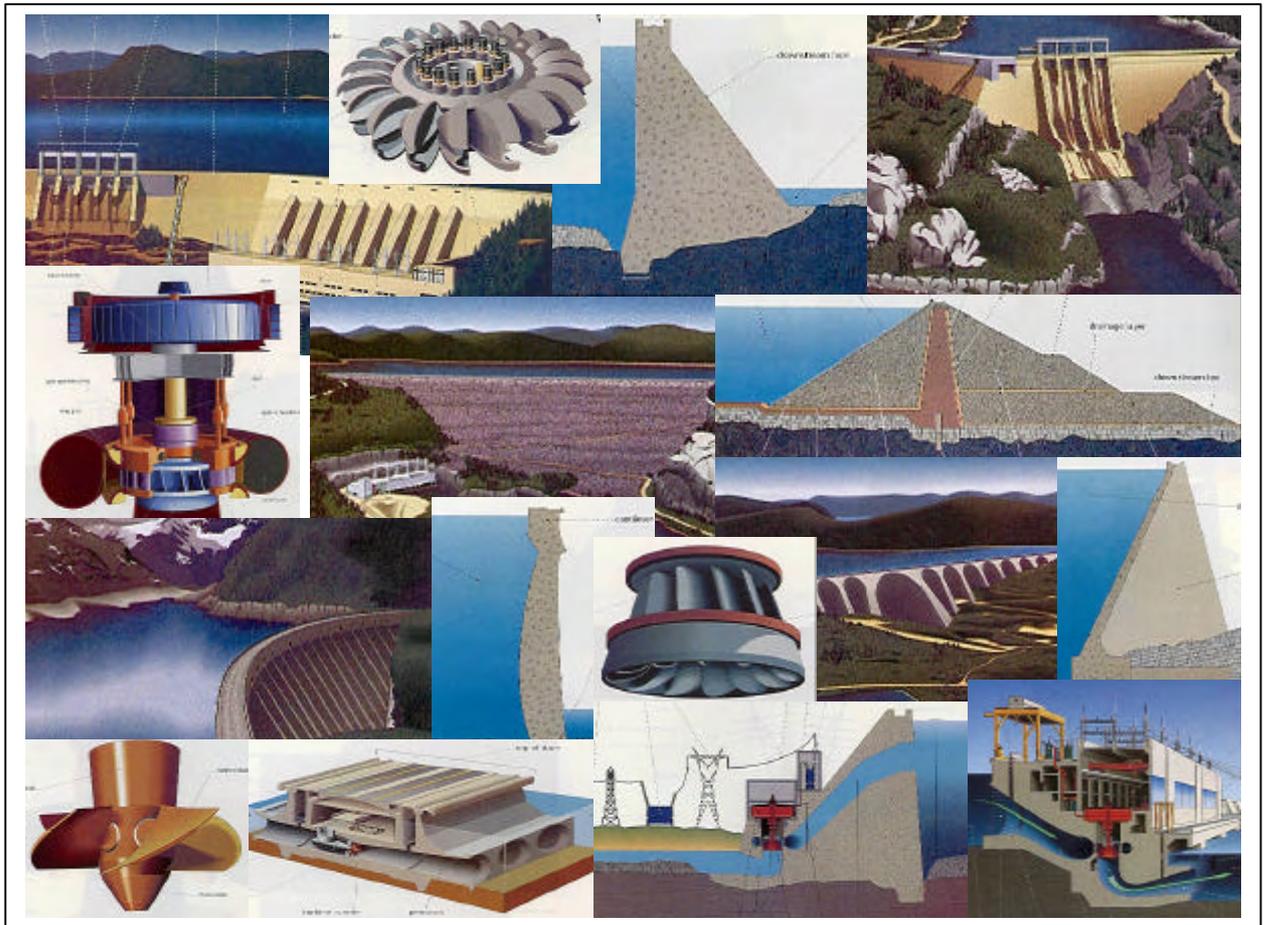


Requisitos de Projeto, Tecnologias e Equipamentos para a Construção de Barragens



Novas Tecnologias e Equipamentos Aplicadas na Construção de Barragens

São Paulo, 8 e 9/
Dezembro/1999



Andriolo Ito
Engenharia

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

PARTE B

NOVAS TECNOLOGIAS EM PRODUTOS E EQUIPAMENTOS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS

NOÇÕES BÁSICAS E CONDIÇÕES QUE AFETAM O CONCRETO

Ao final do texto se apresenta um Glossário de interesse ao convívio do concreto, entretanto alguns termos e conceitos, mais importantes, são apresentados desde o início, tendo em vista a chamada de atenção sobre seu conhecimento [3].

Abatimento (trabalhabilidade- slump)-

Medida de consistência de uma mistura fresca de concreto, argamassa, igual ao abatimento (assentamento) de um corpo de prova moldado, medido com precisão de 5mm, imediatamente após a retirada do molde tronco cônico.



Concreto consistente (bom teor de finos e argamassa) e trabalhabilidade (slump) ao redor de 8 cm.

Absorção- O processo através do qual um líquido penetra e tende a preencher os poros permeáveis de um corpo sólido poroso; o aumento de peso de um corpo sólido poroso, decorrente da penetração de um líquido em seus poros permeáveis.

Acelerador- A substância que, adicionada ao concreto, argamassa ou calda, acelera velocidade de hidratação de cimentos hidráulicos, diminuindo o tempo de pega ou aumentando a velocidade de endurecimento da evolução de resistência, ou ambos.

Aditivo- O termo frequentemente usado como sinônimo para materiais outros, que não água, agregados ou cimento hidráulico, usados como um componente do concreto ou argamassa e adicionados ao mesmo, durante ou imediatamente antes da mistura. Aditivos são substâncias introduzidas nas misturas de concretos ou argamassas com a finalidade de melhorar certas propriedades da mistura básica ou evitar algumas deficiências que não são possíveis de contornar com os materiais básicos. Os aditivos são produtos químicos adicionados à mistura de concreto em teores não maiores que 5% em relação à massa de cimento. O preconceito quanto ao uso normalmente está relacionado ao desconhecimento ou falta de informação. O mal uso, ou uso sem controle, de qualquer aditivo na construção, poderá causar danos e prejuízos. Quando bem utilizado, pode produzir uma série de benefícios em certas características e propriedades dos concretos. Os tipos básicos de aditivos são citados a seguir.

Alguns aditivos são práticos e eficientes para se obter os objetivos desejados, porém podem ocorrer casos em que o seu uso não seja plenamente justificável. Para se decidir sobre o uso ou não de determinado aditivo alguns fatores devem ser levados em consideração, como: A possibilidade de se obter o resultado desejado com uma pequena modificação da mistura básica;

A comparação entre o custo adicional do aditivo em relação ao custo adicional de uma modificação da mistura básica;

Possíveis efeitos colaterais do aditivo nas demais propriedades do concreto.

Alguns aditivos podem servir para mais do que um objetivo.

Existem, inclusive, produtos comerciais com esse comportamento, como, por exemplo, o aditivo redutor de água pode ser também incorporador de ar.

Algumas recomendações básicas para se definir o uso de determinado aditivo são as seguintes:

Como a quantidade é de grande

**importância os equipamentos utilizados na sua determinação devem ser de grande precisão;
Deve ser determinada a influência dos aditivos tanto nas propriedades do concreto**

fresco como do endurecido e utilizando nas misturas de ensaios os materiais que realmente serão aplicados na obra;

Aditivos/Tipos	Efeitos	Usos/Vantagens	Cuidado e Atenção	Exemplo de Uso
Plastificantes	Aumenta a trabalhabilidade e o índice de consistência; Possibilita redução da água de amassamento	Maior trabalhabilidade para determinada resistência; Maior resistência para determinada trabalhabilidade; Menor consumo de cimento para determinada resistência e trabalhabilidade	Retardamento do início de pega para dosagens elevadas do aditivo Riscos de Segregação Enrijecimento prematuro em determinadas condições	Soleira; Bombeamento; Secundários
Retardadores	Aumenta o tempo de Início de Pega	Mantém a trabalhabilidade em temperaturas elevadas Retarda a elevação do calor de hidratação Amplia os tempos de aplicação	Pode promover exsudação Pode aumentar a retração plástica do concreto; Baixas temperaturas	Bombeamento; Secundários; Acesso difícil
Aceleradores	Pega mais rápida Acelera o processo de evolução da resistência	Ganho de resistência em baixas temperaturas Redução do tempo de desforma	Possível fissuração devido ao calor de hidratação Risco de corrosão de armaduras (cloretos)	Concreto Projetado; Reparos
Plastificantes e Retardadores	Efeito combinado de Plastificar e Retardar	Em climas quentes diminui a perda de consistência		
Plastificantes e Aceleradores	Efeito combinado de Plastificar e Acelerar	Reduz a água e permite acelerar o endurecimento	Riscos de corrosão da armadura (cloretos)	
Incorporadores de ar	Incorpora pequenas bolhas de ar no concreto	Aumenta a durabilidade; Reduz a Permeabilidade ; Reduz o teor de água;	Controle do teor de ar incorporado Controle da trabalhabilidade	Concreto massa e de paramento
Super-plastificantes	Eleva o índice de consistência Possibilita redução do teor de água de amassamento	Redutor o teor de água	Riscos de segregação da mistura Duração do efeito fluidificante Pode elevar a perda de consistência	Concreto autodensável; "Tremie"
Expansores	Possibilita a expansão do concreto	Permite combater a sedimentação e retração do concreto	Controle da expansão e da respectiva pressão	Secundário; Leve

Como os efeitos de um aditivo variam com o tipo de cimento, relação água-cimento, temperatura de mistura, temperatura ambiente e outras condições de trabalho é recomendável que as proporções dos aditivos sejam ajustadas nas condições de trabalho;

Alguns aditivos apresentam alterações de suas características com o decorrer do tempo e portanto é necessário um acompanhamento efetivo de seu comportamento no período. Existe um grande número de aditivos no mercado para os diversos objetivos pretendidos, a saber:

Aditivos Redutores de Água e Retardadores de Pega- Os aditivos redutores de água são normalmente materiais orgânicos usados para melhorar a qualidade do concreto, obtendo-se a resistência requerida com uma menor quantidade de cimento, ou aumentam a trabalhabilidade sem aumentar o conteúdo de água. Esses aditivos são apropriados para uso em concretos bombeados ou lançados em condições adversas.

