



**ANÁLISE DA PERDA DE FLUIDEZ DO CONCRETO AUTO
ADENSÁVEL TIPO SF3 QUANDO SUBMETIDO A VARIAÇÃO DE
TEMPERATURA DOS AGREGADOS**

SÃO PAULO
2017



ALISSON LIMA SIMÕES DE MIRANDA
FERNANDA CRISTINA PELEGRIN BARALDINI
LUCAS REIS FERREIRA

**ANÁLISE DA PERDA DE FLUIDEZ DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL
TIPO SF3 QUANDO SUBMETIDO A VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DOS
AGREGADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Pós Graduação em Tecnologia do Concreto, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Tecnologia do Concreto.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2017

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Msc De Luca pela supervisão e orientação deste trabalho.

Aos amigos que tivemos a oportunidade de conhecer durante a realização deste curso e que foram, ao longo destes dois anos, certamente as melhores companhias possíveis.

À todos os professores deste programa que muito contribuíram com suas experiências, a exemplificar: Guilherme Gallo, Kirke Moreira, Marcelo Medeiros, José Marques Filho, Selmo Kuperman, Carlos Giublin, Ricardo Alencar, Selmo Soares, André Figueiró, Ricardo Faria e aos demais mestres fiéis e atenciosos que incentivaram e instruíram diante das mais inesperadas dúvidas.

À Sika S.A., Concretar Concreto e Concrepatos pela ajuda financeira concedida e incentivo para realização deste curso.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA PERDA DE FLUIDEZ DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL TIPO SF3 QUANDO SUBMETIDO A VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DOS AGREGADOS

Por

ALISSON LIMA SIMÕES DE MIRANDA
FERNANDA CRISTINA PELEGRIN BARALDINI
LUCAS REIS FERREIRA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TECNOLOGIA DO
CONCRETO, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

São Paulo (SP), 24 de junho de 2017.

Ricardo Tadeu Pinto Faria, Esp.

André Tadeu Moreno Figueiró, Esp.

Carla Castro de Paula, Esp.

RESUMO

O concreto é considerado o material de construção mais utilizado no mundo e está em constante aprimoramento. Em 1986, no Japão, foi criado o concreto auto-adensável, capaz de se moldar nas formas sem a necessidade de vibração. Este concreto é classificado através de norma brasileira ABNT NBR 15823:2010 - Concreto auto-adensável e promove adensamento em estruturas altamente complexas. Devido as variações climáticas existentes no Brasil e a exposição dos agregados à intempéries para a execução de concretos, neste trabalho, foi realizado um concreto auto adensável tipo SF3 como referência e analisada a perda de fluidez submetendo os seus agregados a variação de temperatura (5°C a 125°C com variações de 20°C para cada ensaio). A realização destes ensaios possibilitou confirmar a influência da alteração da temperatura dos agregados na perda de fluidez do concreto, bem como na temperatura final do concreto e nas resistências à compressão. Quando submetido a temperaturas baixas (5°C), o concreto tende a apresentar um aumento significativo de trabalhabilidade, atrelado a descaracterização do traço pela exsudação. Quando submetido a temperaturas mais elevadas (25°C a 125°C), o concreto tende a apresentar perda de trabalhabilidade acentuada, sendo ela gradual ao aumento da temperatura.

Palavras chave: concreto, concreto auto adensável, temperatura do concreto, temperatura dos agregados, variação de temperatura.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Constituintes do concreto	28
Figura 2- Monômero de um policarboxilato	41
Figura 3 – Etapas macro do estudo experimental da análise da perda de fluidez de um concreto auto-adensável tipo SF3 quando submetido a variação de temperatura dos agregados	55
Figura 4 – Fases de desenvolvimento do programa experimental	57
Figura 5 – Perda de fluidez do concreto referência	69
Figura 6 – Resistência à compressão do concreto referência	69
Figura 7 – Temperaturas de ensaio dos agregados	71
Figura 8 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao tempo de reação do aditivo	72
Figura 9 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao espalhamento inicial do concreto	74
Figura 10 - Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 105°C (evaporação)	75
Figura 11– Mistura do concreto com agregados na temperatura de 105°C (evaporação)	75
Figura 12– Mistura do concreto com agregados na temperatura de 105°C antes da adição do aditivo (evaporação)	76
Figura 13 – Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 5°C (exsudação)	76
Figura 14– Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 65°C (exsudação)	77
Figura 15– Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 45°C (exsudação)	78

Figura 16 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação a perda de fluidez do concreto..... 79

Figura 17 – Influência da variação da temperatura dos agregados na resistência à compressão do concreto 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dosagem de materiais em misturas de concreto auto- adensável.....	47
Tabela 2 – Traço do concreto referência	59
Tabela 3 – Espalhamento e viscosidade plástica aparente do concreto referência.....	65
Tabela 4 – Habilidade passante pelo Anel J do concreto referência..	66
Tabela 5 – Habilidade passante Caixa L do concreto referência	66
Tabela 6 – Viscosidade plástica aparente do concreto referência	67
Tabela 7 – Classe de resistência a segregação do concreto referência	67

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Lei de Abrams	44
Equação 2 - Lei de Lyse	44
Equação 3 - Lei de Prizkulnnik & Kirilos	45
Equação 4 – Determinação do volume do agregado graúdo	48
Equação 5 – Determinação do volume do agregado miúdo	49

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE EQUAÇÕES.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2. OBJETIVOS	15
1.2.1. Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
1.3. HIPÓTESE	16
1.4. JUSTIFICATIVAS	16
1.4.1. Tecnológicas	16
1.4.2. Econômicas	17
1.4.3. Sociais	17
1.4.4. Ecológicas	17
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1. CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL	21
2.2. PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL.....	23
2.2.1. Funil V	24
2.2.2. Caixa L.....	24
2.2.3. Espalhamento.....	25
2.2.4. Anel J (Anel Japonês)	26
2.2.5. Avaliação da segregação.....	27

2.3. COMPONENTES DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL.....	28
2.3.1. Cimento.....	28
2.3.2. Adições minerais.....	30
2.3.3. Agregados	36
2.3.4. Água.....	39
2.3.5. Aditivos.....	39
2.4. DOSAGEM DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL.....	43
2.4.1. Método Okamura	48
2.4.2. Método Tutikian	50
2.5. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA REALIZAÇÃO DE CONCRETOS	51
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL	55
3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL	56
3.1.1. Fase 1: Elaboração de um concreto auto-adensável de referência tipo SF3 conforme ABNT NBR 15823: 2010.....	57
3.1.2. Fase 2: Análise da perda de fluidez do concreto referência quando submetido a variação de temperatura dos agregados	61
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	64
4.1. FASE 1: CONCRETO REFERÊNCIA	64
4.1.1. Espalhamento e viscosidade plástica aparente	65
4.1.2. Habilidade passante Anel J	65
4.1.3. Habilidade passante Caixa L	66
4.1.4. Viscosidade plástica aparente	67
4.1.5. Resistência a segregação pela coluna de segregação.....	67
4.1.6. Manutenção de abatimento	68
4.1.7. Resistência à compressão axial.....	69
4.1.8. Caracterização final do concreto referência	70
4.2. FASE 2: VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DOS AGREGADOS ..	70
4.2.1. Variação da temperatura dos agregados	71

4.2.2. Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao tempo de reação (“abertura”) do concreto	72
4.2.3. Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao espalhamento inicial do concreto	73
4.2.4. Influência da variação da temperatura dos agregados na perda de fluidez do concreto	78
4.2.5. Influência da variação da temperatura dos agregados na temperatura do concreto	80
4.2.6. Influência da variação da temperatura dos agregados na resistência a compressão do concreto.....	81
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	84
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	86
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
7. ANEXOS	91
7.1. ANEXO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO NACIONAL CPV ARI RS	91
7.2. ANEXO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO (BRITA 0)	92
7.3. ANEXO 3 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO 1	93
7.4. ANEXO 4 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO 2	94
7.5. ANEXO 5 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO 3	95
7.6. ANEXO 6 – FICHA TÉCNICA DA MICRO SÍLICA	96
7.7. ANEXO 7 – FICHA TÉCNICA DO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE.....	100

1. INTRODUÇÃO

O concreto é considerado o material de construção mais utilizado no mundo e está em constante aprimoramento, tornando cada dia mais a utilização de concretos convencionais uma forma insuficiente de atender as necessidades do processo construtivo. Devido a evolução de técnicas e do próprio mercado, há a solicitação por concretos especiais, como concretos de alto desempenho, com adições, com fibras, coloridos, aparentes, sustentáveis, entre outros.

Fazendo parte deste processo de aprimoramento, em 1986 foi desenvolvido no Japão, um concreto denominado auto-adensável. Esse concreto tem a capacidade de se moldar nas formas e preenche-las, sem a necessidade de vibração ou compactação externa (TUTIKIAN & DAL MOLIN, 2015).

Considerando o desenvolvimento de novos concretos e aplicações verificou-se também, ao longo dos anos, a necessidade de utilização de aditivos capazes de promover características específicas aos traços desenvolvidos. Isto porque, além da variação de materiais utilizados para a realização de concretos, existem as condições climáticas distintas possíveis de serem encontradas em todo o território nacional, com variações de temperatura significativas entre as estações verão e inverno.

Definidos como produtos químicos que possuem a capacidade de alterar propriedades do concreto (resistência, trabalhabilidade, durabilidade, entre outros), os aditivos para concreto, principalmente os aditivos de terceira geração, com o objetivo fundamental de elevar suas qualidades ou diminuir seus pontos fracos, são amplamente utilizados para confecção de concretos auto-adensáveis.

No entanto, a perda de fluidez acentuada específica para este tipo de aplicação pode causar problemas de patologias como falhas de concretagem, porosidade e diminuição da vida útil da estrutura.

A perda de fluidez com o tempo é considerada a maior dificuldade à propagação da utilização de aditivos base policarboxilato, comparado ao concreto convencional. Dependendo da consistência obtida, o concreto convencional mantém a sua trabalhabilidade por um período de 30 a 60 minutos. A máxima trabalhabilidade obtida com a utilização de superplastificantes normalmente está por volta de 10-15 minutos que se segue por um perda considerável no espalhamento do concreto, prejudicando a sua utilização em obra (MAILVAGANAN, 1979).

Baseando-se em todo extenso acervo de informações a respeito do concreto auto-adensável e a possível correlação de sua performance em relação a variação de temperatura, este trabalho de finalização de curso tem como objetivo analisar a perda de fluidez do concreto auto-adensável, que utiliza um aditivo de terceira geração base policarboxilato de longa manutenção quando submetido a variação de temperatura dos agregados, a fim de comprovar experimentalmente o conhecimento prático.

Para este fim, serão realizados ensaios com um concreto auto-adensável tipo SF3 submetido a variação de temperatura dos agregados (5°C a 125°C, com variações de 20°C para cada ensaio), possibilitando uma análise de resultados quanto ao espalhamento inicial, perda de fluidez e resistência à compressão.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A perda de fluidez acentuada do concreto auto-adensável compromete a qualidade do concreto e a vida útil da estrutura. A temperatura dos agregados do concreto auto adensável tipo SF3 influencia na fluidez do mesmo?

1.2. OBJETIVOS

Neste item são apresentados os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

1.2.1. Objetivo Geral

Verificar a influência da variação da temperatura dos agregados (gráudo e miúdo) na fluidez e resistência à compressão do concreto auto-adensável tipo SF3.

