

# Concreto Auto Adensável

[www.iliescu.com.br](http://www.iliescu.com.br)  
[iliescu@iliescu.com.br](mailto:iliescu@iliescu.com.br)

# Definição

Entende-se por **Concreto Auto-Adensável (CAA)**, o concreto de grande fluidez, capaz de preencher os espaços vazios das formas, envolvendo as armaduras, sem perda da estabilidade e se auto-adensar sob o efeito da gravidade.

Um concreto só será considerado auto-adensável, se três propriedades forem alcançadas:

- **Fluidez;**
- **Coesão** necessária para que a mistura escoe intacta entre barras de aço ou habilidade passante;
- **Estabilidade** ou resistência à segregação (European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems, 2002, p.7).

# Vantagens

- Eliminação da necessidade de espalhamento e de vibração;
- Eliminação das operações de alisamento de superfícies horizontais;
- Facilidade na concretagem de formas complexas e armaduras de diâmetro reduzido e mais densas utilizadas para evitar acesso de agentes agressivos e fissuração;
- Maior produtividade e rapidez na execução da obra;
- Redução do custo de aplicação por metro cúbico de concreto, pela redução de gastos com equipamentos e mão-de-obra;
- Redução do custo final da obra em comparação ao sistema de concretagem convencional (Camargos, 2002).

# Vantagens

- Garantia de concretagem com formas de pequenas dimensões;
- Estímulo ao bombeamento a grandes distâncias horizontais e verticais;
- Eliminação do ruído provocado pelo vibrador, podendo estender o horário de concretagem para atender a exigências de temperatura, umidade e tráfego de caminhões-betoneira;
- Garantia de excelente acabamento em concreto aparente e/ou pré-moldado;
- Otimização de mão-de-obra;
- Melhoria nas condições de segurança na obra pela remoção de instalações;
- Redução dos valores pagos às seguradoras;

# Desvantagens

- Não é fácil de ser obtido, precisando de mão de obra especializada para sua confecção, controle tecnológico e aplicação;
- Tem maior necessidade de controle, durante sua aplicação, do que o concreto convencional;
- Necessita de cuidados especiais com o transporte, para evitar a segregação;
- Apresenta menor tempo disponível para aplicação em relação ao concreto convencional.

# Histórico

O CAA foi desenvolvido na Universidade de Tóquio, em 1986. O desenvolvimento do CAA no Japão se fez necessário, devido à dificuldade de se executar estruturas com formas complexas e altas taxas de armaduras, sem prejuízo da qualidade e da durabilidade do concreto.

Havia, também, a preocupação com a eliminação de parte da poluição sonora, obtida com a ausência do uso de vibradores. Além disso, o CAA traria a redução de custos e de prazos de execução, que seria conseguida com a diminuição do número de trabalhadores e melhor trabalhabilidade do concreto, durante o processo de aplicação. A baixa trabalhabilidade dos concretos também dificultava o adensamento dos mesmos em elementos estruturais com formas complexas e com alta taxa de armaduras (Billberg, 1999).

Na Suécia, projetos e pesquisas sobre CAA tiveram início a partir dos anos 90. Estudos sobre a utilização de diferentes tipos de fíleres e critérios de bloqueio para agregados britados e seixos, em ensaios na Caixa L, foram significativos (Tangtermsirikul et al., 1995).

# Terminologia

**Trabalhabilidade** – é a medida de facilidade com a qual o CAA fresco é misturado, despejado nas formas e consolidado, ou seja, uma complexa combinação de aspectos como fluidez, coesão, transportabilidade, compactabilidade e viscosidade.