Os aditivos retardadores de pega atrasam a pega inicial e o endurecimento do concreto, com uma pequena redução na quantidade de água. Eles são usados de

preferência para evitar o perigoso efeito de acelerar a pega devido a altas temperaturas ou demora no lançamento e para manter o concreto trabalhável durante o período de lançamento.

Esses aditivos podem ser encontrados em pó ou na forma líquida. Quando fornecido em pó ele pode ser misturado preferivelmente com o agregado fino ou dissolvido na água, se for o caso. Os aditivos líquidos devem ser misturados com a água, antes da mistura e nunca com o cimento.

Alguns materiais apresentam ações variáveis, podendo agir como retardadores de pega quando usados com um tipo de cimento e agir como aceleradores de pega misturados com outros tipos de cimento. Também alguns materiais podem agir como retardadores ou aceleradores de pega dependendo da quantidade utilizada, ou até mesmo impedir o endurecimento do concreto.

Em função disso grande cuidado deve ser tomado antes do emprego desse aditivo e experiências e testes devem ser conduzidos antes do emprego em algum serviço.

Aditivo Incorporador de Ar- Este tipo de aditivo tem a propriedade de introduzir pequenas bolhas de ar na massa do concreto



as quais irão produzir vazios esféricos uniformemente distribuídos na estrutura do concreto endurecido. Este aditivo foi pesquisado e desenvolvido tendo como objetivo principal melhorar a resistência do concreto contra a ação do gelo e degelo, entretanto outras propriedades do concreto são alteradas. A aeração da massa do concreto pode ser obtida através de duas maneiras:

- por meio do uso de um agente espumoso que é introduzido durante a mistura do concreto ou;

- através de um agente que reaja (com constituintes presentes no cimento) produzindo gás.

De uma forma geral os efeitos causados pela introdução de ar no concreto são o aumento da trabalhabilidade, redução da resistência, redução da densidade, redução da exsudação, aumento da impermeabilidade e aumento da durabilidade. Apesar de reduzir certas qualidades do concreto, seu uso pode ser efetivamente vantajoso em determinadas aplicações.

Atualmente estes aditivos tem aplicações mais amplas do que melhorar a resistência ao gelo e degelo, mesmo em concreto estrutural. Principalmente no concreto massa onde é aplicado em larga escala devido suas propriedades de redução de exsudação, aumentar a impermeabilidade e melhorar as condições de lançamento.

Outros Aditivos- Além dos aditivos citados existem outros que são aplicados em menor escala, porém eficientes para determinados serviços, entre os quais destacam-se: acelerador de pega, impermeabilidade, expansores, etc. Aditivos impermeabilizantes tem como objetivo melhorar a capacidade do concreto em reter a água. Seu uso é bastante restrito e antes de sua aplicação deve ser analisada a possibilidade de se fazer pequenas alterações na mistura e se atingir o mesmo objetivo. O aditivo expensor quando introduzido no concreto acarreta um aumento do volume do mesmo, ainda na fase plástica. A principal aplicação deste tipo de aditivo é em concretos a serem lançados em locais confinados e assim com possibilidade de ocorrência de vazios devido a sedimentação do mesmo. Outra aplicação, atualmente em menor escala, é em caldas de cimento utilizados no preenchimento de bainhas de cabos de concreto protendido. O objetivo do

uso destes aditivos é de compensar a sedimentação (exsudação), que ocorre no concreto e nas caldas, através de uma expansão. Recomenda-se que para definição da expansão necessária sejam efetuados testes de sedimentação, entretanto, para concretos normais, 3% de expansão é suficiente para compensar a sedimentação e dar certo confinamento ao concreto. Nas caldas as variações são maiores.

O aditivo expensor pode apresentar alterações nas propriedades do concreto principalmente na resistência, acarretando uma redução da mesma, com o surgimento de um concreto na parte superior da peça. O confinamento pode atenuar este efeito. Recomenda-se uma pesquisa antecipada das propriedades do concreto antes da aplicação deste aditivo.

Agente (aditivo) incorporador de ar- O aditivo para argamassa ou concreto que possibilita a incorporação de ar durante a mistura e normalmente aumenta a trabalhabilidade e a resistência ao gelo-degelo.

Ar Incorporado- Bolhas microscópicas de ar, aproximadamente esféricas, intencionalmente incorporadas, normalmente pelo uso de um aditivo, ao concreto ou a argamassa durante a mistura; com diâmetros entre 10µm e 1000µm (micrômetros).

Concreto- Mistura em proporções fixadas em aglutinantes com água e agregados miúdo e graúdo, e eventualmente aditivos de modo a vir formar uma massa compacta, de consistência desejada e que endureça com o transcorrer do tempo. O concreto é uma mistura de vários materiais que apresentam a característica de ser moldada, durante um certo período de tempo, e depois endurece adquirindo propriedades mecânicas que permite seu uso em larga escala como material de construção. O concreto é constituído de um material aglutinante e água que são responsáveis pelo seu endurecimento e por uma composição de partículas relativamente inertes, denominadas "agregados". Existem atualmente vários tipos de concretos, dependendo do material aglutinante, dos agregados e mesmo do processo executivo do lançamento do concreto. O concreto de maior aplicação e sobre o qual será feita referência, é o formado pelo Cimento Portland, água, areia, e agregado graúdo. Alternativamente, são



incluídos nesta composição básica materiais pozolânicos e aditivos químicos para contornar certas deficiências ou melhorar a mistura básica.

As proporções destes materiais nas misturas de concreto são controladas de tal forma que se obtenha as seguintes condições :

- *no estado fresco a massa seja trabalhável e moldável;*
- *após o endurecimento, ela possua resistência e durabilidade, e demais propriedades, de forma a atender os objetivos a que se propõe, e*
- *custo final seja mínimo em conformidade com a qualidade desejada;*

Tão logo a água seja colocada em contato com os outros ingredientes, a mistura do concreto fresco sofre várias alterações (normalmente dentro de poucas horas) e torna-se rígida, ou concreto endurecido

Cone de abatimento- (cone de "slump")-

O molde tronco-cônico com base de diâmetro 200mm, topo com diâmetro 100mm e altura de 300mm, usado para moldar um corpo de prova de concreto fresco para o ensaio do abatimento.

Consistência- A relativa facilidade, mobilidade ou habilidade de uma mistura de argamassa ou concreto fresco em fluir; a medida usual da consistência do concreto é o abatimento pelo tronco de cone (Slump); da argamassa ou calda é o escoamento e da pasta de cimento é a resistência a penetração. A consistência sendo um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade torna-se útil no seu controle. Normalmente ela é determinada através do ensaio de abatimento do cone ("Slump") o qual indica a fluidez ou "umidade" da massa. O ensaio de abatimento do cone é uma indicação prática e útil da trabalhabilidade. A consistência ("Slump") é representada pela diferença das alturas da forma e do bloco de concreto após abatimento. Esta medida é dada em centímetros ou milímetros. Normalmente indicam-se valores da consistência para concretos trabalháveis, em geral recomenda-se de 2cm a 4cm para concreto massa e de 4cm a 8cm para concretos estruturais. Acima de 8cm são para concretos com altas taxas de armadura, para concretos bombeados, etc. Existem outros métodos para determinação da consistência, porém o do abatimento do cone é o mais empregado, tanto nos estudos de

laboratórios como no controle de campo.

Mantendo fixa a proporção de cimento para agregado, na condição seca, o efeito do aumento de água na mistura pode ser compreendido seguindo os seguintes passos: com as primeiras aplicações de água a massa seca aumenta de volume (empolamento). A medida que se aumenta a quantidade de água, o volume da massa continua aumentando até um máximo, dependendo do tipo e natureza dos materiais; a partir daí, para novos incrementos de água o volume começa a diminuir até que a densidade máxima seja atingida. Neste ponto a massa torna-se plástica; para novos aumentos de água o volume da massa aumenta novamente e ela torna-se mais fluida, até um ponto em que a pasta fica tão rala que não se consegue manter mais os agregados em suspensão; neste ponto inicia-se o fenômeno da segregação, causado pela diluição da mistura; a quantidade mínima de água a ser utilizada é aquela em que o volume começa a reduzir ou se atinja a máxima densidade, e o máximo é aquela na qual o processo de segregação seja iniciado.

Exsudação- Surgência de água na superfície do concreto fresco. Causada pelo assentamento dos grãos de cimentos e partículas dos agregados. Segregação interna à massa. (Bleeding) Durante o transporte e/ou vibração do concreto certa parte da mistura tende a subir e atingir a superfície do concreto. Este processo continua mesmo após a vibração e é conhecido como "exsudação" do concreto. A exsudação resulta da incapacidade dos materiais constituintes, em reter toda água de mistura dispersada, à medida que as partículas mais pesadas vão se acomodando. Parte da água exsudada atinge a superfície do concreto, parte fica retida sob as barras de aço ou sob as grandes partículas de agregados, e outra parte da porção inferior do concreto dilui a pasta de água e cimento da porção superior.

Se a perda d'água por exsudação fosse uniformemente distribuída por toda a peça de concreto ela melhoraria suas qualidades, devido à redução do fator água-cimento. Existem processos que se utilizam desse comportamento do concreto, ativando a retirada de água através de instalação de vácuo na sua superfície, com o objetivo de melhorar sua qualidade. Entretanto, normalmente, a exsudação ocorre de maneira

desuniforme e seus efeitos são indesejáveis. Usualmente, a parte superior do concreto é mais fraca que a média total da peça. Os vazios ou bolhas de água acumulados sob as barras de aço ou do agregado irão reduzir a aderência e facilitar a percolação. Além disso, a parte da água que atinge a superfície tende carrear partículas leves tornando a parte superior mais fraca e em muitos casos formando uma "nata" rala e fraca na superfície. Esta "nata" deve ser removida completamente por escoamento ou jateamento, a fim de melhorar a aderência com uma nova camada de concreto.



Concreto com trabalhabilidade (slump) ao redor de 6cm e péssima consistência, com apreciável segregação-exsudação, devido a ausência de finos.