1.2.2. Objetivos Específicos

Seguem os objetivos específicos aplicados a este trabalho de conclusão de curso:

- a) Fazer um concreto auto- adensável tipo SF3 através de mecanismo nacional (ABNT NBR 15823:2010) e submetê-lo a variação de temperatura dos agregados (gráudo e miúdo);
- b) Verificar a influência da temperatura dos agregados de um concreto auto-adensável tipo SF3 de referência na sua fluidez e resistência à compressão.

1.3. HIPÓTESE

Supõe-se que a temperatura dos agregados influencia na fluidez do concreto, pois a prática de anos em diversas regiões do país observa este fato.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Considerando a utilização de um concreto auto-adensável com fluidez dentro das necessidades de trajeto e aplicação, obtém-se um concreto de fácil manejo e peças finais bem acabadas.

Portanto, neste item, serão apresentadas as justificativas tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas para a elaboração do estudo proposto.

1.4.1. Tecnológicas

A utilização do concreto auto-adensável atendendo as premissas de aplicação proporciona a redução de patologias do concreto, diminuição das etapas de concretagem, aumento da vida útil das estruturas e otimização do processo de mistura, utilizando todos os materiais disponíveis diretamente em produção, não sendo necessário aguardar resfriamentos ou o uso de métodos paliativos (gelo, vapor...).

1.4.2. Econômicas

Com a implantação do concreto auto-adensável atendendo as premissas de aplicação, pode-se reduzir o retrabalho em peças de concreto ocasionadas por “bicheiras” ou porosidade, além do aumento da produtividade em plantas de pré-fabricados e canteiros de obras.

1.4.3. Sociais

Ao se implantar um traço de concreto auto-adensável eficiente, elimina-se o adensamento mecânico. Desta forma, há redução de atividades pouco ergonômicas realizadas pelos trabalhadores, bem como a redução dos ruídos na obra e seu entorno.

1.4.4. Ecológicas

Em função da racionalização do método produtivo, a utilização de um concreto auto-adensável eficiente torna possível a redução de descartes indevidos de peças ou concretos rejeitados.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A proposta deste trabalho é analisar a perda de fluidez do concreto auto-adensável tipo SF3 quando submetido a variação de temperatura de seus agregados (gráúdo e miúdo).

Para tanto, será realizada revisão da literatura do assunto proposto e estudo experimental para verificação deste sistema, conforme segue:

- A. A revisão da literatura terá como foco abordar a base teórica da caracterização do concreto auto-adensável, bem como possíveis referências da variação da temperatura dos agregados em relação as características deste material em seu estado fresco e endurecido.
- B. O programa experimental será realizado nas seguintes etapas:
 - a. Composição do traço de referência (concreto auto-adensável tipo SF3 conforme ABNT NBR 15823:2010);
 - b. Execução do traço em laboratório;
 - c. Repetição do traço de referência com alteração da temperatura dos agregados (5°C, 25°C, 45°C, 65°C, 85°C, 105°C e 125°C), realizando as seguintes análises:
 - (a) Espalhamento inicial;
 - (b) Ensaio de slump flow teste, de 15 em 15 min (pelo período máximo de 60 minutos ou até perda de 50% da fluidez);
 - (c) Moldagem de corpos de prova para avaliação de resistência a compressão com um (1), sete (7) e vinte e oito (28) dias.
 - d. Análise dos resultados;

Para a análise da influência da temperatura na perda de fluidez do concreto auto-adensável, será realizado aumento gradual de temperatura dos agregados (grauído e miúdo) com variação de 20°C entre os pontos a serem analisados.

Essa variação de 20°C na temperatura dos agregados foi escolhida devido a temperatura padrão de laboratório ser 25°C. Partindo desse parâmetro, é possível realizar um aumento ou diminuição padronizado da temperatura, utilizando a temperatura controlada de laboratório como base.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Para facilitar o entendimento do conteúdo apresentado neste trabalho de finalização de curso, o mesmo foi dividido em cinco capítulos.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa proposto, bem como as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica deste programa experimental, discorrendo sobre o que é o concreto, especificamente o concreto auto-adensável, quais os seus principais componentes, quais os critérios de classificação deste tipo de concreto e os efeitos relacionados a variação da temperatura nas suas propriedades do estado fresco e endurecido.

O **Capítulo 3** apresenta a metodologia empregada para a elaboração do ensaio experimental. Este capítulo aborda a aplicação da norma brasileira ABNT NBR 15823:2010 - Concreto auto-adensável, a caracterização dos materiais utilizados nos ensaios e também a caracterização do traço definido para o experimento.

O **Capítulo 4** apresenta todos os dados obtidos no estudo experimental, descrevendo as principais correlações entre a perda de fluidez, a resistência à compressão e o aumento da temperatura dos agregados.

Por fim, o **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca do programa experimental e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Passuelo, Jacinto, Kirchhein, et al. (2005), o concreto é uma rocha artificial produzida através de uma mistura de agregados graúdo, miúdo e material ligante, podendo ainda ter aditivos químicos e minerais, em proporções pré-fixadas com água, formando uma massa compacta, de resistência plástica e que endurece com o tempo, tomando a forma desejada.

O concreto é o segundo produto mais utilizado pela humanidade, somente perdendo o posto de primeiro lugar para a água. Na sociedade atual não é possível imaginar nenhuma atividade humana em que o concreto não esteja presente. Na área de proteção, saúde, lazer e conforto, existem habitações, escolas, hospitais, edificações em geral; para intercomunicação da sociedade global, existem pontes, viadutos, rodoviárias, aeroportos; na provisão e manutenção da salubridade social, possuímos estações de tratamento de água, reservatórios, obras de saneamento e infra-estrutura; para provisão de energia, existem hidroelétricas, usinas nucleares, eólicas, de marés, plataformas de petróleo, entre outros.

As principais vantagens de utilização do concreto são: matérias-primas de baixo custo e disponibilizadas em abundância, adaptabilidade por apresentar consistência plástica em estado fresco, durabilidade, versatilidade, e possibilidade de incorporar rejeitos industriais poluentes.

2.1. CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

Foi no ano de 1986, no Japão, na Universidade de Tóquio, que o concreto auto-adensável (CAA) foi desenvolvido. A Justificativa foi devido à

complexidade das formas, altas taxas de armaduras e também para diminuir a poluição sonora causada pelos vibradores, segundo Billberg (1999).

[...] O concreto auto adensável (CAA), também chamado de concreto auto compactável, foi inicialmente desenvolvido para suprir a deficiência de mão-de-obra qualificada na operação de concretagem. O adensamento inadequado do concreto foi identificado pelos engenheiros japoneses como umas das principais causas de comprometimento da durabilidade das estruturas. O grande interesse no CAA, verificado principalmente na Europa durante a década de 1990, já possibilitou a consolidação de conceito e ensaios desse material. Em todo mundo, é maior, a cada dia, seu emprego como material de construção, tanto nos setores de pré-moldados e pré-fabricados, como para as aplicações de concreto no local. (REPETTE, 2011)

No Japão, a partir de 1983, o problema do mau adensamento do concreto começou a afetar a durabilidade, levando a redução da qualidade das construções, como afirma Okamura (1997).

Para atender a este requisito, lançou-se mão de produção de concretos fluidos, o que foi possível a partir da utilização de aditivos superplastificantes, especialmente os de 3ª geração. Apesar deste avanço, o nível de fluidez atingido pelo material levou a ocorrência de exsudação e segregação fazendo com que sua aplicação fosse limitada. Havia a necessidade de se produzir um concreto com elevada fluidez, a ponto de eliminar o processo de adensamento, mas com adequada resistência a exsudação e segregação, além de níveis de resistência mecânica adequada (NUNES, 2001).

2.2. PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

A especificação da *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC), entidade europeia com sede no Reino Unido, descreve o CAA como o mais revolucionário desenvolvimento na construção de estruturas de concreto ocorrido nas últimas décadas.

O Concreto auto-adensável pode ser caracterizado como um material especial pela sua habilidade peculiar de se mover com facilidade no interior de formas e entre armaduras, como afirma Okamura (1997). Com isto, não há a necessidade de qualquer energia externa para adensar o concreto, eliminando vibradores.

A capacidade de preenchimento do CAA é conseguida pela sua alta deformabilidade, que é garantida pela sua reologia, sendo um concreto fluído, mas coeso. Na maioria dos casos, o CAA tem sua qualidade medida através da sua consistência e não em relação as suas propriedades mecânicas como ocorre nos concretos convencionais. (COPPOLA, 2001).

Utilizando filer calcário, adição mineral e um agregado graúdo (diâmetro de 20mm) foi realizada uma aplicação em Ozaka, Japão, para se obter um CAA de classe SF2, afirma Coppola (2001). E, de acordo com Peterson (2000), uma obra que antes era necessário 150 funcionários, passou a utilizar somente um terço.

Em estudo experimental realizado por Bartos e Soderlind (2000), foi concluído que o ruído captado por trabalhadores e pelas proximidades da obra, quando utilizado o CAA, é de aproximadamente 10% do ruído de quando se utiliza um concreto convencional, em decibéis.

No Brasil, o CAA é classificado e caracterizado pela norma brasileira ABNT NBR 15823:2010 – Concreto auto-adensável, separada em cinco partes, onde a primeira trata da classificação, controle e aceitação no estado fresco, a segunda da determinação do

espalhamento e do tempo de escoamento pelo método do cone de Abrams, a terceira determina a habilidade passante em fluxo livre pelo método do Anel J, a quarta a habilidade passante em fluxo confinado pelo método da Caixa L, e por fim, a quinta descreve como determinar a viscosidade do CAA pelo método do Funil V.

Para determinar o desempenho do CAA, a ABNT NBR 15823:2010 regulamenta ensaios, sendo assim possível classifica-lo mediante a resultados de ensaios como Funil V, Caixa L, Anel J e o Ensaio de Espalhamento.

2.2.1. Funil V

Repette (2011) explica que este método de ensaio do Funil V foi desenvolvido por Ozawa, Sakata e Okamura no ano de 1995 e sua finalidade é avaliar a viscosidade e a capacidade do concreto de escoar e de passar por lugares estreitos.

De acordo com Repette (2011), este ensaio consiste em registrar o tempo gasto pelo concreto para que escoar pelo funil até um recipiente posicionado em sua abertura inferior.

2.2.2. Caixa L

Com a Caixa L, pode-se medir o tempo gasto para o concreto escoar através de fluxos confinados, simulando assim formas fechadas com armaduras tendo como obstáculos três barras de 12 mm, com espaçamento de 35 mm entre elas, simulando o comportamento em locais armados, como afirma Repette (2011).

De acordo com a ABNT NBR 15823-4:2010, através deste ensaio se é possível determinar a classe de habilidade passante sob fluxo confinado, simulando, por exemplo, formas de concreto armado, como vigas.

2.2.3. Espalhamento

A ABNT NBR 15823-2:2010 define que o concreto auto-adensável deve ser classificado em função das suas propriedades no estado fresco, de acordo com seu valor de espalhamento (*slump-flow*), sendo então dividido em três classes:

- SF1 - 550 mm a 650 mm;
- SF2 - 660 mm a 750 mm;
- SF3 - 760 mm a 850 mm;

Para a realização deste ensaio e para poder realizar a classificação deste CAA, são necessários os seguintes materiais:

- Placa de Base;
- Régua metálica;
- Recipiente com capacidade para 10 L;
- Complemento tronco-cônico;
- Colher de pedreiro;
- Cronômetro;
- Amostra de concreto;

A amostra a ser utilizada deve estar em estado fresco e homogeneizada, respeitando o processo de execução especificado pela ABNT NBR NM 33:1998.

