>                                        | <b>Asfalto</b>                                                                  |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Enorme vida útil</b>                                | <b>Pequena vida útil (não mais de 10 anos)</b>                                  |
| <b>Resiste a produtos químicos, óleos, intempéries</b> | <b>É fortemente afetado pelos mesmos agentes</b>                                |
| <b>Conserva íntegra a seção transversal</b>            | <b>Deforma-se, afunda-se, formam-se trilhas de roda e buracos ou “panelas”.</b> |
| <b>Suporta facilmente sobrecargas imprevistas</b>      | <b>Sobrecargas imprevistas danificam o sub-leito</b>                            |
| <b>Distribui muito bem as cargas</b>                   | <b>Não distribui adequadamente as cargas</b>                                    |
| <b>É praticamente impermeável</b>                      | <b>Absorve a umidade com rapidez</b>                                            |
| <b>Não é afetado pelo calor</b>                        | <b>Altas temperaturas produzem amolecimento e perda do material</b>             |

### **- Projeto -**

| <b>Concreto</b>                                                                  | <b>Asfalto</b>                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Técnicas de projeto praticamente invariáveis</b>                              | <b>Os métodos de dimensionamento são muito variáveis</b>                |
| <b>A resistência aumenta com a idade</b>                                         | <b>A resistência costuma diminuir, principalmente em climas quentes</b> |
| <b>Os meio-fios, sarjetas podem ser construídos juntamente com os pavimentos</b> | <b>Os meio-fios e sarjetas são separados do pavimento</b>               |
| <b>A seção total de pavimento é menor do que a necessária ao asfalto</b>         | <b>Requer maior escavação e maior movimento de terra</b>                |
| <b>As estruturas de drenagem são mais simples e eficientes</b>                   | <b>Necessidade de estruturas de drenagem mais complexas</b>             |

### **- Construção -**

| <b>Concreto</b>                                   | <b>Asfalto</b>                                      |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Máximo de duas camadas</b>                     | <b>Camadas múltiplas</b>                            |
| <b>Equipamento simplificado</b>                   | <b>Equipamento numeroso e completo</b>              |
| <b>Quantidade de serviço e materiais estáveis</b> | <b>Quantidade de serviços e materiais variáveis</b> |

|                                                  |                                            |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Mão-de-obra não especializada e abundante</b> | <b>Mão-de-obra especializada e escassa</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|

### **- Manutenção -**

| <b>Concreto</b>                                          | <b>Asfalto</b>                                            |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Pequena necessidade de manutenção rotineira</b>       | <b>Remendos e substituições rotineiras</b>                |
| <b>Manutenção pesada ou reforço somente após 25 anos</b> | <b>Reforço ou recapeamento preciso a partir de 5 anos</b> |
| <b>Reparos uniformes e regulares</b>                     | <b>Reparos erráticos e irregulares</b>                    |
| <b>Menos mão-de-obra e equipamentos simples</b>          | <b>Mais mão-de-obra e equipamentos complexos</b>          |

### **- Segurança -**

| <b>Concreto</b>                                                                                | <b>Asfalto</b>                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Excelente reflexão de luz, maior distância de visibilidade horizontal</b>                   | <b>Péssima reflexão de luz, péssima visibilidade horizontal</b>                      |
| <b>Pode-se dar à superfície a textura desejada, tornando grande a resistência à derrapagem</b> | <b>A superfície é lisa e escorregadia</b>                                            |
| <b>Inclinação da seção transversal é pequena, que permite maior controle dos veículos</b>      | <b>A inclinação é grande, o que dificulta o controle dos veículos</b>                |
| <b>Escoa melhor a água superficial</b>                                                         | <b>A rugosidade superficial retém a água</b>                                         |
| <b>A superfície permanece íntegra ao longo do tempo</b>                                        | <b>A superfície deteriora-se e deforma-se, prejudicando o conforto e a segurança</b> |

O concreto em pavimentos exerce enormes vantagens sobre os pavimentos flexíveis, pois além destas, o pavimento asfáltico é derivado do petróleo importado e consome divisa.

Ainda levando em conta estas vantagens, o consumo de energia é consideravelmente menor em iluminação das vias públicas, sendo difícil calcular tal custo, bem como a economia que traria ao país quanto a redução de acidentes de trânsito.

Estudos comparativos realizados pela ABCP demonstram que o custo inicial é maior do pavimento de concreto, porém tende a se igualar após 3,5 anos, justamente quando se começa a fazer as recuperações dos pavimentos flexíveis.

## **3.15 Concreto Rolado para Pavimentos**

**Característica:** É assim chamado o concreto de consistência seca, aplicado por espalhamento manual ou mecânico (espalhador, motoniveladora ou pá carregadeira) e compactado com rolo vibratório liso, equipamentos usuais de pavimentação.

É também chamado de concreto pobre rolado ou brita graduada tratada com cimento, devido a maioria das vezes ter baixo consumo de cimento.