Alguns fatores que tendem reduzir a exsudação são utilizados de agregados bem graduados e proporcionados adequadamente, baixo conteúdo de água, alta quantidade de cimento com alta finura, agregado miúdo com adequada quantidade de finos, materiais pozolânicos e lançamento de pequenas alturas. Os aditivos incorporadores de ar são eficientes na redução da exsudação. A sedimentação ou contração causada pela exsudação em concretos e caldas de cimento tem sido evitada através do uso de cimento expansivo ou pó de alumínio na mistura, tomando-se certas precauções.



Determinação da Pega de concreto.

Pega- A condição atingida pela pasta, argamassa ou concreto, quando da perda da elasticidade-rigidez- até um valor arbitrado, normalmente medido pela resistência à penetração ou deformação. Ao se adicionar água ao cimento obtém-se uma pasta plástica facilmente trabalhável.

No transcorrer do tempo, essa pasta começa a perder essa plasticidade. O tempo que decorre desde a adição da água até o início das reações com os compostos do cimento é denominado de **Início de Pega**, ou seja, o instante em que não se pode, nem se deve, mais manusear o concreto. Esse Início de Pega, caracteriza-se pelo aumento brusco da viscosidade, e enrijecimento, e pela elevação da temperatura. O **Fim de Pega** ocorre quando a pasta deixa de ser deformável à pequenas solicitações.

Segregação- A separação do agregado graúdo da argamassa do concreto



Segregação em concreto massa.

Trabalhabilidade- A propriedade da mistura fresca de argamassa ou concreto que caracteriza a facilidade e condições de homogeneidade com que a mistura pode ser transportada, lançada, compactada e acabada.



PROBLEMAS E ADVERSIDADES NO MANUSEIO E TRANSPORTE DO CONCRETO

O manuseio do concreto na obra deve ser feito antes que tenha início a pega do cimento, portanto quando o material se encontra ainda no estado denominado de "concreto fresco" [3]. Então a trabalhabilidade é a condição técnica exigida para o concreto neste estado. Não se pode, portanto, abordar os problemas relativos ao manuseio do concreto sem uma boa compreensão do conceito de trabalhabilidade.

Quando a mistura fresca, constituída de cimento, agregados, água e, eventualmente, aditivos, apresenta características adequadas ao tipo da obra a que se destina e aos processos de manuseio que são adotados, mantendo-se continuamente homogênea diz-se que ela é trabalhável. Somente um concreto trabalhável permite a obtenção de uma estrutura pronta com qualidade uniforme.

Variação nos Tempos de Pega (Início e Fim)

- Temperatura- Insolação (maior Temperatura - Insolação; menor os Tempos de Pega)
- Cimento (Cimento mais fino, menor os Tempos de Pega; Cimento com maior Calor de Hidratação, menor os Tempos de Pega; Composição Química)
- Aditivos
- Vento, Evaporação
- Absorção dos agregados

Deixando o concreto fresco sem movimento ele gradualmente vai endurecendo até que se dê a "pega". Entretanto, não há um ponto bem definido no qual o concreto passa do estado plástico para o rígido. Em termos práticos o concreto deve permanecer plástico no mínimo meia hora, ou preferencialmente uma hora ou mais, para que haja tempo suficiente para o transporte, lançamento e vibração, sem haver necessidade de medidas extraordinárias, e ele endureça em tempo suficiente para atender os propósitos da construção.

Em condições favoráveis, após várias horas da betonada o concreto pode ser reconsolidado por vibração.

O interesse prático em se determinar o tempo de pega consiste em se avaliar a necessidade de se regular o tempo máximo da

betonada e/ou transporte, do uso de aditivos reguladores de pega, e de se prevenir contra condições meteorológicas adversas. Enquanto não se tem encontrado uma boa relação do tempo de pega do concreto com a do cimento, tem-se conseguido relacionar com o tempo de pega de argamassa. Como no caso do cimento, o tempo de pega do concreto é necessariamente um valor arbitrário tomado no processo gradual de endurecimento e definido em termos de um particular método de ensaio e aparelho.

A velocidade de endurecimento do concreto é largamente afetada pela temperatura. Para temperaturas muito baixas, o tempo de pega pode ser excessivamente retardado e para temperaturas altas ele pode ser excessivamente acelerado. Para evitar situações inadequadas com relação à pega do concreto úmido deve-se observar nas condições de campo, além da temperatura, a absorção da água pelos agregados, a graduação dos agregados e a quantidade de água misturada. Uma forma de controle é de se limitar a perda de trabalhabilidade em 2cm entre a saída da betoneira e o momento do lançamento; outra maneira é de se limitar o tempo entre essas duas operações. Em determinadas condições, ainda quando o concreto esteja sendo betonado, pode ocorrer uma secagem rápida da mistura, seguida de um endurecimento sem evolução do calor, esse fenômeno é conhecido como "falsa" pega. A "falsa" pega ocorre para determinados tipos de cimento e quando a temperatura dos materiais e do ambiente for muito alta e pode ser contornada remisturando os materiais.

Consistência - Trabalhabilidade

Outro fato que costuma ocorrer durante o manuseio e que igualmente prejudica a trabalhabilidade do concreto fresco é a modificação da consistência, caracterizada por perda de elasticidade da mistura. Isto se deve à diminuição da quantidade de água de amassamento com tempo, com aconseqüente diminuição da mobilidade das partículas e alteração da coesão. Depois de feita a mistura, uma parte de água pode perder-se devido à evaporação (particularmente se o concreto é exposto ao sol e ao vento), parte é absorvida pelos agregados e outra parte é retirada pelas reações químicas iniciais. Tem-se observado que a medida da consistência varia gradativamente com o tempo, dependendo esta variação do tipo e teor de cimento na



mistura, da temperatura do concreto e da consistência inicial, como também da presença de aditivos.

A trabalhabilidade é um fator ou condicionante intrínseco da obra. As condições de transporte e colocação, a potência e características dos vibradores, o tempo de aplicação disponível, a experiência da equipe em manusear o concreto, têm influência na escolha da Trabalhabilidade.

Para que o concreto tenha qualidade adequada é necessário que a mistura seja relativamente fácil de se transportar, lançar, consolidar e acabar, e que não apresente segregação durante este período. A combinação dessas qualidades, de facilidade no lançamento e resistência à segregação é chamada de "trabalhabilidade". A trabalhabilidade do concreto depende de muitos fatores, os quais não podem ser medidos satisfatoriamente, na verdade não há um consenso sobre todos esses fatores. Além disso, a trabalhabilidade é uma propriedade relativa pois um concreto que é considerado como trabalhável sob certas condições pode não o ser em outras. A trabalhabilidade necessária pode variar dependendo do tipo de equipamento de mistura, transporte ou consolidação, como do sistema de lançamento, ou com as dimensões e formas da peça a ser moldada. Por exemplo, um concreto relativamente seco pode ser adequado para o concreto massa de usinas hidrelétricas, enquanto que dificilmente seria moldado satisfatoriamente em uma peça estreita com alta densidade de armadura. Normalmente um concreto trabalhável é plástico, embora concretos secos são adequados sob determinadas condições de lançamentos e considerados trabalháveis.

Alguns fatores que influenciam a plasticidade da mistura do concreto são:

- Plasticidade da Pasta;
- Quantidades relativas da pasta e do agregado;
- Forma e dimensão dos grãos de cimento ou material pozolânico;
- Graduação dos agregados;
- Forma e superfície dos agregados.

As principais propriedades que influenciam a trabalhabilidade são:

- Resistência ao atrito para se iniciar o escoamento;
- Mobilidade da massa após o escoamento ter iniciado;

- Coesividade ou resistência à segregação.

Outros fatores que influenciam a trabalhabilidade incluem a quantidade e características do material aglomerante, granulometria e forma dos agregados, quantidade de água, quantidade de ar incorporado e tipo e quantidade de aditivos químicos ou material pozolânico.

A trabalhabilidade deve ser distinguida da consistência do concreto, a qual representa o grau de "umidade" do concreto. A idéia de consistência está relacionada apenas com a noção de força e escoamento.

Dentro de certos limites, concretos úmidos são mais trabalháveis do que concretos secos, entretanto, concretos com a mesma "umidade" (consistência) podem apresentar trabalhabilidades diferentes.

Os ensaios de trabalhabilidade e de consistência são observações relativas e portanto não representam as características fundamentais dessas qualidades.

Tendo-se que a caracterização da trabalhabilidade através de medições é difícil, senão impossível de se obter, destaca-se o valor da inspeção visual para a obtenção de um concreto trabalhável. Uma estimativa razoável da trabalhabilidade pode ser feita através da inspeção visual da mistura (coesividade, argamassamento, acabamento, etc) combinada com uma medida da consistência. Essas observações são indispensáveis quando do início da aplicação de uma mistura para se controlar a qualidade do concreto.

Exsudação

Outra forma de segregação é a que se denomina exsudação e que ocorre quando certos concretos já se encontram colocados nas fôrmas. Corresponde à separação da água que, devido à sedimentação das partículas sólidas, sobe até a superfície do concreto fresco, aí se acumulando e tornando a camada superior mais úmida. Se a colocação de outra camada de concreto sobre esta superfície prende a água que não tenha ainda evaporado, resulta neste ponto um concreto fraco e poroso. A exsudação tem prosseguimento até que o enrijecimento da pasta seja suficiente para pôr fim no assentamento dos grãos sólidos. Este fenômeno tem lugar sempre que os constituintes sólidos não são capazes de reter a água de amassamento. As propriedades físicas

dos grãos mais finos da mistura, especialmente os de diâmetros menores que 0,15mm influem bastante na exsudação, de sorte que um aumento da proporção destes grãos, como um maior teor de cimento, reduzem a exsudação. A adição de pozolana ou de incorporadores de ar tem igual efeito.

Segregação

A Segregação dos constituintes é um dos principais problemas que podem surgir no manuseio do concreto fresco.

CONCRETOS: TIPOS E USOS

Concreto Massa: Qualquer volume de concreto com dimensões o suficientemente grandes para exigir precauções, para reduzir a geração de calor devido a hidratação, reduzindo as variações de volume e minimizando a ocorrência de fissuras.

Concreto ciclópico: Concreto massa sendo que as partículas de agregados graúdos de grandes dimensões (50 kg ou mais) são lançadas junto ao concreto recém-lançado.