Segue informação a respeito da execução do ensaio de espalhamento:

Deve ser feita a limpeza e umidificação da placa de base e certificar-se que esta esteja sobre um local nivelado. Feito isso, posiciona-se então o molde sobre a placa de base, de forma centralizada. Com o molde fixo na placa de base, preenche-se o recipiente com a amostra de concreto fresco, com limite de 2 minutos após sua coleta. Preenchido totalmente o molde, retira-se o complemento tronco-cônico do molde e remove-se o excesso de concreto com o auxílio da colher de pedreiro. Terminado esse procedimento, retira-se o molde uniformemente com tempo limite de 5 segundos e verifica-se o espalhamento do concreto. Todo esse procedimento deve ser efetuado em tempo inferior a 1 minuto. No momento da desmoldagem (momento em que o molde perde o contato com a placa de base), inicia-se o cronômetro e verifica-se o tempo necessário para que a massa de concreto preencha completamente a marca de 500 mm da placa de base. (ABNT NBR 15823-2:2010).

A partir deste ensaio é possível se obter os valores de espalhamento e T500, que classificam o concreto quanto a sua classe e tempo de escoamento (ABNT NBR 15823-2:2010).

2.2.4. Anel J (Anel Japonês)

Segundo Repette (2011) o ensaio do Anel J ou Anel Japonês foi desenvolvido para avaliar a capacidade do CAA de escoar sob fluxo livre em

locais que hajam obstruções, simulando possíveis obstáculos e facilitando assim o controle do recebimento na obra.

A ABNT NBR 15823-3:2010 determina que o Anel J deve ser metálico, com 300 mm de diâmetro e 120 mm de altura, constituído verticalmente por barras de aço de 10 mm de diâmetro a cada 58 mm.

"O ensaio consiste em realizar a determinação do ensaio de escoamento no tronco de cone, posicionando o Anel J eqüidistante das bordas do tronco de cone. Após o concreto ter cessado de escoar, mede-se a abertura no espalhamento e, por vezes, a altura do concreto no centro do anel. [...]" (REPETTE, 2011)

2.2.5. Avaliação da segregação

Repetto (2011) explica que existem duas formas de segregação dos materiais constituintes do CAA: a dinâmica e a estática. A segregação dinâmica ocorre no momento em que o concreto é lançado e a segregação estática quando o concreto para de escoar.

Este ensaio é realizado de forma visual, afim de se verificar se alguma separação dos materiais, resultante de baixa capacidade de suporte da pasta de cimento, o que pode ser facilmente corrigido com a adição de materiais finos, segundo Giammusso (1992).

2.3. COMPONENTES DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

O concreto é formulado basicamente de cimento, agregados, água e aditivo, sendo o cimento e a água caracterizados como pasta, a areia e a brita como agregados e o aditivo como opcional, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1- Constituintes do concreto
Fonte: Battagin (2010).

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), a produção do CAA inclui os materiais já utilizados em concretos estruturais convencionais, como areia, agregados graúdos (diâmetro característico inferior a 19 ou 25 mm) e o cimento Portland comum ou composto. Os autores explicam ainda que além desses materiais já utilizados em concretos correntes, o CAA inclui aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade, bem como adições minerais finas.

2.3.1. Cimento

Segundo Passuelo, Jacinto, Kirchhein, et al. (2005), o cimento é uma palavra originária do latim *caementu*, que na antiguidade era considerada uma pedra natural de rochedos não esquadrejados.

O aglomerante que se tem destaque pela sua importância é o Cimento Portland, formado de gesso (sulfato de cálcio dihidratado), clínquer (produto da calcinação em alta temperatura de uma mistura de argila, calcário, areia, cinza de pirita, entre outros) e outros materiais comumente conhecidos como adições.

O mercado nacional dispõe de oito opções de Cimento Portland, que atendem os mais variados tipos de obras. A diferença entre eles está em sua composição, de acordo com a proporção de clínquer e sulfatos de cálcio, material carbonático e de adições colocadas.

As opções existentes no mercado nacional são:

Cimento Portland Comum (CP-I);

Cimento Portland Composto (CP-II);

Cimento Portland de Alto-Forno (CP-III);

Cimento Portland Pozolânico (CP-IV);

Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI);

Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);

Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);

Cimento Portland Branco (CPB).

Tutikian e Molin (2008) especificam que, para o CAA, a ciência ainda não conseguiu definir qual o cimento mais adequado para sua confecção. Os autores ainda indicam que o melhor cimento é aquele que apresente menor variabilidade se tratando de resistência a compressão.

Ainda que o CAA possa ser confeccionado com os mesmos cimentos Portland dos concretos estruturais correntes, há aspectos a serem considerados, assim afirma Repette (2011), concluindo o seguinte:

Em princípio, todos os tipos de cimento Portland empregados na produção do concreto convencional podem ser empregados no CAA. Cimentos de maior finura são mais adequados para a produção de CAA. Variações no tipo de cimento, e mesmo de seus fabricantes, afetam diretamente as propriedades do CAA no

estado fresco, uma vez que a viscosidade e a tensão de escoamento dependem fortemente das características reológicas da pasta que compõe o concreto. Cimentos de elevada finura, com elevados teores de álcalis, e com maiores teores de C_3A demandam maior quantidade de aditivo superplastificante e podem apresentar pequena manutenção de fluidez no CAA. (REPETTE, 2011)

Gorjov (1992 *apud* TUTIKIAN, 2008) define que o tipo de cimento adequado está relacionado à necessidade de água e a trabalhabilidade, sendo esses controlados pelo teor de aluminato tricálcio (C_3A) e pela granulometria apresentada pelo cimento. Tutikian (2008) orienta que, para que o CAA possua uma fluidez satisfatória para o uso em obras, os níveis de C_3A do cimento utilizado devem ser menores que 10%. Petrucci (1970 *apud* FUSCO, 2008) indica que os níveis de C_3A encontrados nos cimentos nacionais variam entre 6% e 13%.

2.3.2. Adições minerais

As adições podem ser classificadas como adições mineiras e aditivos. Segundo Mayor (2006), as diferenças entre adições minerais e aditivos são bastante sutis, tanto que em alguns países, não há distinção entre elas. No Brasil, adições são conhecidas como: escória de alto-forno, pozolana e fíler calcário, que geralmente são adicionadas em grandes quantidades pelas cimenteiras em fábrica, seguindo normas brasileiras específicas para cada cimento, que regem as quantidades permitidas de adição.

Estas adições possuem a função, assim como dos aditivos, de aprimorar o desempenho do concreto, além de permitir uma redução de custos de produção.

As adições minerais são utilizadas no CAA de modo a obter uma mistura com as características que definem esse tipo de concreto, que são a elevada resistência à segregação e boa coesão, aliada a uma boa fluidez no estado fresco, conforme explica Tutikian (2008). De acordo com Repette (2011), o uso dessas adições é uma forma de aumentar a quantidade de finos em uma mistura de CAA, em contraponto ao aumento do teor de cimento.

Para Moraes (2010), primordialmente as adições minerais contribuem na viscosidade do concreto, também atua melhorando a fluidez do CAA. No que diz respeito ao aumento da viscosidade, Khayat et al. (2004, *apud* MORAES, 2010) explica que adições minerais finas possuem grande potencial de absorver água. Diminuindo assim a água livre no concreto, ocasionando assim um concreto mais viscoso e estável.

Sobre o aumento da fluidez da mistura, Yahia et al. (2005, *apud* MORAES, 2010) demonstra que o uso das adições finas permite um melhor arranjo dos grãos, onde o material mineral fino ocupa o espaço entre os grãos de cimento e agregados, que possuem granulometria maior, desse modo aproveitando melhor a água. Conforme Repette (2011) destaca, as adições minerais finas devem possuir dimensões menores que 0,150 mm, sendo que pelo menos 75% do material possua dimensões menores que 0,075 mm.

Segundo Tutikian e Molin (2008), as adições minerais são classificadas basicamente em dois conjuntos de acordo com a capacidade de reagir quimicamente na mistura: quimicamente ativas e sem atividade química. As adições quimicamente ativas reagem no processo de mistura do concreto, podendo depender do cimento ou reagindo de forma independente, tendo como produto da reação o silicato de cálcio hidratado (C-S-H).

Molin (2011) divide as adições em três categorias, de acordo com o comportamento físico-químico: material pozzolânico, material cimentante e fíleres, onde o

material pozolânico reage com o hidróxido de cálcio (CaO_2H_2 , encontrado no cimento Portland) na presença de água formando compostos cimentantes; os materiais cimentantes, ao contrário das pozolanas, não necessitam do CaO_2H_2 para formar produtos cimentantes (como o C-S-H) e têm seu próprio processo de hidratação independentemente do cimento Portland; os fíleres, por sua vez, têm sua ação resumida ao efeito físico de empacotamento dos grãos.

2.3.2.1. Fíler calcário

Tutikian e Molin (2008) classificam os fíleres em geral como materiais de granulometria fina e uniforme, obtidos através do processamento de materiais inorgânicos. O autor classifica esse tipo de adição como “sem atividade química” e cita o calcário, a areia fina e eventualmente o pó granítico como fíleres utilizados na confecção do CAA.

O fíler calcário em especial, é um pó fino oriundo de rochas calcárias. Geralmente possui estrutura porosa e superfície abrasiva, e pode ser classificado como calcítico ou dolomítico, dependendo de sua composição química (FELEKOĞLU, 2009 *apud* MORAES, 2010, p. 36).

Segundo Repette (2011), o fíler calcário de qualidade calcítica é o mais adequado para uso no CAA. Sobre o uso do calcário dolomítico, Melo (2005) explica que, devido ao alto teor de óxido de magnésio (MgO), superando os 12%, a durabilidade do concreto poderá ser comprometida.

2.3.2.2. Cinza volante

Cinza volante é o nome dado ao material de granulometria fina resultante da queima de carvão pulverizado em usinas termelétricas, possuindo superfície específica entre 300 e 700 m²/kg e massa específica entre 1900 e 2400 kg/m³, de acordo com a definição de Molin (2011). Para o uso no CAA, Repette (2001) recomenda uma finura Blaine que esteja entre 500 e 600 m²/kg. Melo (2005) aponta que a maior parte das partículas da cinza volante empregada no CAA deve ter dimensão inferior a 45 µm.

Tutikian e Molin (2008) mencionam que a cinza volante possui uma química muito ativa, e Molin (2011) determina essa adição como um material pozolânico não natural. Ambos os trabalhos concordam que a cinza volante precisa do Ca(OH)₂ para formar compostos cimentantes. Moraes (2011) completa citando que devido a essas propriedades pozolânicas, os concretos que contêm cinza volante apresentam uma menor resistência nas primeiras idades.

Melo (2005) bem como Tutikian e Molin (2008) enumeram os principais resultados do uso da cinza volante na produção do CAA:

- Aumento da coesão;
- Redução da segregação e exsudação;
- Melhores condições de fluidez (devido ao formato esférico das partículas);
- Redução do consumo de superplastificante.

Segundo Tutikian e Molin (2008) o uso da cinza volante ocasiona ganho de resistência e uma melhora na durabilidade do concreto.