**Habilidade de enchimento ou Fluidez** – característica de fluidez e enchimento dos espaços dentro da forma, sob seu peso próprio;

**Habilidade de passagem ou Coesão** – característica da passagem do CAA através de diversos obstáculos e junto a formas complexas sem sofrer segregação ou bloqueio, nem perda da coesão;

**Estabilidade ou Resistência à Segregação** – característica do CAA de manter distribuição homogênea dos seus vários constituintes durante a transporte, a aplicação e o assentamento;

**Viscosidade** é uma medida da resistência de um material para fluir, devido à fricção interna entre suas partículas.

# Performance

É complexa e depende de vários fatores, tais como cargas de serviço, condições ambientes, método de concretagem e nível de qualidade assegurada.

A trabalhabilidade requerida para o modelo de concretagem depende do tipo de construção, do método de lançamento, assentamento e consolidação do traço e da composição, das adições ao cimento, dos aditivos, em especial, se há modificadores de viscosidade, da complexidade das formas e do detalhamento dos elementos estruturais, mormente aqueles com congestionamento das armaduras



# Propriedades do CAA fresco

- Preenchimento de todos os espaços das formas sobre o efeito apenas do seu próprio peso;
- Passagem por entre obstáculos sem sofrer bloqueio, preenchendo todos os espaços das formas, mesmo os mais confinados pela concentração de armaduras;
- Manutenção da estabilidade, sem sofrer segregação de seus componentes, até o momento pós-lançamento;
- Atendimento dos mesmos requisitos de resistência e durabilidade dos concretos convencional e de alto desempenho.

# Justificativas

A capacidade de se auto-adensar é obtida com o equilíbrio entre alta fluidez com grande mobilidade e moderada viscosidade e coesão entre as partículas do concreto fresco.

A alta fluidez é alcançada com a utilização de aditivos superplastificantes de última geração.

A moderada viscosidade e coesão entre suas partículas é conseguida com o incremento de um percentual adequado de adição mineral de granulometria muito fina.

Além disto, um alto volume de pasta e um menor diâmetro característico máximo do agregado graúdo são fundamentais para obtenção de CAA.

# Influências

Variáveis	Fluidez	Passante/Coesão	Estabilidade
Lançamento	Melhor quanto mais lento e descontínuo		Mais estável quanto mais lento
Espaçamento As	Menor quanto menor espaçamento	Menor quanto mais bloq. por agreg.	Menor quanto mais puder separar
Complexidade da forma	Menor quanto mais complexa		
Espessura da parede	Menor quanto menos espessa	Menor quanto mais bloq. por agreg.	
Distância em relação ao ponto de descarga	Menor quanto mais distante		
Slump horizontal	Menor quanto menor o círculo	Menor quanto maior o círculo	Menor quanto maior o círculo
Viscosidade	Menor quanto maior a viscosidade	Menor quanto menor a viscosidade	Menor quanto menor a viscosidade

# Influências

Variáveis	Fluidez	Passante/Coesão	Estabilidade
Tamanho do agregado		Menor quanto maior o tamanho do agreg.	
Relação areia/argamassa		Menor quanto muito maior a relação	

# Considerações

O princípio mais importante para concretos fluidos e resistentes à segregação, incluindo o CAA, é o uso de aditivos superplastificantes combinados com alto teor de materiais finos, sejam eles cimento Portland, adições minerais, fíler de rochas (calcáreo, basáltico, granítico) e/ou areia fina.

Segundo Okamura (1997), para o concreto fluir uniformemente através de barras de aço, a tensão de cisalhamento da argamassa deve ser pequena.

Esta tensão surge na argamassa, devido ao deslocamento das partículas de agregado graúdo.

# Considerações

A capacidade de preencher formas ou a capacidade de fluxo é comandada pela alta fluidez e alta coesão da mistura.

Já a capacidade de fluir bem entre os obstáculos é comandada pela moderada viscosidade da pasta e da argamassa e pelas propriedades dos agregados, principalmente, o tamanho máximo do agregado graúdo.

A estabilidade ou resistência à segregação requer providências no sentido de se manter a consolidação e a uniformidade da mistura durante seu transporte. Os mecanismos que comandam essa propriedade são a viscosidade e a coesão da mistura (Gomes, 2002). Essas propriedades são caracterizadas usando técnicas recentemente desenvolvidas, através de equipamentos de ensaios específicos para o CAA.