Concreto massa lançado com Cabo Aéreo; Esoalhado com Trator de Lâmina Frontal e Adensado com Vibradores acoplados em lança de Retro-escavadora.



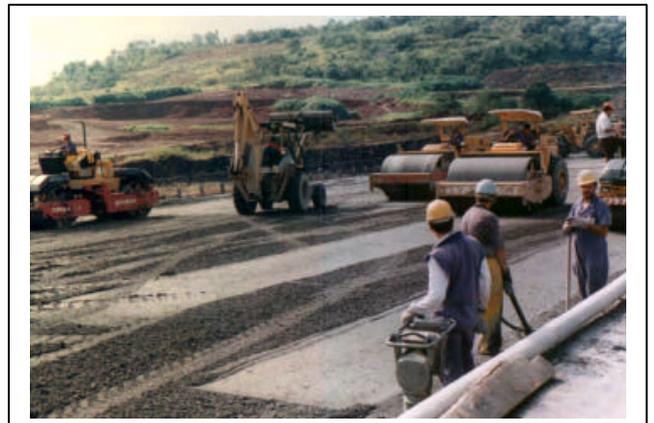
Aplicação de Concreto Ciclópico

Concreto de regularização-dental - enchimento- Mistura de cimento, areia e agregado graúdo (concreto magro) utilizado no preenchimento de pequenos bolsões e fendas, e na regularização de taludes de rocha, no sentido de uniformizar a superfície de fundação de aterros ou outras estruturas.

Concreto magro- (concreto pobre)- Concreto de baixo teor de aglomerante.

Concreto pobre- Ver Concreto magro.

Concreto compactado com rolo vibratório - concreto rolado (CCR) - Concreto de cimento hidráulico, dosado de tal forma a não apresentar trabalhabilidade, medida pelo tronco de cone e que pode ser transportado, colocado e compactado por meio de equipamentos de construção de maciços de terra e rocha.



Aplicação do Concreto Compactado com Rolo

Concreto simples- Concreto não armado.

Concreto estrutural-armado- Concreto possuindo uma armadura (protendida ou "frouxa") e projetada de modo que os dois materiais atuem conjuntamente para resistir a esforços externos.



Concreto protendido- O concreto no qual tensões internas de magnitude e distribuição desejadas são aplicadas de modo a contrabalançar de modo planejado as tensões de tração decorrentes das solicitações de serviço.

Concreto impermeável- Denominação que busca induzir à característica de impermeabilidade do concreto. A maior ou menor permeabilidade do concreto esta intimamente ligada à quantidade de finos da dosagem do concreto, teor de água, uso de aditivos e, principalmente à adequada vibração do concreto e ao tratamento de juntas de construção, durante a execução.



Concreto da Laje da Face de Barragem de Enrocamento

Concreto resistente à abrasão devido ao escoamento hidráulico- Concreto dosado para ser aplicado em soleiras de escoamento hidráulico. Normalmente dosado com agregados de $D_{max} < 19mm$ e determinado fator a/c.



Vertedouro- Concreto resistente à abrasão em soleira de escoamento hidráulico

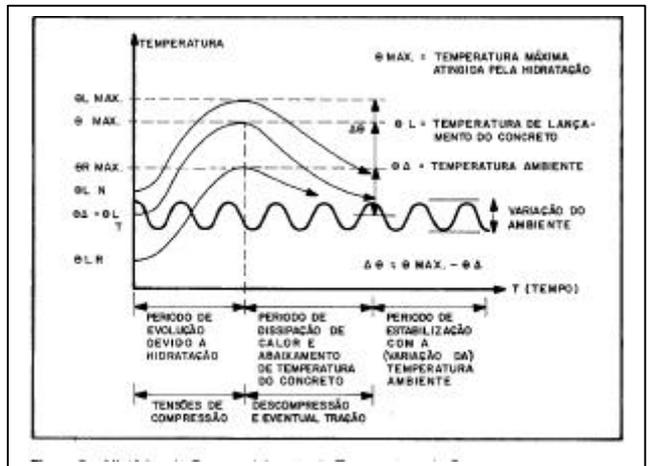
Concreto projetado- Concreto transportado e lançado pneumaticamente, sendo que a maior parte da água de mistura é adicionada no bico de projeção.

Concreto "Prepacked-Prepack"-Concreto com agregado pré-colocado- Concreto produzido pela injeção de argamassa de Cimento Portland e, eventualmente, aditivos, por entre vazios de agregado graúdo previamente colocado entre as fôrmas.

Concreto com Tratamento A Vacuo-Concreto a vácuo- Concreto do qual se retira antes da pega, água e ar aprisionado, pela ação de um sistema de vácuo.

Concreto Refrigerado: Concreto pré-refrigerado- Concreto produzido para ser aplicado à temperatura inferior à temperatura ambiente;

Concreto pós-refrigerado- Concreto aplicado juntamente com sistema de controle de temperatura de tal modo a manter a temperatura máxima dentro de certos limites, ou de tal modo a permitir controlar o histórico de temperatura em valores de interesse.



Histórico de Temperatura do Concreto em uma estrutura e a Temperatura Ambiente.

As medidas preventivas, teóricas e tecnicamente disponíveis, que podem ser adotadas para a redução dos problemas de origem térmica englobam [4][5][6]:

- **Moldar a estrutura em blocos de pequenas dimensões:** isso envolve considerações de Projeto, requer o espaçamento entre juntas, e eventualmente a



adoção de galerias, para difusão do calor gerado;

- **Moldar a estrutura em camadas de pequena altura:** Requer um número adicional de juntas de construção;

- **Executar as concretagens das camadas a intervalos de tempo, mais espaçados:** isso possibilitaria a dissipação do calor gerado, tendo implicações sensíveis no Cronograma;

- **Reduzir a restrição:** significaria assentar a estrutura sobre uma fundação com maior deformabilidade (menor Módulo de Elasticidade);

- **Utilizar aglomerante de reduzido calor de hidratação:** significaria a redução do calor gerado e subsequentemente a redução da temperatura máxima;

- **Utilizar material pozolânico:** isso tem efeito análogo ao citado precedentemente;

- **Utilizar concretos com agregados de maior dimensão máxima:** nos concretos convencionais isso implica em uma redução do teor de água, e conseqüentemente do teor de aglomerante para os mesmos níveis de propriedades requeridas;

- **Utilizar concretos com maior capacidade de alongamento:** isso possibilitaria suportar maior gradiente térmico de redução de temperatura;

- **Utilizar concretos com menor teor de aglomerante:** isso significaria reduzir a máxima temperatura a ser atingida durante a hidratação do aglomerante do concreto;

- **Utilizar concretos com menor difusividade:** isso significaria uma difusão mais lenta e uma potencialidade menor de fissuração;

- **Aproveitar das características ambientes:** isso significaria lançar o concreto nas épocas das temperaturas "mais baixas", reduzindo os picos térmicos;

- **Utilizar o isolamento no concreto:** isso significaria isolar a massa de concreto proporcionando um resfriamento controlado;

- **Utilizar o pós-resfriamento do concreto:** isso significaria a redução e o controle do calor gerado, após o lançamento, através da circulação de um líquido refrigerante por meio de serpentinas instaladas na massa de concreto;

- **Utilizar o pré-resfriamento do concreto:** isso significaria a redução da temperatura de colocação do concreto, por conseguinte a

redução do pico térmico, e subsequentemente a minoração da potencialidade de fissuração.

Dentre as medidas minimizadoras acima citadas, algumas têm aspecto meramente teórico, com pouca condição de viabilização prática para os Projetos (redução da dimensão dos blocos; redução da restrição; redução da difusividade; aumento da capacidade de alongamento; isolamento térmico da estrutura; utilização de concretos com agregados de maior dimensão máxima), outras têm a viabilidade de adoção porém com reflexos cronológicos e eventualmente de custos decorrentes (aproveitar das condições ambientes; espaçar o intervalo de lançamento), outras por sua vez têm condições práticas de interesse (reduzir a altura das camadas; utilizar aglomerante de reduzido calor de hidratação; utilizar material pozolânico; utilizar concretos com menor teor de aglomerante; utilizar o pós-resfriamento do concreto; utilizar o pré-resfriamento do concreto).

Dentre as medidas minimizadoras de interesse deve-se comentar:

- **reduzir a altura das camadas :** tem benefícios sensíveis, podendo ser avaliado pelos estudos de tensões térmicas da estrutura ;

- **utilizar aglomerante de reduzido calor de hidratação :** pode ser avaliada, sendo porém de aplicação limitada dentro do cenário brasileiro de produção de cimento, e do quadro de demandas;

- **utilizar material pozolânico :** medida benéfica e de aplicação tradicional nas construções de barragens brasileiras, devendo ser otimizada;

- **utilizar concretos com menor teor de aglomerante :** medida valiosa, podendo ser otimizada e compatibilizada com os critérios e propriedades estabelecidos no Projeto;

- **utilizar o pós-resfriamento do concreto:** é uma medida tradicionalmente adotada em países de clima frio, e em estruturas onde se requeira uma ação de controle de aberturas de juntas de contração para um posterior monolitismo através da injeção dessas juntas de contração. Não tem ação sobre o concreto fresco, de onde não se vê vantagens na aplicação em concretos em regiões de clima quente;

- **utilizar o pré-resfriamento do concreto:** permite controlar a temperatura de lançamento e conseqüentemente a

temperatura máxima no pico térmico. Tem ação benéfica na uniformidade do concreto fresco, possibilitando a redução do teor de água e, decorrentemente, do teor de aglomerante, e ainda o aumento dos tempos de Início e Fim de Pega.

Sistemas Disponíveis para Controle da Temperatura do Concreto

O pré-resfriamento do concreto utiliza, geralmente, parte ou a totalidade dos seguintes recursos:

- Resfriamento da água de mistura;
- Substituição da água de mistura por gelo;

- Resfriamento dos agregados graúdos;
- Resfriamento da mistura com Nitrogênio.

• Resfriamento dos agregados por sistema de vácuo

O resfriamento de pequenas partículas, como areia ou cimento e material pozolânico, por dificuldades técnicas e por ser de elevado custo, não tem sido aplicado rotineiramente.

O resfriamento com o emprego de nitrogênio normalmente se restringe a pequenos volumes, e condições localizadas.