2.3.2.3. Sílica ativa

De acordo com a definição de Molin (2011), a sílica ativa é um subproduto derivado da produção de ferrosilício e silício-metálico. Esse tipo de adição mineral possui superfície específica variante entre 13000 a 30000 m²/kg, sendo mais fino que a cinza volante e o cimento Portland. Sua superfície específica é da ordem de 2200 kg/m³.

Na obra de Tutikian e Molin (2008) a sílica ativa é definida como material pozzolânico e adição mineral quimicamente ativa. Isto é, apesar de reagir quimicamente na mistura do concreto, precisa do Ca(OH)₂ liberado na hidratação do cimento para formar compostos cimentantes como o C-S-H.

Mehta e Monteiro (2008) explica que a sílica ativa é um material altamente pozzolânico, mas demanda muita água no concreto em que é utilizada. Molin (2011) descreve que em comparação aos demais materiais pozzolânicos a sílica ativa reage mais rapidamente, facilitando a obtenção de resistência inicial.

Os principais efeitos da aplicação da sílica ativa no CAA, de acordo com Melo (2005) são:

- Redução da exsudação;
- Aumento da demanda por água;
- Aumento da fluidez;
- Aumento da coesão;
- Redução do calor de hidratação;
- Redução da permeabilidade.

Concernente ao estado endurecido do concreto, Tutikian e Molin (2008) apontam que a sílica ativa provoca significativo aumento na resistência à compressão e na durabilidade.

2.3.2.4. Metacaulim

Molin (2011) define o metacaulim como resultado da calcinação a elevadas temperaturas de alguns tipos de argilas. Conforme descrito por Gleize et al. (2006 *apud* MORAES, 2010), o maior controle na produção do metacaulim resulta em uma adição mineral de alta pureza e propriedades estáveis.

De acordo com Tutikian e Molin (2008) o metacaulim não é um material cimentante, por ele possuir características pozolânicas. Os autores afirmam que este não beneficia a fluidez do concreto, causando o efeito inverso, devido ao formato de seus grãos.

Bigas e Gallias (2003) apontam que se eleva o consumo de água pelo uso do metacaulim nas misturas de concreto e acreditam que este fenômeno se dá pelo formato irregular de seus grãos. Pode ser então necessário maiores teores de aditivo superplastificante nas misturas de CAA, e Repette (2011) complementa que também deve haver aumento na tensão de escoamento do concreto.

Apesar disso, o metacaulim provoca significativo aumento na coesão e uma redução expressiva na exsudação e segregação do concreto e bom aumento na resistência a compressão e na durabilidade em estado endurecido, segundo Tutikian e Molin (2008).

2.3.3. Agregados

Mehta e Monteiro (2008) explicam que os agregados são materiais de enchimento normalmente inertes, mas que suas propriedades tem grande influência na mistura do concreto.

Segundo Basílio (1995), baseado na Norma Brasileira 9935/87 (Associação de Normas Técnicas - ABNT), agregado é definido como material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto.

Os agregados podem ser classificados de acordo com as suas dimensões e separados, desta forma, em agregados miúdos e agregados graúdos.

2.3.3.1. Agregado miúdo

De acordo com Basílio (1995), agregado miúdo é caracterizado como areia resultante do britamento de rochas estáveis ou de origem natural, podendo ser obtida em leitos e margens de rios, ou em postos e bancos de areia, quando natural ou através de desintegração de rochas ou outros processos industriais, quando artificial.

Pode-se utilizar um tipo de areia ou ambas para a formulação do concreto, cujos grãos ficam retidos na peneira ABNT nº 200 (0,075mm) e passam pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm), segundo Norma Brasileira 7211.

Em definição global apresentada pela Norma Brasileira 9935/87 agregado miúdo é definido como material granular com pelo menos 95% em massa de grãos que passam pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm).

Repetto (2011), concordando com Tutitkian e Molin (2008) explicam que para a produção do CAA podem se utilizar as mesmas areias dos concretos convencionais, sendo preferíveis as areis naturais, em razão do seu formato esférico e superfície lisa que beneficiam a fluidez do concreto.

Outro fator que merece a atenção é o controle da umidade dos agregados miúdos utilizados no CAA, de acordo com Yurugi e Sakai (1998 *apud* MELO, 2005). Seu controle deve ser rigoroso, visto que a variação de umidade dos agregados pode afetar a fluidez da mistura. Domone (2003 *apud* TUTIKIAN & MOLIN, 2008) alerta que erros de 0,5% na estimativa da umidade dos agregados pode alterar o consumo de água da mistura em até 8 kg/m³, o que provocaria uma variabilidade de até 45 mm no ensaio de espalhamento.

Repetto (2011) recomenda o uso de areias médias-finas e finas para produção de CAA, ou seja, agregados com módulo de finura entre 1,0 e 2,4. O autor indica que areias de maior granulometria demandam um maior teor de pasta de cimento nas misturas.

2.3.3.2. Agregado graúdo

Conforme Basílio (1995), agregado graúdo é caracterizado como brita proveniente de rochas estáveis ou pedregulhos.

Os seixos rolados de rios, cascalhos ou pedregulhos são encontrados na natureza, enquanto as britas são obtidas através de britagem mecânica de determinadas rochas duras.

Na designação do tamanho de um agregado a grandeza associada é a distribuição granulométrica, correspondente a abertura da malha quadrada, em milímetros, das peneiras da série normal e intermediária, de acordo com a ABNT NBR 7211:2009, com uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%.

Podem-se utilizar pedregulhos ou britas para a formulação do concreto, cujos grãos passem por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e fiquem retidos na peneira nº 4 (4,8mm) (ABNT NBR 7211:2009).

Por razões comerciais, as britas são classificadas em:

Brita 0 - 4,8 mm a 9,5 mm

Brita 1 - 9,5 mm a 19,0 mm

Brita 2 - 19,0 mm a 25,0 mm

Brita 3 - 25,0 mm a 38,0 mm

Brita 4 - 38,0 mm a 76,0 mm

Pedra de mão - Maior que 76,0 mm

Repetto (2011) orienta que, para o uso no CAA, é preferível a opção de agregado graúdo que possuir forma mais regular possível. Caso contrário, deverá ser adotada uma granulometria mais fina para compensar a forma irregular dos agregados e manter a trabalhabilidade.

De acordo com Tutikian e Molin (2008), é possível obter um CAA com um melhor desempenho utilizando agregados com diâmetro máximo inferior a 19 mm. No entanto, Repetto (2011) informa que é mais comum o uso de agregados com diâmetro máximo igual a 9,5 mm pois este atende melhor as propriedades do CAA.

2.3.4. Água

A água é um ingrediente essencial em qualquer mistura de concreto, pois o cimento Portland anidro não tem capacidade de aglomerar os agregados, necessitando da água para seu processo de hidratação e função aglomerante. (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

A água normalmente utilizada no concreto é a água de abastecimento, limpa, livre de barro, óleos, galhos, folhas ou raízes. Não deve ser utilizada água servida (de esgoto, humano ou animal, de fábrica, etc) no preparo do concreto.

Fusco (2008) orienta que, ao utilizar águas não potáveis, deve se atentar se a verificar a incidência de matéria orgânica e níveis de sulfatos (íons SO_4) e cloretos (íons Cl^-). E, complementando, Tutikian e Molin (2008) prescrevem que, para o uso no CAA, a água deve possuir boas características assim como no concreto convencional.

2.3.5. Aditivos

Os aditivos são considerados um dos mais importantes avanços na tecnologia do concreto, pois através deles, foi permitido, entre outros, a produção de concretos duráveis, de alta-resistência, e com trabalhabilidade estendida. Adicionados em pequenas quantidades, representam interesse do ponto de vista científico e tecnológico.

O avanço na utilização do concreto pode ser associado ao avanço na tecnologia de aditivos. Dessa forma, pode-se afirmar que apesar de não ser indispensável na preparação do concreto, se torna essencial para condições economicamente vantajosas.

Segundo Roncero (2000), os principais tipos de aditivos são:

-Retardadores de pega: Aditivos utilizados para retardar a pega do concreto, de modo a conservar por mais tempo a trabalhabilidade e permitir um transporte por longas distâncias, levando em consideração temperaturas elevadas.

-Aceleradores de pega: Aditivos utilizados no aumento da velocidade de hidratação do cimento, referindo – se ao tempo de pega ou tempo de endurecimento.

-Incorporadores de ar: Aditivos que formam microbolhas de ar dispersas de forma homogênea e tem a sua principal utilização no auxílio de resistências aos ciclos de gelo e degelo.

-Plastificantes: Permitem reduzir a quantidade de água utilizada para a mistura e/ou promovem aumento da trabalhabilidade quando utilizados com uma mesma relação água-cimento.

-Superplastificantes: Apresentam melhor aumento de trabalhabilidade e permitem maior redução de água em comparação aos aditivos plastificantes.

2.3.5.1. Aditivos superplastificantes

Os aditivos superplastificantes têm como característica principal à redução de água (20-40%), com ampla faixa de dosagem, podendo ser utilizado com diversos tipos de concreto. Podem reduzir a retração e a contração do concreto, melhorando o abatimento e as resistências mecânicas, reduzindo a permeabilidade, aumentando a coesão, a impermeabilidade e a durabilidade do concreto.

Melo (2005) descreve que no caso do CAA os aditivos possuem elevada importância, uma vez que são indispensáveis para garantir as características desse tipo de concreto em seu estado fresco.

Tutikian e Molin (2008) apontam o uso de aditivos como um diferencial do CAA para os demais concretos convencionais, e destaca os dois tipos mais utilizados: os superplastificante e os modificadores de viscosidade, onde os primeiros atuam como intensificadores de fluidez e os segundos aumentam a coesão, prevenindo assim a exsudação e segregação.

2.3.5.2. Características físicas e químicas

Considera-se que a base química dos aditivos passou por três principais gerações, sendo elas denominadas: lignossulfonato de sódio, naftaleno sulfonato de sódio e melamina sulfonato de sódio e policarboxilato.

Os aditivos que possuem base química de policarboxilato são considerados de terceira geração e recentemente introduzidos no mercado nacional. Permitem uma redução de água de 30-40%, com baixo consumo de cimento e baixa dosagem de aditivo. Em casos de superdosagem podem causar segregação e diminuição do efeito fluidificante.

A estrutura molecular deste composto apresenta-se na Figura 2:

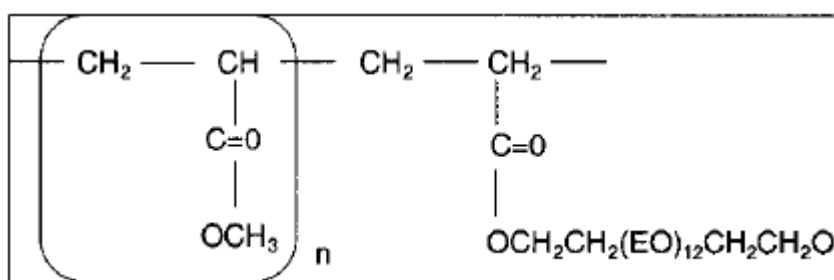


Figura 2- Monômero de um policarboxilato

Fonte: Ramachandran (1998).

O policarboxilato age na superfície das partículas de cimento causando repulsão entre os grãos mergulhados na água da mistura.

Hartmann et al (2011) explica que, devido à natureza polar da molécula de água, durante a mistura, as partículas finas de cimento se unem em torno de partículas de água através da eletroestática, formando pequenos flocos. Deste modo, tem-se então um excesso de água de amassamento para uma determinada trabalhabilidade adotada para a mistura. De acordo com Fusco (2008), a relação água/cimento quimicamente necessária é um mimo de 0,4. Porém, para manutenção da trabalhabilidade, são exigidos valores superiores. Essa estrutura formada por flocos interligados de partículas de cimento e água também reduz a área específica dos grãos de cimento disponíveis para os processos de hidratação. (HARTMANN *et al.*, 2011).