# Considerações

Observando resultados experimentais, Okamura concluiu que a tensão de cisalhamento da argamassa dependeria da relação  $(a/agl) = (\text{água/aglomerante})$  e que existia uma relação  $(a/agl)$  ótima, para a menor tensão.

Assim, surge um problema: aumentando a relação água/aglomerante, aumenta a fluidez do concreto, mas, ao mesmo tempo, diminui sua viscosidade.

Portanto, na produção de concretos auto-adensáveis é praticamente obrigatório o uso de aditivos superplastificantes e recomendável o uso de modificadores de viscosidade, o primeiro para aumentar a fluidez e o segundo para aumentar a viscosidade do concreto.

# Propriedades mecânicas do CAA no estado endurecido

- Resistência à compressão, pela NBR-5739/1994;
- Módulo de deformação estática, pela NBR-8522/2003 ;
- Resistência à tração na compressão diametral, pela NBR-7222/1994;
- Retração autógena, úmida e plástica;
- Deformação lenta na compressão;
- Aderência às armaduras de CA e CP;
- Durabilidade: Microestrutura, Carbonatação e Contaminação por agentes agressivos, Congelamento e Degelo;
- Estética.



# Seleção do Traço

A alta capacidade de fluxo, boa estabilidade e baixo bloqueio do CAA fresco são características obtidas com alta fluidez e moderada viscosidade e coesão.

Essas características estão diretamente ligadas aos seus componentes e as suas proporções na mistura. A moderada viscosidade e coesão que deverá existir na pasta e argamassa para evitar a segregação dos agregados e para diminuir o atrito entre o agregado graúdo justificam a alta dosagem de finos do CAA. O alto volume de pasta é necessário para garantir sua fluidez mantendo a estabilidade do concreto.

Como uma alta dosagem de cimento gera uma grande quantidade de calor, é recomendável usar pozolanas e fíleres substituindo parte do cimento (Gomes, 2002).

Na tabela 2.2 estão apresentados algumas proporções de misturas de CAA, com níveis de resistência à compressão usual e de alta resistência.

**Tabela 2.2 – Faixa de valores para proporções de misturas de CAA**

Proporções da mistura de CAA (1 m <sup>3</sup> )	CAA (*)	CADAR (**)
Volume de pasta (%)	35 – 40	38 – 45
Massa de finos (kg/m <sup>3</sup> )	400 – 650	605 – 735
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	200 – 400	430 – 480
Massa de água (kg/m <sup>3</sup> )	150 – 180	170 – 185
Rel. água/finos (massa)	0,25 – 0,40	0,25 – 0,29
Rel. água/(finos+ag.miúdo) (massa)	0,12 – 0,14	0,11 – 0,14
Volume de agregado graúdo (%)	30 – 35	26 – 31

**Tabela 2.2 – Faixa de valores para proporções de misturas de CAA**

Proporções da mistura de CAA (1 m <sup>3</sup> )	CAA (*)	CADAR (**)
Rel. agregado graúdo/concreto (massa)-(%)	32 – 40	29 – 35
Massa de agregado graúdo (kg/m <sup>3</sup> )	750 – 920	695 – 835
Rel. agregado graúdo/agregados (volume)	0,44 – 0,64	0,47 – 0,50
Tamanho do agregado graúdo (mm)	10 – 20	12
Rel. agregado miúdo/argamassa (vol)-(%)	40 – 50	39 – 45
Massa de agregado miúdo (kg/m <sup>3</sup> )	710 – 900	740 – 790
(*) Domone e Chai, 1996; Skarendahl e Peterson, 2000; Saak et al., 2001		(**) Gomes, 2002

# Aditivos no CAA

Observa-se nas misturas de CAA, apresentadas na tabela 2.3, a presença usual de materiais finos, tais como sílica ativa, resíduo de bloco cerâmico moído (RBCM), metacaulim, cinza volante, escória e fíler calcário.