O resfriamento dos agregados por sistema de vácuo, que proporciona uma descompressão térmica e a subsequente redução da temperatura dos materiais, tem sido adotado recentemente em algumas obras no Japão, mas requer ensilagem adequada à aplicação do vácuo.

Os sistemas, para pré-resfriamento do concreto, usualmente empregados na construção de barragens no Brasil têm sido os tres primeiros, de maneira individual ou em conjunto.

Solo – Cimento: Mistura em proporções fixadas em aglutinantes com água e solos/ materiais granulares, e eventualmente aditivos de modo a vir formar uma massa compacta, de consistência desejada e que endureça com o transcorrer do tempo. Usado inicialmente como base para pavimentos, tem sido utilizado, conytemporaneamente, para a proteção de taludes, estabilização de fundações, e macicos de barragens [7].



Next Step!

- Cement Content Optimization to get a Property;
- Soil-Cement use as a dam body (mechanical support);
- Upstream Face (Membranes or other

FORMAS

Cerca de 30-40% do custo do concreto é causado pelo emprego de formas ou moldes. A racionalização das construções faz conveniente a busca para a redução desse item, quer seja pelo tipo de forma, que seja pelo seu reuso ou pela sua facilidade de manuseio.

O planejamento para a concepção e utilização das formas deve ser adaptado à disposição da estrutura de concreto e também à sequência prática de construção. Entre os fatores que devem ser considerados pode-se citar:

- Características dos equipamentos disponíveis para manuseio- içamento das formas;
- Juntas de Contração e de Construção;
- Detalhes construtivos das formas e facilidades de execução;
- Reuso das formas e duração do cimbramento;
- Tipos de acabamento;

A economia na construção-execução dos moldes-formas pode ser obtida através da análise dos seguintes aspectos:

- Máxima reutilização das formas;
- Intensidade de manutenção;
- Sistema para manuseio- desforma- içamento-colocação-fixação dos moldes- formas.

No Brasil as formas eram, até a pouco tempo, fabricadas inteiramente em madeira, no próprio canteiro das obras. Com o aumento do custo da madeira e da dinâmica das obras outros tipos de formas passarma a ser usuais em obras de barragens:

Tipo da Forma	Característica
Fixa	Metálica, de Madeira ou mista normalmente usadas nas faces verticais. Com sistema de fixação, com apoios por treliças.
Autotrepante	Análogo ao da fixa, com sistema próprio de deslocamento
Painéis Deslizantes	Painéis de madeira ou metálico com içamento próprio



Réguas ou Reguões Deslizantes	Painéis de madeira ou metálicos com deslocamento regulado pelo avanço do acabamento
Temporariamente Fixa	Painéis de madeira ou metálico com deslocamento regulado pelo Tempo de Pega do concreto
Volumétrica-Transição	Painéis de madeira ou metálico, formando um sólido de geometria projetada
Tela expandida	Painél de tela metálica expandida, para uso único

PRÉ-MONTAGEM DE ARMADURAS

Outro componente significativo no custo do concreto é armadura. De mesma maneira que o comentado para a forma, há a necessidade de racionalizar o emprego das armaduras. Uma das possibilidades, abstendo-se da maior ou menor quantidade (taxa) de armadura, que decorre da conceituação do projeto, é o emprego da pré-montagem da armadura, com vistas a redução de recursos (Mão de Obra e Equipamentos) e prazos de execução.

O sistema de pré-armação consiste em se aplicar a armadura da estrutura em módulos previamente preparados no pátio de armação. As dimensões e peso desses módulos são estabelecidos em base aos equipamentos disponíveis e características das estruturas.

EVOLUÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Instalações para Beneficiamento de Agregados

Cerca de 80% da composição do concreto é constituída por agregados. Disso decorre uma relevante importância. Dessa massa o agregado graúdo tem importância relativa menor que a do agregado miúdo na composição do concreto, pois a forma e dimensões dos grãos do agregado miúdo levam à maiores preocupações, quanto aos parâmetros de dosagens. Essas referências são consideradas quanto aos aspectos do proporcionamento da mistura, não se citando os aspectos de sanidade.

De outro modo também na região sudeste - sul do Brasil, os recursos de areia natural tornam-se escassos, junto a bacia do Rio Paraná. Essa situação obriga, via de regra, à produção de areia artificial pela britagem de rochas, normalmente basálticas.

Assim é que barragens como Itaipu (13.000.000m³ de concreto), Salto Santiago (480.000m³), Salto Osório (472.000m³), Foz do Areia (600.000m³), São Simão (1.600.000m³), entre outras, empregaram grande quantidade de areia artificial na produção dos concretos.

No transcorrer da construção da barragem de Itaipu, notou-se que em cada uma das linhas de britagem (1800t/h cada) havia um rejeito junto a lavagem da areia artificial (produzida por rebritadores tipo Very Fine Crusher e Hydrofine) de cerca de 10t/h a 15t/h de material. A observação visual desse rejeito não acusava nenhum material coesivo ou, preliminarmente, prejudicial, visto que o rejeito decorria da ação dos tanques classificadores e parafusos desidratadores, não havendo argila ou outro material no circuito anterior à produção da areia artificial. Por outro lado seguia-se às Especificações Técnicas quanto à limitação máxima de materiais inferiores a 0,075mm, para os concretos convencionais.

Essa situação motivou a avaliação desse rejeito, para a incorporação nos concretos convencionais-CVC e RCC. Nessa oportunidade, se notavam as melhorias físicas das propriedades, porém sem se caracterizar físico-quimicamente a ação dos finos do "Pó de Pedra".

No transcorrer dos estudos para a construção da Barragem de Capanda, aprofundaram estudos com intuito de se caracterizar a Atividade do Pó de Pedra, na fixação do Hidróxido de Cálcio, liberado na hidratação do cimento. Essa ação assemelha-se a uma Atividade com Cimento e com Cal, normalmente observada na caracterização de Materiais Pozolânicos.

Na construção recente de barragens a incorporação de finos tem sido avaliada com interesse, resultando em possibilidade técnica para a redução de rejeitos e custos.



Rebritador Tipo 48VFC

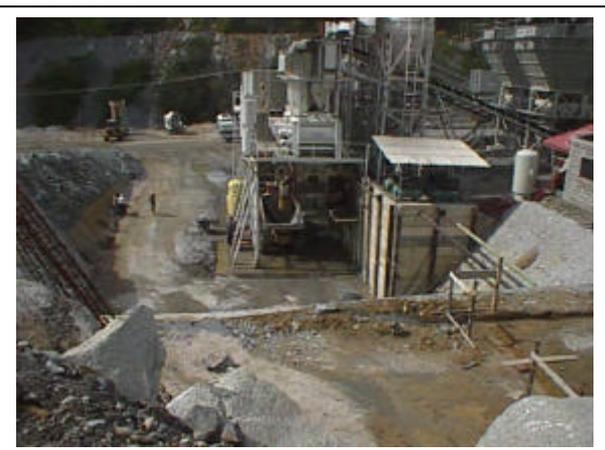
A produção de areia artificial pode ser obtida pela britagem de rochas através do emprego de britadores especiais para finos, tipo "Impactor", ou "Hydrofine" ou tipo " VFC- Very Fine Crusher".



Rebritador Tipo BARMAC

Instalações para a Produção de Concretos

A mobilidade, capacidade de produção, facilidade de instalação e uniformidade de produção são os parâmetros de importância na escolha do sistema de produção de concretos.



Central Dosadora e Misturadora de Concreto de grande capacidade de Produção

A busca de equipamentos adequados faz ver a necessidade de se ter sistemas que possam produzir os diversos tipos de concretos com os mesmos equipamentos. Essas tendências levam à sistemas do tipo "low profile" de características de grande mobilidade (portateis), de fácil implantação e desmobilização, com misturadores forçados, mais enérgicos, capazes de reduzir o ciclo de produção, e decorrentemente, aumentar a produção.

Equipamentos para Manuseio - Transporte e Colocação do Concreto

A demanda atual da atividade de Manuseio e Transporte do Concreto, faz impor uma variedade de métodos e equipamentos. Busca-se movimentar horizontal e verticalmente o concreto, e à distâncias e quantidades as mais variadas. Uma grande variedade de equipamentos e processos tem sido desenvolvida para satisfazer esses requisitos.

As operações de manuseio e transporte podem empregar desde "carrinhos de mão", "gericas", até caçambas içadas por helicópteros, passando por caminhões, chutes, bombas, guindastes, correias, cabos aéreos etc...

Deve-se lembrar, entretanto, que o custos de mão de obra e suas respectivas incidências nos custos das atividades e operações, têm despertado para algumas adaptações, que se fazem notórias nos últimos anos. Tem sido evidente a introdução de práticas com tendência de reduzir mão de obra.

De outro modo, também, o convívio com moedas mais estáveis, com menor possibilidade de "manipulações financeiras" faz que os Construtores, Usuários, Fornecedores venham buscar soluções, de Engenharia, mais atraentes, e que nas últimas décadas foram deixadas de lado. Essa atual, porém



consistente, postura de Engenharia faz que as possibilidades de uso de equipamentos mais eficientes, específicos, e produtivos sejam vistos com maior atenção.

MÉTODOS E PROCESSOS PARA MANUSEIO E TRANSPORTE DO CONCRETO

Quaisquer que sejam os procedimentos utilizados no transporte, no lançamento, o importante é não comprometer a homogeneidade. Infelizmente isto nem sempre é fácil de ser conseguido, uma vez que um conjunto de fatores interfere no trabalho com o concreto após a saída do misturador, no sentido de desfazer ou modificar a mistura que ali fora elaborada [8] .

Generalidades sobre o Transporte do Concreto

Deve ser assegurado que o concreto produzido para determinado bloco ou estrutura, seja realmente lançado naquela estrutura. Para tanto, é conveniente que o sistema de transporte seja claramente identificado com o tipo de concreto transportado e o bloco a que ele se destina.

Em obras de grande porte, onde em uma frente de lançamento são utilizados concretos de diversas resistências, ou diâmetros máximos, ou trabalhabilidade, é imprescindível que o concreto chegue ao local perfeitamente identificado. O transporte do concreto desde a instalação de produção até o local de lançamento deve ser feito o mais rápido possível de maneira às propriedades do concreto não serem afetadas sensivelmente.