A água aprisionada nessas estruturas floculares promove ainda um aumento da tensão de escoamento, e fica impedida de exercer o aumento de fluidez no processo da mistura (MELO, 2005) formando estruturas porosas no processo de endurecimento do concreto (FUSCO, 2008). Os superplastificantes atuam então na dispersão das partículas de cimento, provocando a defloculação e a liberação do excesso de água, aumentando a fluidez da pasta. (Aï Tcin et al 1994 *apud* MELO, 2005),

Mehta e Monteiro (2008) esclarecem que os aditivos superplastificante tem o poder de reduzir altos níveis de consumo de água, comparado a aditivos redutores comuns, estes podem ser até 4 vezes mais potentes.

Tutikian e Molin (2008) explicam que os superplastificantes a base de policarboxilatos mostram maior eficiência na dispersão das partículas de cimento, promovendo assim o aumento de fluidez

2.3.5.3. Modificadores de viscosidade

Os modificadores de viscosidade (que também são chamados na literatura de “promotores de viscosidade” ou ainda VMA – *viscosity modifying admixtures*) são polímeros solúveis a base óxidos de polietileno, éteres de celulose e poliacrilamidas (HARTMANN, 2011).

Atuam na manutenção da viscosidade necessária para a mistura e aumento da resistência à segregação, conforme explica Melo (2005).

Repette (2011) explica que as cadeias poliméricas do éter de celulose se entrelaçam, formando assim grandes reticulados e estes aumentam a retenção de água, aumentando assim o grau de viscosidade e diminuindo a exsudação.

Tutikian e Molin (2008) afirmam que, os modificadores de viscosidade atuam substituindo os finos.

2.4. DOSAGEM DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

De acordo com Mehta e Monteiro (2008) o procedimento da dosagem do concreto envolve um apurado conhecimento dos materiais componentes, suas propriedades e combinações.

Para se obter um concreto com determinadas características de desempenho, uma criteriosa seleção dos materiais componentes é o primeiro passo. O passo seguinte é um processo chamado *dosagem do concreto*, que significa encontrar a combinação correta dos componentes (...) (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

De modo geral, ao se dosar qualquer concreto deve se estabelecer características a serem atingidas por ele, tanto para seu estado endurecido quanto para o fresco, conforme orienta Campiteli (2011). O autor enumera essas propriedades como:

- Reologia, viscosidade e coesão, no estado fresco;
- Resistência à tração e resistência à compressão, destacando a compressão como a mais importante.

Tutikian e Helene (2011) citam as leis clássicas na dosagem de concretos:

- Lei de Abrams: A resistência do concreto em determinada idade é inversamente proporcional à relação água cimento, conforme apresentado na Equação 1.

Equação 1 - Lei de Abrams

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$$

Fonte: Tutikian e Helene (2011)

Onde:

f_{cj} = resistência à compressão do concreto na idade de j dias;

a/c = relação água/cimento

k_1 e k_2 são as constantes particulares dos materiais.

- Lei de Lyse: Fixados o cimento e agregados, a consistência do cimento depende da quantidade de água por metro cúbico de concreto, conforme apresentado na Equação 2.

Equação 2 - Lei de Lyse

$$m = k_3 + k_4 \cdot a/c$$

Fonte: Tutikian e Helene (2011)

Onde:

m = relação em massa seca de agregados/cimento;

a/c = relação água/cimento

k₃ e k₄ são as constantes particulares dos materiais.

- Lei de Priszkulnnik & Kirilos: O consumo de cimento por metro cubico de concreto varia na proporção inversa da relação em massa seca de agregados/cimento, conforme apresentado na Equação 3.

Equação 3 - Lei de Priszkulnnik & Kirilos

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \cdot m}$$

Fonte: Tutikian e Helene (2011)

Onde:

m = relação em massa seca de agregados/cimento;

C = consumo de cimento por m³ de concreto;

k₅ e k₆ são as constantes particulares dos materiais.

Tratando especificamente da dosagem do CAA, Repette (2011) explica que, esse é um processo bastante complexo, devido ao fato de serem vários os quesitos a serem satisfeitos, sendo os mais difíceis aqueles que concernem ao concreto em estado fresco: adensamento somente por peso próprio, elevada fluidez, resistência à segregação e capacidade de passar por regiões confinadas (como em vigas com alta taxa de armadura).

Okamura e Ouchi (1999 *apud* MELO, 2005) destacam que, ao se dosar o CAA, não se deve primordialmente se preocupar com a resistência do concreto, pelo fato de que a relação água/cimento ser relativamente baixa, já garantindo uma boa resistência.

Mehta e Monteiro (2008) laçam uma perspectiva geral no que concerne à escolha dos componentes para dosagem do CAA:

Em geral, dependendo da abordagem escolhida para controlar a exsudação e a segregação, os concretos auto-adensáveis podem ser classificados em duas categorias: (a) com grande teor de finos (por exemplo, mais de 400 kg/m³ de cimento + escória ou calcário pulverizados); (b) com aditivos químicos modificadores de viscosidade como goma, goma hidrosilada, sílica ativa e sílica coloidal amorfa ultrafina, também chamada de nanossílica. Concretos auto-adensáveis da segunda categoria não necessitam de um alto consumo de cimento para controlar a viscosidade. (MEHTA & MONTEIRO, 2008)

Melo (2005) explica que a dosagem do CAA ainda não é totalmente definida, não existindo assim um método correto de se dosar. Sua dosagem é baseada em experiências que são passadas de profissional para profissional, mas, caso o CAA não seja satisfatório, algumas medidas podem ser tomadas, como:

- Modificação nas proporções utilizadas dos agregados;
- Uso de tipos diferentes de finos;
- Alterações nas quantidades utilizadas de aditivos modificadores de viscosidade e/ou superplastificante.

Mehta e Monteiro (2008) exemplificaram alguns exemplos de dosagem de materiais em misturas de CAA, descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Dosagem de materiais em misturas de concreto auto-adensável

Mistura N.	A	B	C	D	E	F
Dosagens kg/m³						
Cimento Portland comum	400	465	120	207	330	360
Cinza volante	-	-	127	207	-	-
Escória	-	-	184	-	-	-
Areia	1170*	710	964	845	960	960
Agregado Graúdo	630	915	822	843	900	900
Água	190	175	176	188	180	180
Superplastificante	7	4,6	5	0,5	3	3,5
Agentes modificadores de Viscosidade						
Goma	-	-	-	-	0,13	0,25
Sílica ativa	-	65	-	-	30	-
Sílica coloidal ultrafina	-	-	8	-	-	-
Propriedades						
Abatimento (mm)	260	-	-	240	220	220
Espalhamento (mm)	-	730	800	-	-	-
Relação a/c	0,47	0,33	0,4	0,45	0,5	0,5
Resistência à compressão aos 28 dias (Mpa)	-	95	40	33	46	43

* a mistura A foi elaborada com 990 kg de areia padrão e 180 kg de areia muito fina (quantidades por m³ de concreto)

Fonte: Mehta e Monteiro (2008).

Relativo à Tabela 1, de acordo com Mehta e Monteiro (2008):

- A mistura A foi utilizada no final da década de 1970 para lançamento submerso, e é um predecessor das misturas de CAA;
- A mistura B foi utilizada na construção do *World Trade Center* em San Marino. Altas dosagens de sílica foram utilizadas para evitar a exsudação e segregação;
- A mistura C, devido ao baixo consumo de cimento, é própria para estruturas maciças que necessitam de maior controle no calor de hidratação.
- A mistura D representa um estudo experimental que visa reduzir o custo do CAA através da utilização de alto teor de cinza volante;

- As misturas E e F tratam se de estudos experimentais feitos por Khayat e Guizani (1997 *apud* MEHTA & MONTEIRO, 2008) contendo pó de goma e aditivo promotor de viscosidade combinado com superplastificante.

Existem diversos métodos de dosagem, mas existem alguns de destaque como o Método Okamura e o Método Tutikian.

2.4.1. Método Okamura

O Método desenvolvido por Hajime Okamura, conforme descreve Melo (2005) é composto pelas seguintes fases:

- a) Determinação do volume de ar: A determinação do volume de ar (V_a) é o primeiro passo do método, adotando valores entre 4 e 7% (MELO, 2005).
- b) Determinação do volume de agregado graúdo: Determinado o volume de ar, pode-se determinar o volume de agregado graúdo (V_g) através da Equação 4.

Equação 4 – Determinação do volume do agregado graúdo

$$V_g = 0,5 \cdot \frac{\delta}{d} \cdot (1 - V_a)$$

Fonte: Melo (2005)

Onde:

V_g = volume de agregados graúdos;

δ = massa unitária do agregado;

d = massa específica do agregado;

V_a = volume de ar;

- c) Determinação do volume de agregado miúdo: Segundo Melo (2005), o volume de agregado miúdo pode ser fixado como 40% do volume de argamassa, podendo ser definido pela Equação 5.

Equação 5 – Determinação do volume do agregado miúdo

$$V_g = \frac{0,4 \cdot (1 - V_a - V_g)}{1 - ksf}$$

Fonte: Melo (2005)

Onde:

V_g = volume de agregados graúdos;

δ = massa unitária do agregado;

d = massa específica do agregado;

ksf = parcela de areia que contribui para o teor de finos;

- d) Determinação da razão água/finos e de teor de superplastificante: Esses quesitos são determinados em função de ensaios feitos em argamassa. Os ensaios são o teste de espalhamento (*slump flow test*) e o teste de fluidez com o funil-V. A partir de correlações obtidas pelos resultados desses testes são determinados a razão água/finos e o teor de aditivo superplastificante, conformen explica Melo (2005).
- e) Avaliação da auto-compactibilidade do concreto: Conforme descrito por Melo (2005) a última etapa trata dos ensaios de compatibilidade, por meio do preenchimento da caixa-U (*U-box test*).

2.4.2. Método Tutikian

O método de dosagem para CAA proposto por Tutikian e Molin (2008) comporta as seguintes fases:

- a) Escolha dos materiais: Tutikian e Molin (2008) indicam como primeira etapa deste método a escolha dos materiais que tem condições de integrar uma mistura de CAA, observando as propriedades particulares de cada um bem como seu custo.
- b) Determinação do teor de massa seca: O método segue com a determinação do teor de massa seca da mistura, através de equações baseadas nas leis clássicas da dosagem de concretos anteriormente descritos. O concreto nessa fase ainda é convencional, não possuindo aditivos ou finos especiais (TUTIKIAN & MOLIN, 2008).
- c) Determinação dos traços rico, intermediário e pobre: Nessa fase determinam-se três traços distintos de concreto, para que possa ser feita a curva de dosagem. Nesse passo também se determinam os coeficientes para a correlação com uma determinada família de concretos (TUTIKIAN & MOLIN, 2008).
- d) Colocação dos aditivos (e consequente segregação): De acordo com Tutikian e Molin (2008), é a partir desta fase que o concreto vai se tornando autoadensável, acrescentando-se os aditivos e também os finos. O autor recomenda que se acrescente os aditivos começando por pequenas quantidades (0,3% da massa de cimento) e siga aumentando a quantidade até se alcançar o ponto ideal.
- e) Acerto dos finos: Nesse passo o objetivo é tornar o concreto coeso e fluído. De acordo com Tutikian e Molin (2008), faz-se isso substituindo parte do cimento ou agreado miúdo por adições minerais finas. Se o

material for pozololânico ou cimentante substitui-se o cimento. Se for uma adição sem atividade química, substitui-se o agregado miúdo.