Para a obtenção de CAA de alta resistência é comum a utilização da combinação de cimento mais cinza volante ou cimento com fíler calcário, acrescido de um percentual de sílica ativa (Gomes et al., 2001-2002).

Os materiais finos utilizados em combinação com o cimento são RBMG e sílica ativa. Em substituição aos fileres minerais, freqüentemente são usados agentes modificadores de viscosidade que são solúveis em água, baseados nos polissacarídeos e celulose (Sakata, et al., 1996; Khayat e Guizani, 1997; Khayat e Yahia, 1997; Miura et al., 1998 apud Gomes, 2002).

# Cimento e Adições

Cimentos contendo mais de 10% de C3A podem causar problemas de baixa trabalhabilidade.

A quantidade típica de cimento está na faixa entre 350 kg/m<sup>3</sup> a 450 kg/m<sup>3</sup>. Mais de 500 kg/m<sup>3</sup> poderá ser perigoso e aumentar a retração. O uso de menos de 350 kg/m<sup>3</sup> só poderá ser satisfatório com a inclusão de outro material cimentício, tais como cinza volante, pozolanas, entre outros.

Uma quantia mínima de finos deve ser estabelecida (presentes nos materiais cimentícios e na própria areia) para evitar a segregação.

Observa-se nas misturas de CAA a presença usual de materiais finos, tais como: sílica ativa, resíduo de bloco cerâmico moído (RBCM), metacaulim, cinza volante, escória e fíler calcário.

Para a obtenção de CAA de alta resistência é comum a utilização da combinação de cimento mais cinza volante ou cimento com fíler calcário, acrescido de um percentual de sílica ativa (Gomes et al., 2001-2002).

# Adições

Devido às exigências reológicas especiais do CAA, as adições são usadas para melhorar e manter a trabalhabilidade, como também regular a quantidade de cimento, reduzindo o calor de hidratação. As adições podem melhorar significativamente a durabilidade do concreto.

As adições típicas são a cinza volante, a sílica ativa, a escória granulada de alto forno, o fíler de vidro moído, o pó de pedra e o pigmento. Como pó de pedra, podem ser usadas pedras calcárias, dolomíticas ou graníticas finamente trituradas, em frações de partículas menores que 0,125 mm. As dolomíticas podem vir a apresentar riscos de durabilidade do concreto, devido à reação álcali-carbono.

A cinza volante é um bom material inorgânico com propriedades pozolânicas que pode ser acrescentado ao CAA para melhorar suas propriedades.

A sílica ativa é capaz de promover uma melhoria das condições reológicas do concreto, bem como uma melhora na durabilidade e em suas propriedades químicas e mecânicas.

A escória granulada de alto forno é um material latente hidráulico granular fino, que pode ser adicionado ao concreto para melhorar suas propriedades reológicas.

O fíler de vidro moído é geralmente obtido através da moagem de vidro reciclado, em partículas menores que 0,1 mm e área de superfície específica maior que 2500 cm<sup>2</sup>/g, onde partículas maiores podem causar reação álcali-sílica.

# Agregados e Aditivos

Em relação às características geométricas dos agregados, os laminares tendem a melhorar a resistência por causa dos engrenamentos das partículas angulares, mas os arredondados melhoram o fluxo por causa do baixo atrito interno entre as partículas.

As aberturas entre as armaduras são quem melhor decidem sobre o tamanho máximo adequado do agregado graúdo, pois a compatibilidade entre esses tamanhos, é um dos fatores preponderantes na diminuição do atrito interno entre as partículas e na melhora da capacidade de fluir do concreto.

É observado o uso indispensável nos CAA, dos superplastificantes de grande poder redutor de água, principalmente aqueles de nova geração, tal como policarboxílicos e outros copolímeros (Billberg, et al., 1996 apud Gomes, 2002).