Planejamento, Organização e Elementos para Dimensionamento

O Planejamento deve procurar responder à perguntas do tipo:

- ✓ Onde levar o concreto ?
- ✓ Como levar o concreto ?
- ✓ Quando levar o concreto ?
- ✓ Quanto concreto será transportado ?

No conjunto dessas questões-chaves está incluído o conhecimento do concreto ser aplicado em camadas (degraus) ou em

rampa, ou continuamente; além de se saber das condições climatológicas ambientais e as de temperatura dos materiais constituintes e do próprio concreto. A tipologia dos concretos (Diâmetro Máximo, Trabalhabilidade, Resistências e outros requisitos impostos) deve ser considerada nesse Planejamento. É muito importante considerar que em um sistema de transporte contínuo a alimentação deve ser contínua!

As eventuais alternativas e previsões de eventuais falhas deverão constar do Plano de Trabalho. As Responsabilidades contratuais e técnicas quanto ao suprimento, falhas e controles deverão ser conhecidas e estar sob domínio.

O dimensionamento dos recursos de equipamentos para o transporte dos concretos decorre do Planejamento estabelecido levando em consideração os seguintes pontos:

- Classes dos concretos (tipologia, propriedades e características de aplicabilidade);
- Condições topográficas e de acesso;
- Condições climatológicas;
- Volumes a serem aplicados em unidade de tempo (mês, dia, hora) decorrente da Cronologia a adotada ou cumprida;
- Tipo de lançamento a ser praticado;
- Equipamentos disponíveis;
- Produtividades adotadas;
- Custos praticados

• Onde levar o concreto ?
• Como levar o concreto ?
• Quando levar o concreto ?
• Quanto concreto será transportado ?

Dimensionamento

Esquema para dimensionamento do transporte do concreto

Para o dimensionamento do transporte devem ser considerados aos seguintes eventos:

- Tempo de carregamento.
- Tempo de espera.
- Tempo de manobra para descarga.
- Tempo de espera para descarga
- Tempo de descarga
- Tempo de viagem.

Através dos tempos acima citados, além da capacidade do elemento transportador, pode-se calcular a quantidade de elementos necessários para atender às produções exigidas pelo cronograma.

A escolha do sistema mais adequado para o transporte do concreto, desde sua descarga das betoneiras ou dosadores, até o local de sua aplicação, depende do tipo de obra, do volume a ser colocado e da topografia local.

A principal condição que deve ser atendida pelo sistema de transporte, é a de

não provocar a segregação, perda de argamassa demora, descontinuidades nas frentes de trabalho, etc. Sabe-se que a perda da homogeneidade do concreto ocorre por este ser constituído de uma mistura de materiais heterogêneos em dimensões e densidades.

Métodos e equipamentos para manuseio e transporte do concreto

Equipamento	Tipo e faixa de trabalho em que o equipamento é mais útil	Vantagens	Pontos de atenção e cuidados
Carrinhos, Padiolas, "Gericas"	Locais planos, de acesso limitado, capacidades limitadas	Muito versátil, adequado à obras de construção de ritmo variável	Pequena capacidade e requer mão de obra, que deve ser habilitada
Caçambas	Uso associado à guindastes ou equipamentos de carga. Alimentada diretamente desde a central de produção ou utilizada intermediariamente.	Muito útil para uso com guindastes, cabos aéreos. Possibilita uma descarga rápida e sem segregação	A escolha da capacidade deve ser feita tomando em conta a capacidade do misturador/veículo de transporte/ equipamento de colocação. A descarga deve ser bem controlada
Chutes-Calhas-Tremonhas	Usado para deslocar o concreto até um nível inferior	Baixo custo e de fácil manuseio. Praticamente não exige motorização, atuando pela ação da gravidade	Cuidados com as intempéries e com a segregação. Inclinações viáveis, desde vertical até cerca de 1:2-1:3, dependendo da dosagem do concreto
Funis Calhas-Trombas-Tubos	Usado para transportar o concreto em posições quase vertical, em locais confinados ou de acesso difícil	Pode ser colocado diretamente no interior das formas, até o fundo. Seu uso reduz a segregação	Deve ser o suficientemente amplo para não entupir, porem adequado às dimensões do local onde será usado
Tremie	Um particular Funil-Calha, normalmente utilizado para concretagens subaquáticas	De fácil uso e econômico.	Garantir que o concreto que está sendo lançado, saia através do previamente aplicado. Necessidade de equilibrar pressões, e de alimentação contínua. Requer uma dosagem específica
Caminhão Basculante	Usado para transportar concretos em pequenas distâncias, ou sobre pistas bem pavimentadas (sem "buracos")	Um dos métodos mais usados para transporte de CCR-Concreto Compactado com Rolo, e concretos secos e massivos	A trabalhabilidade deve ser limitada. Atenção quanto à segregação, em particular na descarga
Caminhão Agitador	Usado para transportar concretos de diversas trabalhabilidades, normalmente para canais, pavimentos e edifícios	Possui sistema de descarga controlada. O sistema de agitação mantém a uniformidade do concreto	Cuidados quanto ao Tempo de Pega e o tempo de percurso. Compatibilizar a descarga com a capacidade de manuseio da equipe na frente de lançamento
Caminhão Betoneira	De uso para diversos tipos de concreto de edificações, e obras urbanas	Pode ser usado a partir de Centrais Dosadoras (não misturadoras), desde que os procedimentos de mistura sejam estabelecidos no Caminhão	Cuidados quanto ao Tempo de Pega e o tempo de percurso. Compatibilizar a dosagem (Trabalhabilidade e Diâmetro Máximo) com as características do Misturador
Caminhão Dosador-Misturador	Usado para pequenas obras e de avanço intermitente	Tem a capacidade de transportar os materiais componentes, dosar e misturá-los. Requer pouca mão de obra	Requer uma adequada previsão de aprovisionamento de materiais, e de manutenção. Cuidados quanto à variação e uniformidade dos materiais
Guindaste	Um dos tradicionais métodos de aplicação do concreto acima do nível do terreno	É de ampla utilidade, pois além de aplicar o concreto, faz serviços gerais, de fôrma, armação e embutidos	Compatibilizar o sistema de içamento (guincho) com a caçamba, e desta com o sistema de alimentação. Necessidade de uso agendado
Bomba	Usadas para transportar o concreto à várias distâncias, alturas e locais	As distâncias podem ser longas e altas. Permite um lançamento contínuo	Cuidados com a uniformidade, alimentação contínua. Requer dosagens específicas. Atensões quanto às obstruções
Pneumático-Projetado	Usado para aplicar o concreto em locais de acesso difícil ou de pequena espessura	Ideal para aplicar concretos onde se possa dispensar o uso de formas. Usado em túneis, canais, reparos e contenções	A qualidade do produto depende da mão de obra. Deve ser usado com operadores qualificados
Vibro-acabadora	Usado para a concretagem em áreas planas como a construção de pavimentos e canais	Mantém um avanço regular e uniforme	Atenção quanto a alimentação contínua, uniformidade e dosagem do concreto. Compatibilizar o avanço com o Tempo de Pega nas superfícies inclinadas
Cabo Aéreo	Usado em construções de barragens em regiões de topografia específica	Razoável capacidade de carga e características de acessibilidade	Cuidados no posicionamento para carga e descarga, também na própria descarga do concreto
Correia	Um dos processos atuais de colocação do concreto. Possibilita arranjos em várias situações e capacidades	Grande capacidade e produtividade, com pequena incidência de mão de obra	Cuidados na diversidade de Classes (tipologias de concreto). Proteção às intempéries
Correia sobre guindaste	Utilização particular de correia. De amplo uso em construções diversas contemporâneas	Grande capacidade e produtividade, com pequena incidência de mão de obra	Cuidados na diversidade de Classes (tipologias de concreto). Proteção às intempéries
Plano Inclinado	Usado em construções em regiões de topografia específica	Razoável capacidade de carga e características de acessibilidade	Compatibilização com o Tempo de Pega, devido ao tempo de transporte



Outros	Adaptações ou conjunções de processos	Adaptado às condições específicas	Atenções aos pontos básicos citados
--------	---------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Portanto, logo após a fabricação do concreto atuam forças externas e internas que tendem a separar estes materiais. Esta operação, deve ser impedida, pois só em casos muito especiais há condições de corrigi-la quando de sua aplicação.

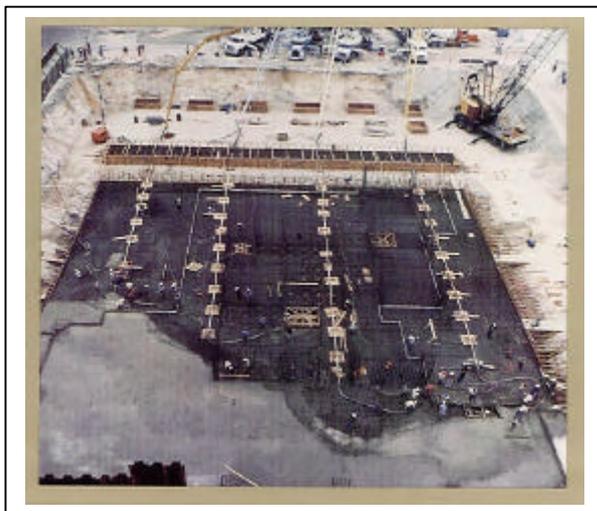
É necessário, também, que o sistema de transporte seja suficientemente rápido e organizado, de tal forma que não permita que o concreto seque, perca sua trabalhabilidade e tenha sua temperatura elevada.

Carros de mão, carrinhos motorizados, caminhões basculantes, caminhões betoneira, vagonetas sobre trilhos, caçambas transportadas por caminhões ou carretas, correias, cabos aéreos, são equipamentos usuais para transporte de concreto. Deve-se procurar evitar a trepidação dos veículos, de forma que não ocorra a vibração do concreto no seu interior.

Bombeamento do Concreto

Concreto bombeado- Concreto que é transportado através de tubulações rígidas ou flexíveis por meio de bombeamento.