- f) Ajuste da trabalhabilidade: Aqui se verifica a consistência do concreto, e se necessário corrige se os finos e aditivos, até que o concreto atinja as propriedades estabelecidas para uma mistura de CAA, afirmam Tutikian e Molin, (2008).
- g) Comparação da mistura com e sem modificador de viscosidade: Nessa etapa, serão comparados os resultados obtidos com e sem o modificador de viscosidade, em função do custo e das propriedades reológicas que que concernem uma mistura de CAA. Como já se tem um traço de CAA pronto sem o aditivo, calcula-se o custo deste, então substitui-se parte dos finos pelo modificador de viscosidade, calculando se os custos também deste traço para fins de comparação, conforme orientam Tutikian e Molin (2008).

2.5. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA REALIZAÇÃO DE CONCRETOS

Produções de concreto em temperaturas muito altas ou muito baixas causam, frequentemente, efeitos adversos sobre algumas propriedades da mistura, tais como trabalhabilidade e resistência mecânica (MOINI; LAKIZADEH; MOHAQEIQI, 2012)

Os estudos sobre o efeito da temperatura na trabalhabilidade do concreto, tem sido um dos fatores principais para pesquisadores da área devido a ciência de seus malefícios a mistura de concreto. Naik e Kraus (2002) advertem

sobre os grandes impactos nas resistências mecânicas, estas que são consideradas primordiais para avaliação do desempenho do concreto.

As normas brasileiras não estabelecem uma faixa aceitável de temperatura do concreto, mas a ABNT NBR 6118:2014, afirma que a temperatura no concreto não pode diferir mais de 5°C em suas faces e nem 15°C com relação a temperatura ambiente.

O endurecimento do concreto é um processo que envolve aspectos físicos e químicos que tem como fim tornar o concreto um material rígido. Fusco (2008) descreve o processo do início de endurecimento do concreto da seguinte forma:

No caso dos cimentos correntes, o endurecimento hidráulico é basicamente obtido pela formação de um mesmo silicato de cálcio hidratado, o dissilicato tricálcico hidratado, cuja composição é dada pela fórmula: $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Este composto é obtido a partir de diferentes silicatos de cálcio anidros, qualquer que tenham sido o processo empregado na fabricação dos mesmos. Desse modo, os aglomerantes hidráulicos devem ter fundamentalmente constituição capaz de permitir o endurecimento hidráulico pela formação do dissilicato tricálcico hidratado. (FUSCO, 2008).

Mehta e Monteiro (2008), num aspecto físico, definem o endurecimento do concreto como a perda de sua consistência plástica, divididos em *enrijecimento* e *pega*.

O cimento age aglomerando os componentes do concreto, e este utiliza água para o processo que é conhecido como hidratação, conforme explica Cincotto (2011):

A interação com a água denomina-se hidratação, com formação de produtos hidratados a partir dos respectivos constituintes anidros, isto é, produtos que se transformam incorporando à sua estrutura cristalina íons OH^- . (...) Os ligantes inicialmente dissolvem-se até a saturação¹, e

ao reagir com a água formam compostos insolúveis responsáveis pelos fenômenos subsequentes. (CINCOTTO, 2011).

Segundo Krstulovic & Dabic (2000), a hidratação do cimento ocorre seguindo três processos básicos, a nucleação e crescimento dos cristais, a interação entre as vizinhanças das fases e a difusão. Fusco (2008) descreve o endurecimento do concreto como consequência das reações provocadas pela hidratação dos grãos de clínquer.

Os concretos de cimento Portland em geral, podem ter sua durabilidade e/ou desempenho afetados devido a ação da temperatura, conforme explicam os autores abaixo:

Os efeitos da temperatura no concreto podem ter sua origem tanto externa como interna ao concreto. Do ponto de vista externo, as condições climáticas, como frio e calor, aliados a baixa umidade do ar e a ação do vento, são os fatores que geram ou potencializam os problemas no concreto. Do ponto de vista interno, o calor proveniente da hidratação do aglomerante, quando o concreto ainda se encontra no estado fresco, é uma das principais fontes que provocam variações volumétricas na estrutura, desde seu estágio inicial de cura até as idades avançadas quando ocorre o equilíbrio térmico com o ambiente. Esses efeitos são importantes causadores de manifestações patológicas em grandes estruturas de concreto, como barragens e também em peças de menores dimensões, mas com consumo de aglomerante suficiente para gerar calor a ponto de tornar-se significativa a retração térmica associada ao processo de retração hidráulica e autógena [...] (RAPHAEL, 1981; GRASSO, 1999; BASTOS & CINCOTTO, 2000).

A própria hidratação do cimento gera reações de calor. Segundo Fusco (2008), as reações de hidratação dos materiais cimentícios provocam essa reação, sendo mais crítico em grandes volumes e nas primeiras idades do concreto.

No caso particular de uma barragem de concreto, na fase de construção ou uso, as suas partes estarão expostas a intempéries, situação em que há troca de energia constante, como afirma Calmon (1995).

Nessa condição o calor se propaga, dentro de um corpo sólido de regiões de temperatura mais elevada para regiões com temperatura mais baixa, mesmo que o meio seja anisotrópico afirmam Kreith & Black (1983) e ainda concluem que, a quantidade de calor transmitida por unidade de tempo para a convecção pode ser representada na forma de *lei de newton* de resfriamento, sendo função da área e temperatura da superfície em contato com o fluido.

Fusco (2008) explica que, quando o processo de hidratação termina o concreto já está rígido e desta forma, o resfriamento acontece de fora para dentro, o que pode provocar fissurações na estrutura do concreto.

Um modo de contornar essa situação em concretagens de grandes volumes maciços é fazer o uso de agregados refrigerados, ou ainda ter um controle dos teores de componentes químicos dos cimentos empregados (CZERNIM, 1963 *apud* FUSCO, 2008).

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do programa experimental deste trabalho, focado nos objetivos propostos.

Este programa experimental foi desenvolvido em duas etapas macro, conforme pode ser observado na Figura 3.

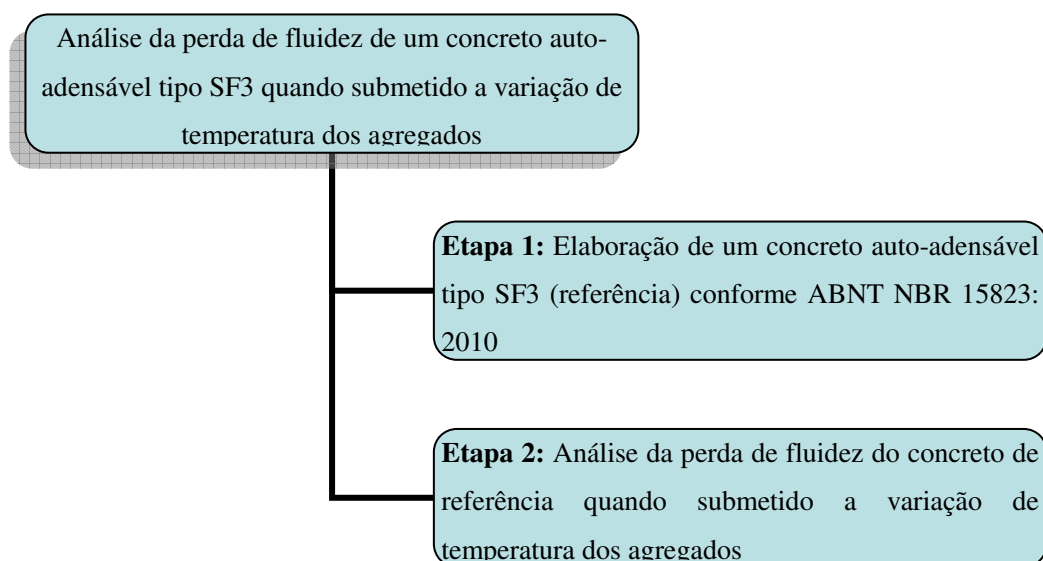


Figura 3 – Etapas macro do estudo experimental da análise da perda de fluidez de um concreto auto-adensável tipo SF3 quando submetido a variação de temperatura dos agregados

Fonte: Elaborado pelos autores

A **Etapa 1** consiste na elaboração de um concreto auto-adensável tipo SF3 classificando-o conforme ABNT NBR 15823:2010. Para a realização desta etapa é necessária:

- Elaboração de um concreto auto-adensável;
- Realização de todos os ensaios de caracterização existentes na ABNT NBR 15823:2010 para classificação de sua tipologia em SF3. Estes ensaios são:
 - Espalhamento (slump-flow);
 - Viscosidade plástica aparente t500 (sob fluxo livre);

- Habilidade passante pelo Anel J (sob fluxo livre);
- Habilidade passante Caixa L (sob fluxo confinado);
- Viscosidade plástica aparente pelo Funil V (sob fluxo confinado);
- Resistência à segregação pela coluna.

Caracterizado este concreto de referência, a **Etapa 2** consiste em realizar a variação de temperatura dos agregados (gráudo e miúdo) e realizar ensaios de fluidez. Estes ensaios devem seguir os seguintes requisitos:

- Sete (7) pontos de análise: 5, 25, 45, 65, 85, 105 e 125 (° C).
- Para cada ponto de análise, deve-se avaliar:
 - Fluidez do concreto até sessenta (60) minutos, com intervalo de quinze (15) minutos ou atender a cinquenta por cento (50%) da fluidez inicial.
 - Resistência à compressão com um (1) dia, sete (7) dias e (28) dias

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Considerando as duas etapas principais de execução deste programa experimental, foram organizadas fases intermediárias para o atendimento do objetivo e consolidação dos dados. Estas etapas estão apresentadas na Figura 4.

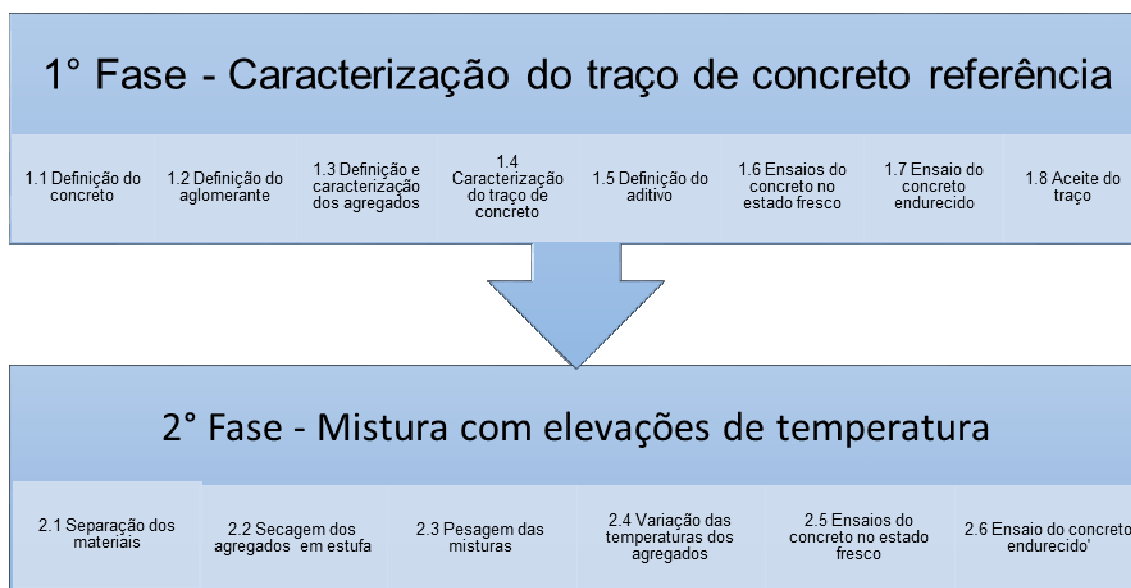


Figura 4 – Fases de desenvolvimento do programa experimental

Fonte: Elaborado pelos autores

3.1.1. Fase 1: Elaboração de um concreto auto-adensável de referência tipo SF3 conforme ABNT NBR 15823: 2010

A **Fase 1** apresentada na Figura 4 corresponde ao início do programa experimental, onde foi realizada toda a definição do concreto de referência, caracterização e ensaios conforme ABNT NBR 15823:2010. Esta etapa possui oito (8) fases intermediárias:

Fase 1.1: Definiu-se o concreto auto-adensável tipo SF3 baseando-se na normatização existente.