Em substituição aos fíleres minerais, freqüentemente são usados agentes modificadores de viscosidade que são solúveis em água, baseados nos polissacarídeos e celulose (Sakata, et al., 1996; Khayat e Guizani, 1997; Khayat e Yahia, 1997; Miura et al., 1998 apud Gomes, 2002). O uso de um agente modificador de viscosidade aumenta as condições de controle da segregação, quando a quantidade de finos é limitada. Esse aditivo ajuda a melhorar a homogeneidade e reduz a tendência à segregação.

# Fibras

Os tipos de fibras comumente usadas no CAA são as de aço ou de polímeros. Suas especificações ainda se encontram em fase de elaboração. Podem ser usadas para melhorar as propriedades do CAA como também do concreto convencional.

As fibras de aço são normalmente usadas no CAA, para aumentar os parâmetros das características mecânicas de resistência a flexão e tenacidade.

As fibras de polímeros são usadas geralmente para reduzir a segregação e a retração plástica ou aumentar a resistência ao fogo.



# Método de EFNARC

Como o uso do CAA, tem crescido de forma acentuada, em vários países da Comunidade Européia, têm sido implantados diversos programas de pesquisas relacionados com o uso e aplicação do CAA.

Estas especificações e diretrizes mostradas a seguir, refletem a larga experiência prática da EFNARC sobre o CAA. Sua elaboração foi baseada nas mais recentes pesquisas, como também na abundância de experiências vividas pelos sócios da EFNARC por toda a Europa. Mas, a própria EFNARC reconhece que esta é uma tecnologia que ainda se encontra em estado de evolução e vários avanços adicionais podem impor modificações ou extensões nas exigências desta Especificação. O Comitê Técnico responsável continuará monitorando o progresso neste campo e deverá atualizar o documento a intervalos regulares. De forma que, a própria EFNARC, sugere avaliações de sua especificação, por parte dos usuários, para serem levadas em conta na próxima revisão do referido documento.

A Especificação da EFNARC define exigências específicas para o material do CAA, sua composição e sua aplicação. Seus anexos, também, incluem uma grande riqueza de conselhos úteis a pesquisadores, a projetistas, fabricantes de concreto, empresas construtoras, entre outros.

# Exigências sobre o CAA

O CAA deverá ser projetado de forma que atenda as exigências da EN 206, relativas à densidade, ao aumento progressivo de resistência, a resistência final e a durabilidade.

Devido ao grande conteúdo de finos, o CAA pode apresentar mais retração plástica ou deformação lenta que os concretos convencionais, de forma que esses aspectos devem ser levados em consideração. O conhecimento atual desses aspectos ainda é muito limitado, ou seja, é uma área que requer muita pesquisa.

Deverá, também, ser tomado um cuidado especial para começar o processo de cura do concreto assim que possível. O nível de fluidez do CAA é governado, principalmente, pela dosagem de superplastificante, mas uma grande quantidade do mesmo pode conduzir ao risco de segregação e bloqueio. A tendência de segregação e bloqueio pode ser controlada pelo uso de uma quantidade suficiente de finos ( $< 0,125$  mm) ou um aditivo controlador do nível de viscosidade.

Assim é que, durante o processo de aplicação, as características do CAA no estado fresco, precisam ser controladas usando, preferivelmente, de forma cuidadosa, tipos diferentes de testes.

# Exigências sobre o CAA

O tempo, durante o qual o CAA mantém suas propriedades reológicas, é muito importante, no sentido de obter bons resultados durante o processo de aplicação do mesmo. Este tempo pode ser ajustado através da escolha correta do superplastificante ou do uso combinado de aditivos retardadores. Cada aditivo tem seu efeito em função do tempo, portanto, eles podem ser usados de acordo com o tipo de cimento e a cronometragem do transporte e da colocação.