A utilização do bombeamento no transporte de concreto é, também muito utilizada na Europa, e é indicada em locais de difícil acesso ou áreas muito congestionadas. É bastante útil em concretagem de túneis, condutos, edificações, etc. Para se alcançar bons resultados com este meio de transporte, alguns cuidados devem ser tomados, e que devem ser considerados no Planejamento, Dimensionamento e Custos.



Os equipamentos e condutos devem estar em perfeitas condições antes e durante os serviços. As tubulações devem ser protegidas das radiações solares, o fluxo de caminhões que alimentam a bomba deve ser contínuo, a cuba da bomba mantida permanentemente cheia e o transporte do concreto até a bomba deve ser feito por equipamentos que não causem a segregação, normalmente sendo adotado caminhões betoneira. Caso sejam usados caminhões basculantes, é conveniente que a descarga destes seja feita em uma tremonha, que por sua vez alimenta a bomba. É um sistema relativamente caro de transporte e exige concretos dosados com atenções específicas (praticamente é o tipo de concreto que mais se cerca de cuidados e especificidade).

As características da bomba e tubulação devem ser compatíveis com as características do concreto. Normalmente, o bombeamento requer um tamanho de agregado máximo até cerca de 40mm-50mm, e um concreto mais argamassado com teor de material inferior a 0,25mm (considerando cimento+material pozzolânico+finos dos agregados) não menos de 300 kg/m, sendo aconselhável atender uma curva granulométrica do tipo cúbica (com o cimento, material pozzolânico e finos dos agregados, incluídos na composição granulométrica). Evidente que isso mostra, também a importância do Módulo de finura da Areia .



Catálogo Putzmeister

Certas situações específicas permitem ampliar a utilização de sistema de bombeamento para transporte do concreto, pode-se citar como referência a construção da



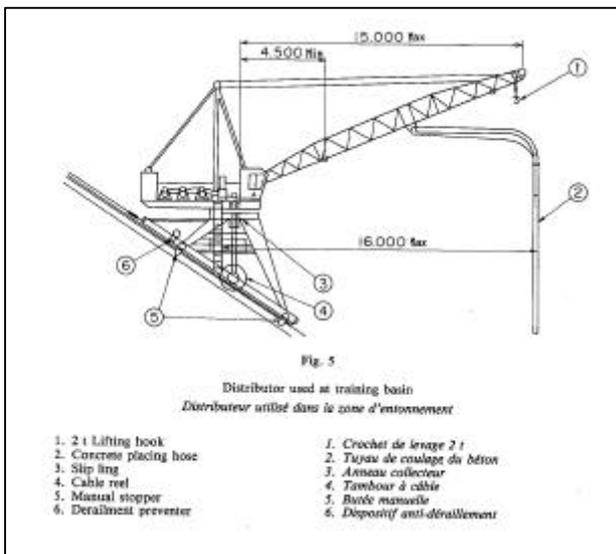
Hidrelétrica de Itaipu, que mesmo sendo uma obra de características massivas, empregou mais de 400.000m³ de concretos por bombeamento, fato análogo sucedeu na obra da Hidrelétrica de Xingó.



Catálogo Putzmeister

O diâmetro máximo do agregado graúdo deve ser de cerca inferior a 1/3 do diâmetro da tubulação, ou reciprocamente. Concretos com agregados menos cúbicos (mais alongados como as britas) requerem maior argamassamento que os concretos com seixos rolados (cascalhos arredondados).

Agregados com elevada absorção requerem cuidados adicionais para o bombeamento, tendo em vista a alteração da trabalhabilidade devido à variação do teor de água.



A prática brasileira é de bombear concretos com "slump" maior que 100mm. Entretanto outros países tem bombeado concretos consistentes com trabalhabilidade desde 60mm.

Bombear concreto com agregado de tamanho máximo de até 75mm, com abatimento a partir de 60mm, e teor de aglomerante inferior a 240kg/m. Sistema análogo foi planejado, pelo Construtor, para as

concretagens da Tomada D'água e Casa de Força na construção da Hidroelétrica de Xingó. Os Japoneses têm usado esse sistema para concretagens de barragens, como Nagayo e Sacurigawa.



As bombas disponíveis no mercado mundial, atualmente, permitem transportar o concreto à distâncias e alturas cada vez maiores, batendo "records" seguidamente. A capacidade de transporte com esse tipo de equipamento se situa na faixa de 10m³/h a 50m³/h, sendo mais comum a faixa de 20m³/h a 25m³/h.



De outro modo também, as lanças ("boom") ou braços, sobre torres ou dos próprios veículos, têm sido fabricadas em maior comprimento, possibilitando alcançar alturas e distâncias maiores.

O Planejamento desse tipo de transporte, deve considerar e exigir providências quanto à fixação das tubulações, principalmente à saída da própria bomba (para absorver os impactos de bombeamento), os desviadores de fluxo, os engates e acoplamentos (projetados para essa finalidade), os avanços pantográficos e

articulações giratórias disponíveis a de grande valia para um trabalho contínuo e de custos relevantes.

De mesma maneira as questões de limpeza (antes, durante e após os serviços) e perda de concreto, podem afetar a continuidade dos trabalhos. Ou seja o bombeamento (mais que outros tipos de transporte do concreto) não deve ser operacionalizado sem planejamento!

Transporte Pneumático- Concreto Projetado

O transporte de concreto em tubos de ar comprimido não era muito conhecido no Brasil até os anos 60, tendo em vista a pouca tradição em obras subterrâneas. Entretanto com a construção das obras urbanas de metrô, teve um impulso relativamente grande. Esse recurso para o transporte do concreto é conhecido no Mundo desde 1910.



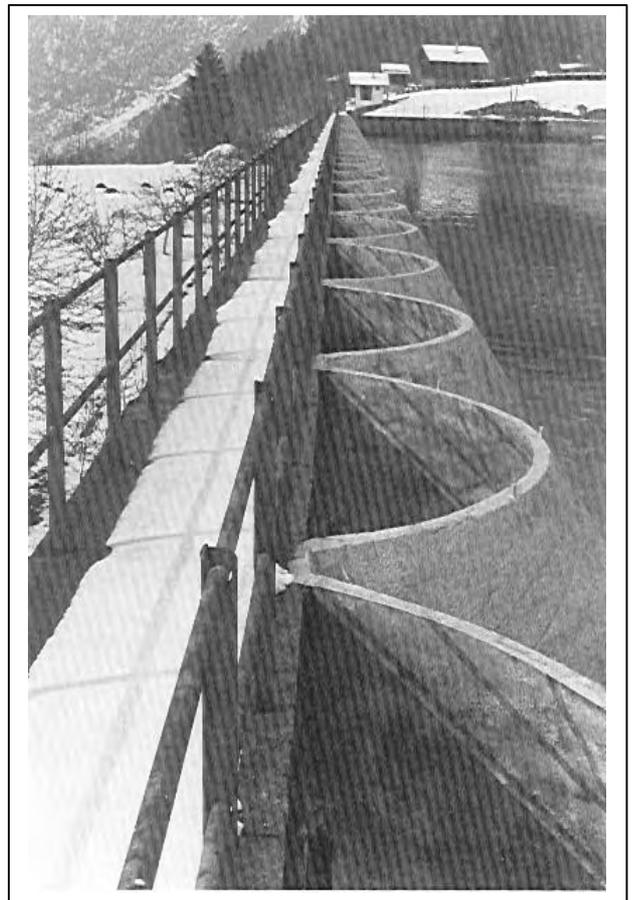
Catálogo Putzmeister

Basicamente, consiste em um reservatório com a forma de tremonha que alimenta uma tubulação. Fechado o reservatório e aplicado o ar comprimido, este se mistura com o concreto e o empurra, lançando-o contra uma superfície. A velocidade de propulsão é bastante elevada, o que faz o adensamento (compactação) desse concreto contra a superfície.

O incremento de obras subterrâneas, urbanas, de estradas com grandes taludes de corte, bem como os túneis de mineração, proporcionou o desenvolvimento dessa técnica. De maneira recíproca, a disponibilidade dessa metodologia vetorizou a redução de custos dessa obras, bem como o

aumento da segurança durante a construção.

Esse crescimento diversificou o emprego da tecnologia, sendo que, contemporaneamente, se nota seu uso em construção de canais, revestimento definitivo de obras subterrâneas (túneis, chaminés, aduções, tanques, estacionamentos, estações de metrô) e até para a construção de Barragens e obras urbanas de arquitetura específica (museus, igrejas, piscinas). O melhor, e adequado conhecimento de suas propriedades ampliam a credibilidade técnica e o decorrente uso, sendo muito adotado para obras de reparos e restaurações.



Barragem de Riou, na França, Construída com Concreto Projetado

Atualmente, dois processos básicos se distinguem. O processo por "via úmida" o por "via seca", diferindo-se pela maneira que os materiais são dosados e introduzidos na máquina. Ambos possuem pontos de vantagens e desvantagens, que devem ser consideradas no Planejamento. Um dos pontos de atenção nessa metodologia é o "Ricochete" (ou "Reflexão" ou "Rebote"), ou

seja, porções (agregado ou argamassa) do concreto, que batem na superfície e se desprendem da massa, tornando-se em "perdas" do processo. A intensidade dessa "perda", depende, e muito, da experiência do operador-lançador, no adequado controle do jato (em termos de posição e características da mistura).

O uso cada vez mais intenso dessa metodologia fez aparecer máquinas com lança articuladas e robotizadas para aumentar a produção, e reduzir as "perdas".

De outro modo, também, o surgimento das fibras metálicas e sintéticas, nos anos 60-70 proporcionou a redução (e até eliminação) das malhas de armadura para certas obras subterrâneas, o que fortaleceu o aumento do uso dos concretos projetados, desta feita com fibras.

Em algumas obras de barragens essa tecnologia tem sido usada em profusão nas contenções de taludes, como por exemplo em Itaipu, onde se aplicou cerca de 10.000m³ de concreto projetado.

Correias

Esteiras transportadoras vêm sendo cada vez mais utilizadas no transporte de concreto, sendo até um substituto para os cabos aéreos e guindastes. Permite o lançamento em locais de difícil acesso. O equipamento consiste, geralmente de um silo-tremonha que alimenta a correia, sendo que esta possui movimentos que permite sua elevação, giro e translação. As correias tendem a provocar a segregação quando sua inclinação é muito acentuada e, durante a descarga. Uma forma de impedir a segregação, é o de aumentar a velocidade, ou instalar um dispositivo constando de raspador de borracha, anteparo e um tubo de maneira a descarga ser vertical.