Fase 2.1: Obtendo-se a definição do traço, foi realizada a escolha do aglomerante. O aglomerante escolhido foi CPV ARI RS da Companhia Nacional de cimento fabricado na unidade de Sete Lagoas. Este cimento foi escolhido devido a disponibilidade no

local do ensaio. A caracterização do cimento pode ser verificada no Anexo 1.

Fase 1.3: Após a definição do aglomerante, realizou-se uma avaliação dos agregados adequados para a produção do concreto e disponíveis no local da realização do ensaio. Os ensaios foram feitos de acordo com a norma vigente (ABNT NBR 7211/09). As areias utilizadas para elaboração do traço foram denominadas como agregado miúdo, sendo de quartzo e natural. A brita foi utilizada como agregado graúdo do CAA, tendo sua origem de rocha calcária. A caracterização dos agregados pode ser verificada nos Anexos 2, 3, 4 e 5.

Além do aglomerante principal e dos agregados, visando obter um traço de concreto com quantidade de finos suficiente para uma boa fluidez e coesão, optou-se pelo uso de micro sílica. O uso deste material foi possível devido a existência no local da realização do ensaio. A ficha técnica deste material pode ser verificada no Anexo 6.

Fase 1.4: Após a caracterização de todos os materiais, realizou-se o cálculo do traço de referência a ser utilizado neste estudo. Este traço foi obtido através do Método Tutikian. O traço apresenta quais matérias primas serão utilizadas e em quais quantidades, sendo a proporção de materiais utilizados no ensaio final de concreto, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Traço do concreto referência

Composição	Tipo	Consumo (Kg)
Cimento	CPV ARI RS	420
Micro silica		32
Agregado Miúdo 1	Areia Natural	198
Agregado Miúdo 2	Areia de Quartzo	346
Agregado Miúdo 3	Areia Quartzo	448
Agregado Graúdo	Brita 0	748
Água		189
Aditivo	Superplastificante	1,6%

Fonte: Elaborado pelos autores

Fase 1.5: O aditivo superplastificante utilizado neste estudo foi o produto Sika ViscoCrete 80 HE, aditivo de terceira geração para concretos de alto desempenho com manutenção de abatimento prolongada, fornecido pela empresa Sika S.A. A escolha deste aditivo (manutenção prolongada) foi necessária para que se pudesse obter uma fluidez acima de trinta (30) minutos no ensaio de laboratório com temperatura controlada (25°C). A ficha técnica deste produto pode ser verificada no Anexo 7.

Fase 1.6: Para a realização dos ensaios manteve-se o critério de obter um abatimento inicial de 750 milímetros, com variação de 20 milímetros para mais ou para menos.

Após a realização de todos os cálculos, o estudo de concreto em estado fresco foi realizado com agregados secos e o traço em massa. A confecção do traço foi realizada no laboratório de concreto da empresa Sika Brasil, em Osasco – SP, com temperatura

ambiente controlada (25°C). O procedimento adotado para a realização da mistura experimental do concreto foi:

- Betoneira umedecida;
- Adição de 80% da água do traço;
- Adição de agregado graúdo;
- Adição de agregado miúdo e cimento;
- Limpeza dos agregados agarrados nas facas da betoneira;
- Adição do aditivo policarboxilato e adição do restante da água do traço;
- Mistura de 10 minutos;

Com as características do concreto já definidas, foram realizados todos os ensaios de classificação de um CAA normatizado, sendo ele constituído por cinco partes:

ABNT NBR 15823-1:2010 - **Concreto auto adensável - Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco**

ABNT NBR 15823-2:2010 - **Concreto auto-adensável - Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams**

ABNT NBR 15823-3:2010 Versão Corrigida:2010 - **Concreto auto-adensável - Parte 3: Determinação da habilidade passante - Método do anel J**

ABNT NBR 15823-4:2010 - **Concreto auto-adensável - Parte 4: Determinação da habilidade passante - Método da caixa L**

ABNT NBR 15823-5:2010 - **Concreto auto-adensável - Parte 5: Determinação da viscosidade - Método do funil V**

Ao contrário do concreto convencional, o concreto auto adensável necessita de vários ensaios em estado fresco para sua caracterização. Os ensaios visam demonstrar sua fluidez, habilidade passante e resistência a segregação.

Com o ensaio de espalhamento (*slump flow*) é possível mensurar a capacidade de fluidez do concreto. O ensaio do Anel J determina a habilidade

passante do CAA. Através do ensaio do Funil V é possível avaliar a capacidade do concreto em passar por pequenas aberturas, que está ligado diretamente em sua viscosidade. A caixa-L tem como objetivo avaliar o auto nivelamento ou a sua capacidade de preenchimento, resistência a segregação e resistência ao bloqueio, demonstrando a capacidade do concreto de fluir sobre as armaduras sem prejudicar suas características.

Sendo assim, todos os ensaios realizados foram feitos de acordo com a metodologia da norma vigente ABNT NBR 15823-2010 para elaboração de um traço de referência de concreto auto-adensável tipo SF3.

Fase 1.7: Na penúltima etapa da primeira fase, foi feito o ensaio de compressão axial, onde foi verificada a resistência do concreto de referência nas idades de um (1), sete (7) e vinte e oito (28) dias.

Fase 1.8: Com todos os ensaios em conformidade com a ABNT NBR 15823:2010, foi feita a classificação do concreto referência como um CAA tipo SF3 e utilizado para o desenvolvimento do estudo experimental.

3.1.2. Fase 2: Análise da perda de fluidez do concreto referência quando submetido a variação de temperatura dos agregados

A **Fase 2** consiste na realização dos ensaios experimentais visando analisar a influência do aumento da temperatura dos agregados do concreto em relação a perda da fluidez ao longo do tempo. Com o traço padrão já caracterizado e o aceite em todos os pré-requisitos normativos de classificação de um CAA deu-se início a segunda etapa do projeto.

Nessa etapa o objetivo é verificar o espalhamento (slump flow), perda de fluidez e resistência à compressão do concreto, variando a temperatura dos agregados e mantendo fixa a temperatura ambiente.

Fase 2.1 e 2.2: Inicialmente os materiais foram separados e totalmente secos em quantidades suficientes para a realização dos ensaios.

Fase: 2.3: Em seguida, os agregados foram pesados de acordo com o traço padrão do estudo. As pesagens foram realizadas em baldes de 20 litros, separadamente.

Fase 2.4: Foram preparadas 7 misturas de CAA referência e, em seguida, cada uma sofreu um gradiente térmico, variando de 125 °C a 5 °C. As temperaturas mais elevadas foram obtidas através da estufa e as mais baixas foram obtidas com auxílio de gelo.

Ou seja, para cada ensaio, os agregados do traço (pesados e separados em baldes), foram colocados na estufa até chegar na temperatura proposta no estudo. Obtendo a temperatura do estudo (ex: 65 °C), os agregados foram retirados da estufa e colocados diretamente na betoneira para o início do ensaio.

No caso da temperatura de 5°C, os agregados foram colocados em sacos plásticos e, estes sacos plásticos foram colocados no gelo. Quando o material apresentou a temperatura ideal (medida através de termômetro manual), foi retirado do local diretamente para a realização do ensaio na betoneira.

Fase 2.5: Com as temperaturas já estabelecidas realizou-se a mistura do CAA em dosagens de 15 litros. A mistura dos agregados até a adição do superplastificante ocorreu em 3 minutos e, após esse

período, as facas internas da betoneira foram limpas juntamente com o fundo do equipamento. A adição do aditivo foi feita de forma que os agregados já estivessem lubrificados o suficiente, possibilitando uma melhor reação. Em cada processo de mistura foi feita análise da perda de fluidez a cada 15 minutos, saindo de 0 a 60 minutos, e verificando em todas elas o slump flow (abatimento) do concreto até obtenção de fluidez igual ou inferior a 50% do valor de espalhamento especificado em norma brasileira ABNT NBR15823:2010

Fase 2.6: Para cada mistura com a temperatura determinada foram moldados 9 corpos de prova com amostra do concreto. As amostras foram utilizadas para a realização dos ensaios de resistência à compressão com um (1), sete (7) e vinte e oito (28) dias.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar os resultados obtidos nas duas etapas do programa experimental e a sua correlação com a literatura.

Os primeiros resultados serão referente a Fase 1: Caracterização do Concreto de referência, conforme ABNT NBR 15823:2010. Em seguida, serão apresentados os resultados do concreto de referência submetido a variação de temperatura dos agregados (Fase 2).

4.1. FASE 1: CONCRETO REFERÊNCIA

A caracterização do concreto referência no estado fresco foi realizada conforme ABNT NBR 15823:2010 – Parte 1 a 6. O aceite do CAA foi feito através dos ensaios de espalhamento (Slump flow), viscosidade plástica aparente T500, habilidade passante Anel J, habilidade passante Caixa L, viscosidade plástica aparente Funil V e resistência a segregação.

Este concreto foi realizado em laboratório com temperatura controlada, e, adicionalmente aos ensaios de caracterização, foram realizados ensaios de resistência à compressão e perda de fluidez pelo período de 45 minutos, com análise de 15 em 15 minutos.

4.1.1. Espalhamento e viscosidade plástica aparente

O ensaio de espalhamento e do tempo de escoamento foi realizado conforme ABNT NBR15823:2010 – Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Espalhamento e viscosidade plástica aparente do concreto referência

Classe de espalhamento (slump flow)			
Classe	Espalhamento mm	Resultados dos ensaios (mm)	Método de ensaio
SF 1	550 a 650	760	ABNT NBR 15.823 - 2
SF 2	660 a 750		
SF 3	760 a 850		
Classe de viscosidade plastica aparente t500 (sob fluxo livre)			
Classe	t600s	Resultados	Metodo de ensaio
VS 1	≤ 2	2 seg	ABNT NBR 15.823 - 3
VS 2	> 2		

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 3, cujos dados de classificação estão presentes na ABNT NBR 15823:2010 – Parte 2, este concreto está caracterizado como SF3 e VS1.

4.1.2. Habilidade passante Anel J

O ensaio de habilidade passante Anel J foi realizado conforme ABNT NBR15823:2010 – Parte 3: Determinação da habilidade passante – Método do anel J.