A trabalhabilidade do CAA pode ser caracterizada pelas propriedades de capacidade de preenchimento, capacidade de passagem por obstáculos e resistência a segregação. Uma mistura de concreto só pode ser classificada como Concreto Auto Adensável se todas as exigências, provenientes de resultados de ensaios, para essas três características, forem totalmente atendidas.

# Testes das propriedades do CAA no estado fresco

**Teste de espalhamento** - avalia o grau de deformabilidade da mistura de CAA fresco, através de sua velocidade de deformação e do diâmetro de espalhamento da amostra deformada sob o efeito do seu próprio peso.

Os principais equipamentos utilizados nesse ensaio são: Cone de Abrams, de acordo com a NBR NM 67, chapa de aço de 1m x 1m e cronômetro com precisão de 0,1 s. A chapa de aço de 2 mm de espessura, tem dois círculos centralizados demarcados, um de 20cm de diâmetro para centralização do cone e outro de 50cm de diâmetro para medição do tempo que o concreto leva para atingir esse diâmetro, ambos círculos devem estar claramente visíveis para facilitar as medições.

O ensaio de espalhamento segue a seguinte seqüência:

- 1- Colocar a chapa numa superfície horizontal e nivelada;
- 2- Umedecer a chapa;
- 3- Encher rapidamente o cone de concreto;
- 4- Levantar o cone verticalmente após 15 segundos do seu preenchimento e simultaneamente ligar o cronômetro registrando o tempo, em segundos, que o concreto alcança o diâmetro de 500 mm (T50);
- 5- Após o concreto atingir o repouso, efetuar duas medidas perpendiculares do diâmetro final, onde o valor final do espalhamento é o resultado da média entre os dois valores.

# Teste de Espalhamento



a) Cone de Abrams; (b) Detalhes dos círculos na chapa. A EFNARC (2002) recomenda para o CAA, no espalhamento final um valor entre 650 mm e 800 mm e para o T50 de 2s a 5s

# Funil V

Esse método de ensaio foi desenvolvido na Universidade de Tóquio.

Consiste em medir o tempo para um certo volume de concreto (aproximadamente 10 litros), fluir totalmente por um funil (Ozawa, et al., 1994 apud Gomes, 2002). Esse teste é capaz de fornecer boa indicação da viscosidade da mistura, pode também ser indicativo da segregação.

Um baixo tempo de esvaziamento do funil é favorável com respeito à capacidade de fluxo e um alto tempo significa alta viscosidade, com tendência a sofrer bloqueio e segregação (Gomes, 2002).

Em geral, este teste é utilizado para avaliar a propriedade do estado fresco de capacidade de preenchimento de formas do concreto.

# Funil V

É apresentado o Funil V, recomendado por Gomes (2002), de orifício de descarga de 6,5cm x 7,5cm.

O Funil V é composto de dois trechos de dimensões e formas diferentes; o trecho superior de seção transversal interna variável com altura de 45cm, apresenta uma seção superior interna de 51,5cm x 7,5cm e inferior de 6,5cm x 7,5cm; e o trecho inferior de seção transversal interna retangular constante, com altura de 15cm, prossegue até seu final com as dimensões de 6,5cm x 7,5cm. O orifício de descarga do funil deverá ser equipado com uma tampa a prova de passagem de água.

Os aparatos utilizados neste ensaio são: Funil V; um recipiente de capacidade de 5 litros para derramar a amostra a ser colocada no funil; um recipiente tipo bandeja de capacidade de 12 litros para receber a amostra derramada de dentro do funil; um cronômetro de precisão de 0,1 segundo para medir o tempo de esvaziamento total do funil.

# Funil V



## Detalhes do Funil V



# Funil V

O ensaio do Funil V seguiu a seguinte seqüência:

- 1- Molhar o interior do Funil em V, limpando com um pano molhado;
- 2- Colocar o funil com seu fundo fechado apontando para o recipiente receptor da amostra;
- 3- Nivelar a superfície de topo do funil;
- 4- Introduzir a amostra de concreto no Funil sem exercer sobre o mesmo nenhum tipo de compactação por socamento ou vibração mecânica, deixando a superfície de concreto nivelada, retirando o excedente;
- 5- Após 15 segundos, abrir rapidamente a tampa do orifício inferior do funil e simultaneamente ligar o cronômetro registrando o tempo (em segundos) de esvaziamento total do Funil (Takada, 2000).