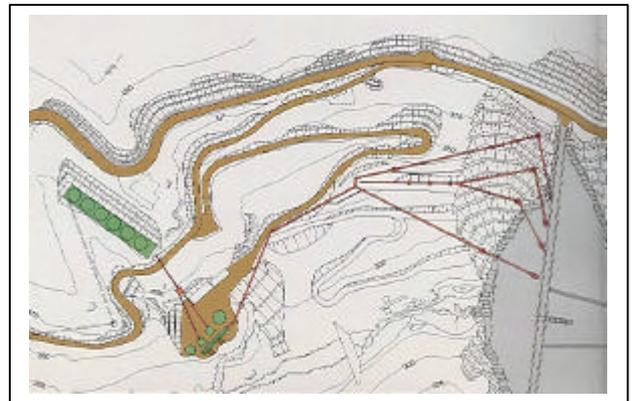
Tendo em vista a elevada produção que é possível atingir (até 250m³/h-300m³/h) é muito importante que o Planejamento considere a compatibilização das Classes de Concreto, reduzindo a diferença nos tipos de concreto, bem como a adequada proteção às intempéries (insolação, chuva, vento e temperatura). De outro modo, também, o controle de aplicação do concreto (quantidade e tipo, para uma determinada estrutura) requer uma operação experiente.

Contemporaneamente há sistemas de transporte com correias que partem desde as

centrais de concreto, indo até o lançamento do concreto na frente de lançamento ("All Conveyor System").



Correia utilizada para concreto massa



Catálogo Urayama



Correia Acolpada a Guindaste

É o emprego de correias associadas a lanças de guindastes, móveis ou fixos, dando uma aplicação e flexibilidade maior aos equipamentos. As vantagens, bem como os cuidados, são análogos aos citados precedentemente.

Plano Inclinado

Esse tipo de equipamento tem sido adotado pelos Japoneses nas obras de CCR, tendo em vista as características topográficas específicas das obras no Japão. Consiste de um sistema de traslado apoiado na obreira rochosa, permitindo a locomoção de uma plataforma ou de caçambas. A condição específica do sistema justifica o custo elevado do mesmo.



Correias acopladas à Guindaste tipo Torre



Plano Inclinado para transporte do concreto

GLOSSARIO

Concreto aluminoso- Concreto produzido com cimento aluminoso; usado quando se requer elevada resistência inicial ou resistência à corrosão, ou propriedades refratárias.

Concreto armado- Concreto possuindo uma armadura (protendida ou "frouxa") e projetada de modo que os dois materiais atuem conjuntamente para resistir a esforços externos.

Concreto aparente- (Ver Concreto exposto).

Concreto asfáltico- Mistura de ligante asfáltico e agregados.

Concreto áspero- Concreto com falta de finos, de difícil condição de acabamento.

Concreto autotensionado- O concreto, argamassa ou calda, com cimento expansivo no qual a expansão quando contida provoca tensões de compressão do material.

Concreto bombeado- Concreto que é transportado através de tubulações rígidas ou flexíveis por meio de bombeamento.

Concreto celular- Um produto leve constituído de Cimento Portland, cimento pozolânico, cal-pozolana ou pasta de sílica-cal, pasta contendo misturas destes ingredientes ou adição de agente formador de espuma, ou pela formação de gás antes do endurecimento da massa, tendo uma distribuição uniforme de vazios, ou uma estrutura celular semelhante à obtida por agentes químicos gasosos.

Concreto ciclópico- Concreto massa sendo que as partículas de agregados graúdos de grandes dimensões (50 kg ou mais) são lançadas junto ao concreto recém-lançado.

Concreto coloidal- Mistura de agregados aglutinados por uma calda ou argamassa coloidal.

Concreto com agregado pré-colocado- Concreto produzido pela injeção de argamassa de Cimento Portland e, eventualmente, aditivos, por entre vazios de agregado graúdo previamente colocado entre as fôrmas.

Concreto com cimento e polímero- A mistura fresca de água, cimento hidráulico agregado e um monômero ou polímero, que se polimeriza no local.

Concreto de alta resistência inicial- Concreto capaz de atingir resistência específica a uma baixa idade, mais rapidamente que um concreto normal, pelo uso de cimento de alta resistência inicial ou de aditivos.

Concreto de baixa densidade- (concreto leve)- (concreto de baixa massa específica)- Concreto com massa específica (densidade-peso ou massa unitária) inferior a 800 kg/m³.

Concreto de epóxi- A mistura de resina de epóxi, catalisador e agregados miúdos e graúdos.

Concreto a vácuo- Concreto do qual se retira antes da pega, água e ar aprisionado, pela ação de um sistema de vácuo.

Concreto de vermiculita- Concreto produzido com agregados de vermiculita.

Concreto denso- Concreto com um mínimo de



vazios.

Concreto dental- Mistura de cimento, areia e agregado graúdo (concreto magro) utilizado no preenchimento de pequenos bolsões e fendas, e na regularização de taludes de rocha, no sentido de uniformizar a superfície de fundação de aterros ou outras estruturas.

Concreto descontínuo- Concreto produzido com agregado descontínuo.

Concreto estrutural- Concreto usado para suportar esforços ou fazer parte integrante da Estrutura: concreto de determinada qualidade designada para fins estruturais; concreto usado somente como camada de proteção ou isolamento, não é considerado estrutural.

Concreto exposto - (aparente)- Concreto para fins arquitetônicos cujas fases são moldadas de modo a ter certa textura e acabamento, para permanecer à vista.

Concreto fibroso- Concreto contendo fibras distribuídas ao acaso.

Concreto gordo- Concreto muito argamassado e consistente.

Concreto "in situ"- Concreto aplicado no local desejado, fazendo parte de uma estrutura.

Concreto leve- Concreto de baixa densidade.

Concreto magro - (concreto pobre)- Concreto de baixo teor de aglomerante.

Concreto monolítico- Concreto moldado sem juntas, a não ser as de construção.

Concreto massa- Qualquer volume de concreto com dimensões o suficientemente grandes para exigir precauções, para reduzir a geração de calor devido a hidratação, reduzindo as variações de volume e minimizando a ocorrência de fissuras.

Concreto normal (de densidade normal)- Concreto possuindo massa específica em tomo de 2400 kg/m³ produzido com agregado de massa específica normal.

Concreto pesado - (concreto de elevada densidade- massa específica)- Concreto de elevada massa específica, normalmente obtido pelo emprego de agregado de elevada massa específica, usado especialmente para blindagem contra radiações.

Concreto pobre- Ver Concreto magro.

Concreto polímero- Concreto no qual o polímero orgânico é usado como ligante, também conhecido como concreto de resina. Expressão algumas vezes empregada incorretamente para designar concretos ou argamassas de cimento hidráulico onde parte ou toda a água de mistura foi substituída por

um agente dispersor ou um termoplástico copolímero.

Concreto pouco argamassado- Concreto com proporção insuficiente de agregado miúdo para dar as adequadas propriedades da mistura fresca, principalmente trabalhabilidade e características de acabamento (ver também Concreto áspero).

Concreto moldado- Concreto moldado em qualquer outro lugar que não o definitivo; contrário de Concreto in situ.

Concreto projetado- Concreto transportado e lançado pneumáticamente, sendo que a maior parte da água de mistura é adicionada no bico de projeção.

Concreto protendido- O concreto no qual tensões internas de magnitude e distribuição desejadas são aplicadas de modo a contrabalançar de modo planejado as tensões de tração decorrentes das solicitações de serviço,

Concreto refratário- Concreto possuindo propriedades refratárias e adequado para uso em temperaturas elevadas (geralmente entre 315°C e 1315°C), sendo que o agente aglutinante é o cimento hidráulico.

Concreto resistente ao calor- Qualquer concreto que não se deteriora quando exposto ao calor, de forma constante ou cíclica, a uma temperatura abaixo da qual se forma uma ligação cerâmica.

Concreto rico- Concreto com elevado teor de aglomerante.

Concreto rolado- (concreto adensado com rolo vibratório)- Concreto de cimento hidráulico, dosado de tal forma a não apresentar trabalhabilidade, medida pelo tronco de cone e que pode ser transportado, colocado e compactado por meio de equipamentos de construção de maciços de terra e rocha.

Concreto sem finos- Concreto contendo pouco ou nenhum agregado miúdo.

Concreto simples- Concreto não armado.

Concreto "tremie"- Concreto para ser aplicado de baixo d'água, pelo uso do "tremie".

Concreto verde- Concreto que já atingiu a Pega, mas ainda não endureceu de maneira apreciável.

Concreto vibrado- Concreto compactado pela ação da vibração, durante o lançamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



[1]-USCOLD- United States Committee on Large Dams- "**The Role of Dams in the 21st Century**"- Denver, June 1992;

[2]- Andriolo, F.R.- "**Soluções Recentes para Economia em Projeto e Construção de Estruturas de Concreto e suas Fundações**"- Relato Geral do Tema II- XXI Seminário Nacional de Grandes Barragens- Rio de Janeiro- Dezembro/1994;

[3]- Andriolo, F.R.- "**Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto**"- CBPO- Editora Newswek-São Paulo-1994.

[4]- Andriolo, F.R.; Tadeusz M.S.- "**Concreto Pré-Refrigerado no Brasil- Uma Evolução com mais de 20 anos**"- Logos- Graphos- São Paulo- 1989;

[5]- Andriolo, F.R.- "**Construções de Concreto- Manual de Práticas para Controle e Execução**"- Editora Pini- São Paulo-1984;

[6]- Andriolo, F.R.; Scandiuizzi, L.- "**Concreto e Seus Materiais: Propriedades e Ensaio**"- Editora Pini- São Paulo- 1986

[7]- Andriolo, F.R.- "The Use of Rolled Compacted Concrete"- Editora Oficina de Texto- São Paulo-1998;

[8]- Andriolo F.R.- "**Manuseio do Concreto: Transporte e Lançamento**"- Seminário :: Painel- Concreto na EXPO'99- Feira Internacional de Equipamentos para a Construção- São Paulo- 1999.