**Utilização:** Sub-base de pavimentos asfálticos (flexíveis) ou rígidos (concreto); barragens; etc.

**Nota:** O concreto rolado poderá ser utilizado como pavimento definitivo, no entanto o consumo de cimento será maior.

### 3.16 Concreto para Baixas Temperaturas

**Característica:** É o concreto aplicado em estruturas cujo ambiente será abaixo de 0 °C.

O concreto em temperaturas a 0 °C (graus centígrados) não reage, ou seja, não há qualquer tipo de cristalização do cimento, mantendo-se na sua condição inicial, em estado fresco. Portanto é aconselhável aplicar o concreto a temperaturas acima de 5 graus centígrados, para quando após sua reação de endurecimento e resistência seja submetido a temperaturas abaixo de zero graus centígrados.

Devemos levar em consideração algumas situações; no exemplo de um frigorífico, quanto ao gelo e degelo, o concreto deverá ter condição de concreto impermeável (menos permeável), ou seja, consumo mínimo de cimento e fator a/c, com aditivo incorporador de ar. Com a baixa porosidade reduzirá as tensões internas do concreto suprimindo às condições de gelo e degelo.

**Utilização:** Câmaras frigoríficas, câmaras frias, estruturas em ambientes sujeitas a neve, etc.

**Nota:** No caso da necessidade de aplicação de concreto abaixo de 0 graus centígrados deverá ser previsto a utilização de água quente no concreto ou a utilização de aditivos especiais. De qualquer forma se fará uma proteção deste, até seu endurecimento e cristalização.

### 3.17 Concreto Submetidos a Altas Temperaturas

**Característica:** O concreto é pouco resistente ao fogo, de qualquer maneira estruturas de concreto são calculadas para resistir por algumas horas (04 horas), que se apostem a quebra de cristais de cimento, deteriorando-se. O concreto tem bom comportamento até temperaturas de 250 graus centígrados, sem que haja choques térmicos, ou seja, resiste a aumento gradativo e lento de temperaturas e o mesmo acontecendo com o decréscimo e em temperaturas constantes, desta ordem.

Acima de 250 a 600 graus centígrados, o concreto poderá suportar, mas deverá ser prevista a utilização de agregados especiais, como: argila expandida ou vermiculita, ainda cimento aluminoso, mesmo assim sem choques térmicos.

**Utilização:** Estufas, áreas próximas a fundição, fornos, caldeiras, etc.

**Nota:** É importante definir a temperatura que o concreto irá submeter-se para a escolha do tipo de concreto. Mudanças bruscas de temperatura não são aconselháveis qualquer tipo de concreto.

### 3.18 Concreto Impermeável

**Característica:** Não existe concreto totalmente impermeável. Podemos fazer concretos que melhoram as características de impermeabilidade. O básico para termos tal condição é o consumo mínimo de cimento –  $350 \text{ kg/m}^3$  e fator  $a/c \leq 0,50$ , ainda com aditivos especiais tipo incorporadores de ar ou impermeabilizantes.

Estes aditivos conferem ao concreto a introdução de micro-bolhas de ar na razão de até 6%, interrompendo, interceptando os capilares internos, dando melhor estanqueidade de percolação de líquidos sobre este.

A utilização somente do aditivo impermeabilizante no concreto melhora um pouco a impermeabilidade, porém sem as condições básicas, o concreto torna poroso e permeável.

Quanto maior for a solicitação de impermeabilidade do concreto, maior será o consumo de cimento e menor a relação água / cimento (fator  $a/c$ ).

**Utilização:** Estações de tratamento de esgoto, tratamento de água, caixas d'água, tanques de contenção, etc.

**Nota:** Concretos com adições de Sílica ativa ou Metacaulim melhoram drasticamente a impermeabilidade do concreto.

Nada vale a solicitação de concreto impermeável se a execução de aplicação for incorreta.

### **3.19 Concreto para Estruturas Expostas à Água do Mar ou Sulfatadas**

**Característica:** A norma define que o concreto para estas estruturas deverá ter característica impermeável devido a agressividade destes meios, porém determinam que o fator água/cimento seja  $\leq 0,45\%$  onde estas recebam respingos de maresia e  $\leq 0,40\%$  em estruturas expostas ao efeito maré.

**Utilização:** Marinas, edificações portuárias, portos, diques, etc.

**Nota:** Concretos com adições de Sílica ativa ou Metacaulim melhoram drasticamente a impermeabilidade do concreto.

Nas execuções destas estruturas o recobrimento das armaduras deverá ser no mínimo de 4 cm.

### **3.20 Concreto Tipo Grout**

Os agregados destes concretos possuem diâmetro máximo de 4,8 mm.

Possuem grande fluidez e são auto-adensáveis.

Sua maior utilização é no preenchimento de vazios e juntas de blocos de alvenaria estrutural.

### **3.21 Concreto com Fibras**

#### **Fibras de Aço, Plástico ou Polipropileno**

Reduz a fissuração, tem maior resistência à tração, ao impacto, ao desgaste superficial e à abrasão.

### **3.22 Concreto Colorido**

Evita o custo de manutenção de pinturas e substitui o gasto com revestimento. São utilizados para causar um melhor efeito arquitetônico, pois suas cores são uniformes e duráveis.

É usado principalmente em estruturas de concreto aparente, pisos (pátios, quadras, calçadas), monumentos, defensas e guarda-corpo de pontes.