A EFNARC (2002) recomenda para o CAA, um intervalo de 6s. a 12s., para o tempo de esvaziamento total do funil.

# Caixa L

O Ensaio da Caixa em L foi utilizado por Peterson et al. (1996), por Gomes (2002), Rooney (2002), Araújo (2003), Tutikian et al. (2004).

O teste é usado para a avaliação da propriedade no estado fresco de capacidade de passagem do CAA entre as aberturas das armaduras (Gomes, 2002). Segundo Petersson, 2000, o teste da Caixa L, também pode ser utilizado para avaliar as propriedades de capacidade de preencher fôrmas e resistência à segregação do CAA.

A Caixa L é confeccionada com uma parte vertical ligada com uma horizontal, na base da vertical é feita uma abertura que é colocada uma porta e barras de aço, por onde o concreto deve passar. As barras de aço são de 10 mm e as aberturas entre as barras são 42 mm, podendo ser mudados para outros tamanhos de aberturas.

A parte vertical da Caixa em L com dimensões de 0,60 m x 0,20 m x 0,10 m (altura x largura x profundidade), deverá ser preenchida com 12,7 litros de concreto. Os 12 litros do volume vertical da caixa com 0,7 litros extra atrás do portão, somam um total de 12,7 litros. A parte horizontal da Caixa L tem dimensões internas de 70cm x 20cm x 15cm (comprimento x largura x profundidade).

# Caixa L



27 de junho de 2007

Concreto Auto Adensável

35

# Caixa L

O ensaio da Caixa L segue a seguinte seqüência:

- 1- Colocar a caixa L sobre uma superfície nivelada;
- 2- Limpar e umedecer as superfícies internas da Caixa;
- 3- Preencher com concreto a parte superior da Caixa, sem utilizar nenhum tipo de adensamento, deixando a superfície do concreto nivelado, retirando o excedente;
- 4- Após 15 segundos, levantar rapidamente a porta e simultaneamente ligar os dois cronômetros registrando em segundos os tempos para o concreto atingir na horizontal as marcas de 20 cm e 40 cm, TL20 e TL40, respectivamente;
- 5- Logo após o concreto atingir seu estado de repouso, medir com uma trena suas alturas H1 e H2, no início e final da parte horizontal da Caixa L, respectivamente.

# Caixa L

Tanto o bloqueio como a estabilidade do concreto, podem ser detectados visualmente.

Se o concreto formar uma camada elevada atrás das armaduras, significa que o mesmo sofreu bloqueio e segregação.

Usualmente é apresentado no bloqueio o agregado graúdo reunido entre as barras das armaduras. Se o agregado graúdo se apresentar bem distribuído ao longo da superfície do concreto até o final da parte horizontal da caixa, significa que o mesmo pode ser considerado estável (Pettersson, 2000).

Rooney e Bartos, 2000, recomendam para os parâmetros obtidos nos ensaios do CAA na Caixa L, para  $TL_{20} = 2s.$ , para  $TL_{40} = 4s.$  e para  $H_2/H_1 = 0,80$ .

# Tubo U

Para a avaliação dos CAA quanto à propriedade de resistência à segregação, é utilizado o Teste do Tubo U (Figura 3.15) usado por Gomes (2002).

O equipamento Tubo U consiste de três segmentos de tubo e dois joelhos de PVC-S de 150mm, cortados em meia cana e mantidos juntos através de fixação longitudinal com fitas adesivas e com abraçadeiras transversais, de forma que, após o ensaio, as partes sejam separadas sem provocar destruição do concreto nele colocado.

A segregação é avaliada como o grau de não uniformidade na quantidade de agregado gráudo, nas diferentes partes do tubo. São utilizados, nesse teste, aproximadamente 32 litros de concreto.

Os aparatos utilizados neste ensaio são: Recipientes para encher o Tubo U de concreto, Tubo U, base de madeira do Tubo U, instrumentos cortantes para retirar as amostras, três bandejas para receber as amostras, peneira de 5 mm, sistema de água com mangueira para lavagem das amostras, papel toalha para enxugar as britas das amostras e uma balança.

# Tubo U

O ensaio do Tubo U (U Pipe Test) seguiu a seguinte seqüência:

- 1- Nivelar e aprumar o Tubo U com o auxílio de uma base em forma de caixa de madeira;
- 2- Introduzir o concreto em queda livre de uma altura de 80 cm, de forma que o mesmo preencha a fôrma de Tubo U, completamente, até sua extremidade oposta sem nenhuma compactação;
- 3- Manter o Tubo U na vertical durante um período de aproximadamente três horas até o concreto endurecer parcialmente, ficando rijo o bastante para se manter com a forma, mas não totalmente endurecido;
- 4- Colocar o Tubo U na horizontal e remover a meia cana superior do mesmo;
- 5- Extrair as três amostras cilíndricas de 10 cm de espessura, a primeira corresponde aos primeiros 10 cm da extremidade de entrada do concreto, a segunda e a terceira amostras são extraídas, no sentido de fluxo do concreto, no início e no final do trecho horizontal do tubo, respectivamente;
- 6- Lavar as três amostras, separadamente, sobre uma peneira de 5 mm para remover a argamassa e se obter o agregado graúdo limpo;
- 7- Enxugar as superfícies das britas provenientes das três amostras com papel-toalha e determinar suas massas separadamente.

A massa da amostra 01 serve como referência. Calculam-se as razões da massa da amostra 02 sobre a massa da amostra 01 e a massa da amostra 03 sobre a massa da amostra 01. A Razão de Segregação (RS) é tomada como o menor dos dois valores. A segregação é considerada desprezível se  $RS = 0,90$  (Gomes, 2002).

# Tubo U



## Detalhes do Tubo em U



# Bibliografia

ABESC – Palestra: Concreto Auto-Adensável. 2006

ACI. Self-Consolidating Concrete. In: ACI Committee 237. Abril 2007.

Araújo, J.L.; Barbosa, N.P.; dos Santos, S.B; Regis, P.A. Concreto auto-adensável com materiais locais no nordeste brasileiro. In: 45º Congresso Brasileiro do Concreto. CD-ROM, Vitória, 2003.

CBIC. Utilização de Concreto Auto-adensável em Estruturas de Edifícios com custos inferiores ao Concreto Convencional. 2006

EFNARC. Specification and guidelines for self-compacting concrete. In: EFNARC. Fevereiro, 2002.

EFNARC. SCC Guidelines - Specification, Production and Use. Maio, 2005

EN1992-1 – Eurocode 2:Design of concrete structures Part 1 –1 – General rules and rules for buildings -Part 1-2 – General rules – Structural file design Okamura, H. Self-compacting High-performance concrete. In: Concrete International, v.19, n.7, p. 50-54, Julho 1997.

# Bibliografia

- Okamura H and Ozawa K. Self-compactable high performance concrete. International Workshop on High Performance Concrete. ACI; Detroit. 1994
- RILEM, 2000. State-of-the-Art Report of RILEM Technical Committee 174-SCC, Self-Compacting Concrete. Report 23.
- Tutikian, B.F. Método para dosagem de concretos auto-adensáveis. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

**Sessão encerrada**  
**Obrigado a todos**

**Eng<sup>o</sup> Marcelo Iliescu**  
**[iliescu@iliescu.com.br](mailto:iliescu@iliescu.com.br)**  
**[www.iliescu.com.br](http://www.iliescu.com.br)**