O resultado obtido está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Habilidade passante pelo Anel J do concreto referência

Classe de habilidade passante pelo Anel J (Sob o fluxo)			
Classe	Anel J (mm)	Resultados	Método de ensaio
PJ 1	0 a 25 com 16 barras de aço	740 mm	ABNT NBR 15.823 - 3
PJ 2	25 a 50 com 16 barras de aço		

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 4, cujos dados de classificação estão presentes na ABNT NBR 15823:2010 – Parte 3, este concreto obteve resultado satisfatório no ensaio de habilidade passante pelo Anel J.

4.1.3. Habilidade passante Caixa L

O ensaio de habilidade passante Caixa L foi realizado conforme ABNT NBR15823:2010 – Parte 4: Determinação da habilidade passante – Método da caixa L.

O resultado obtido está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Habilidade passante Caixa L do concreto referência

Classe de habilidade passante caixa L (Sob fluxo confinado)			
Classe	Caixa L (H2 / H1)	Resultados	Método de ensaio
PL1	≥ 0.80 com 2 barras de aço	0,156	ABNT NBR 15.823 - 4
PL2	≥ 0.80 com 3 barras de aço		

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 5, cujos dados de classificação estão presentes na ABNT NBR 15823:2010 – Parte 4, este concreto obteve resultado satisfatório no ensaio de habilidade passante pela Caixa L.

4.1.4. Viscosidade plástica aparente

O ensaio de viscosidade plástica aparente foi realizado conforme ABNT NBR15823:2010 – Parte 5: Determinação viscosidade – Método do Funil V.

O resultado obtido está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Viscosidade plástica aparente do concreto referência

Classe de viscosidade plastica aparente (Sob fluxo confinado)			
Classe	Funil V (s)	Resultados	Método de ensaio
VF 1	< 9	4,26 seg	ABNT NBR 15.823 - 5
VF 2	9 a 25		

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 6, cujos dados de classificação estão presentes na ABNT NBR 15823:2010 – Parte 5, este concreto está classificado como VF 1.

4.1.5. Resistência a segregação pela coluna de segregação

O ensaio de resistência a segregação foi realizado conforme ABNT NBR15823:2010 – Parte 6: Determinação da resistência a segregação – Método da coluna de segregação.

O resultado obtido está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Classe de resistência a segregação do concreto referência

Classe de resistência a segregação			
Classe	Coluna de segregação (%)	Resultados	Método de ensaio
SR 1	≤20	19	ABNT NBR 15.823 - 6
SR 2	≤15		

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 7, cujos dados de classificação estão presentes na ABNT NBR 15823:2010 – Parte 6, este concreto está classificado como SR 1.

4.1.6. Manutenção de abatimento

Em virtude do estudo posterior (Fase 2) de análise da perda de fluidez com a variação da temperatura dos agregados, foi utilizado no concreto referência um aditivo policarboxilato de terceira geração de longa manutenção.

A utilização deste aditivo tem como finalidade uma melhor análise do efeito da temperatura no concreto, visto que, conforme apresentado por Mailvaganan (1979), a trabalhabilidade apresentada em campo pelo uso de aditivos de altas resistências está em torno de 15 minutos.

Este aditivo desenvolvido pela Sika para o segmento de pré-fabricados, é caracterizado pela manutenção de abatimento do concreto por um período prolongado, sem efeito significativo nas suas resistências iniciais. A Figura 5 apresenta o resultado de manutenção de abatimento deste concreto quando utilizado este aditivo na dosagem de 1,6%.

Pode-se verificar através da Figura 5 que não houve perda de fluidez do concreto de referência no período de quarenta e cinco (45) minutos.

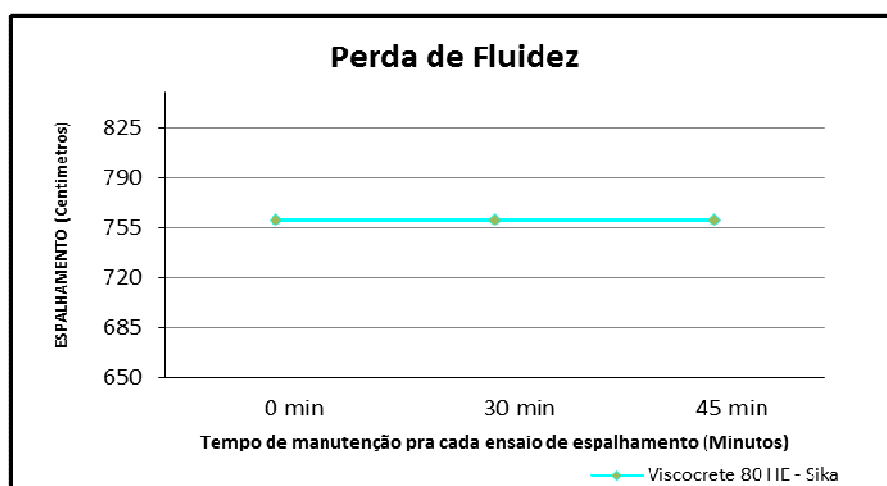


Figura 5 – Perda de fluidez do concreto referência

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.7. Resistência à compressão axial

Além dos ensaios de caracterização segundo a norma ABNT NBR 15823:2010 e manutenção de abatimento, foi realizado ensaio de resistência à compressão do concreto.

Na Figura 6 apresenta o crescimento da resistência à compressão deste concreto, em ensaio realizado em laboratório.

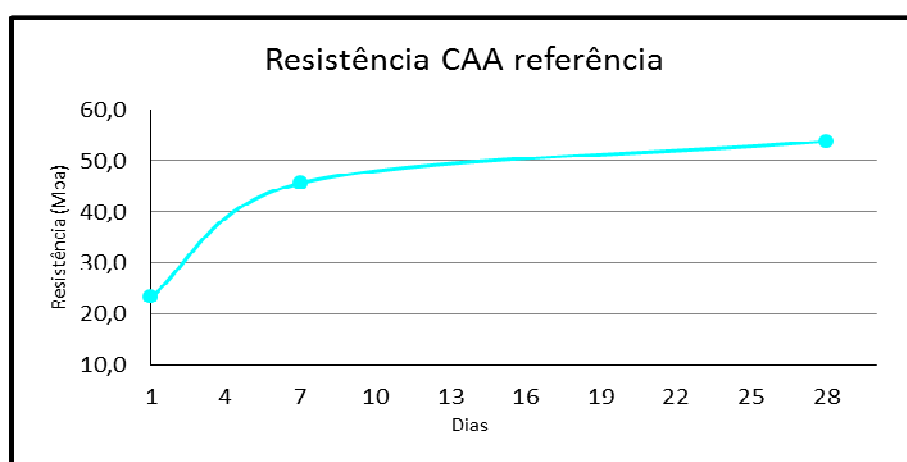


Figura 6 – Resistência à compressão do concreto referência

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os resultados mostrados na Figura 6, a resistência à compressão média alcançada neste concreto com idade de 28 dias foi de aproximadamente 59 Mpa, o que classifica o concreto com grupo I e de classe C50 de acordo com a NBR8953:1992.

4.1.8. Caracterização final do concreto referência

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização do concreto estão em conformidade com as especificações da ABNT NBR 15823:2010 – Parte 1 a 6, que estabelece a classe do concreto como SF3, VS1, VF1 e SR1.

Com isso, os resultados do concreto apresentado neste item, no seu estado fresco, caracterizam-no como um CAA, tipo SF3.

4.2. FASE 2: VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DOS AGREGADOS

Após a classificação do concreto referência, realizou-se a repetição deste concreto com alteração da temperatura dos agregados, com a finalidade de demonstrar a influência da temperatura dos agregados na perda de fluidez do concreto, espalhamento inicial e resistência à compressão.

Conforme mencionado no Capítulo 3, as temperaturas foram pré-determinadas, começando com 5°C e terminando com 125°C. Foram analisados sete (7) pontos com variação de 20°C entre eles.

Neste item serão apresentados os resultados obtidos nos 7 traços com diferentes temperaturas, sendo eles de: espalhamento (slump flow), manutenção de abatimento e resistência a compressão axial.

Adicionalmente, realizou-se a análise de tempo de reação do aditivo em diferentes temperaturas e observações visuais para cada concreto.

4.2.1. Variação da temperatura dos agregados

Como mencionado do item 4.2, foram feitas 7 misturas com variações de temperaturas dos agregados, conforme apresentado na Figura 7.

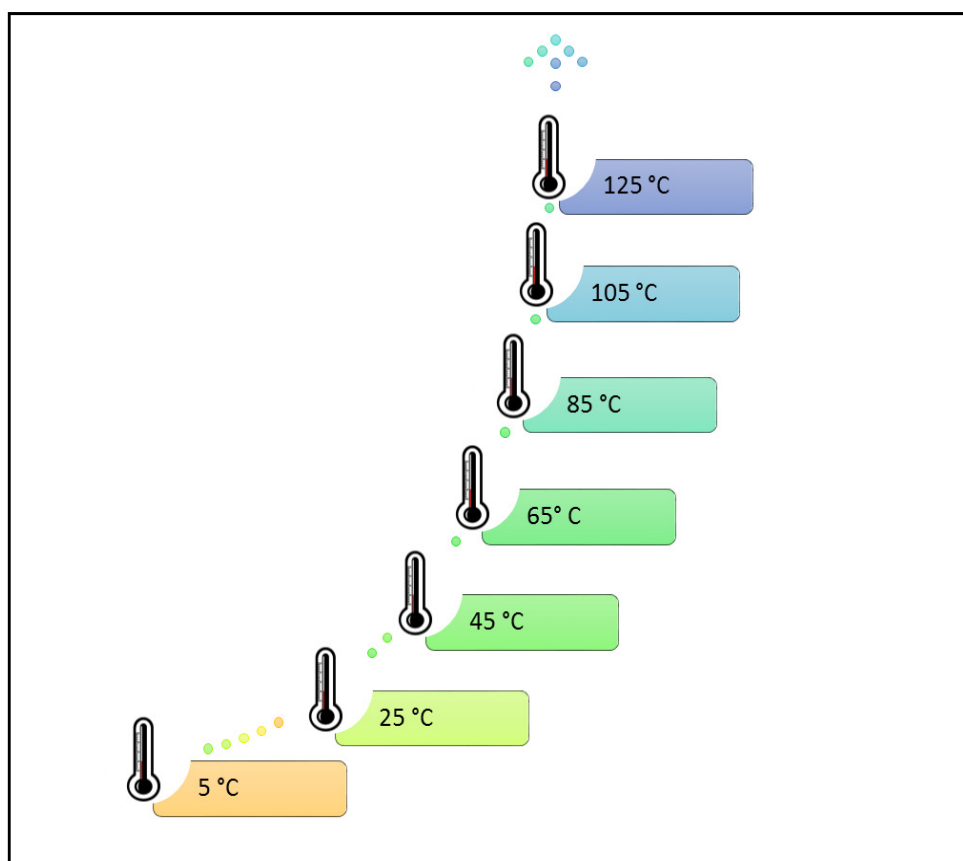


Figura 7 – Temperaturas de ensaio dos agregados

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2.2. Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao tempo de reação (“abertura”) do concreto

Quando realizado o concreto com a variação da temperatura dos agregados, antes da análise da influência no espalhamento inicial, realizou-se uma análise do tempo de reação do aditivo, ou seja, em quanto tempo o concreto apresentava a sua “abertura” visualmente. Os resultados estão apresentados na Figura 8.

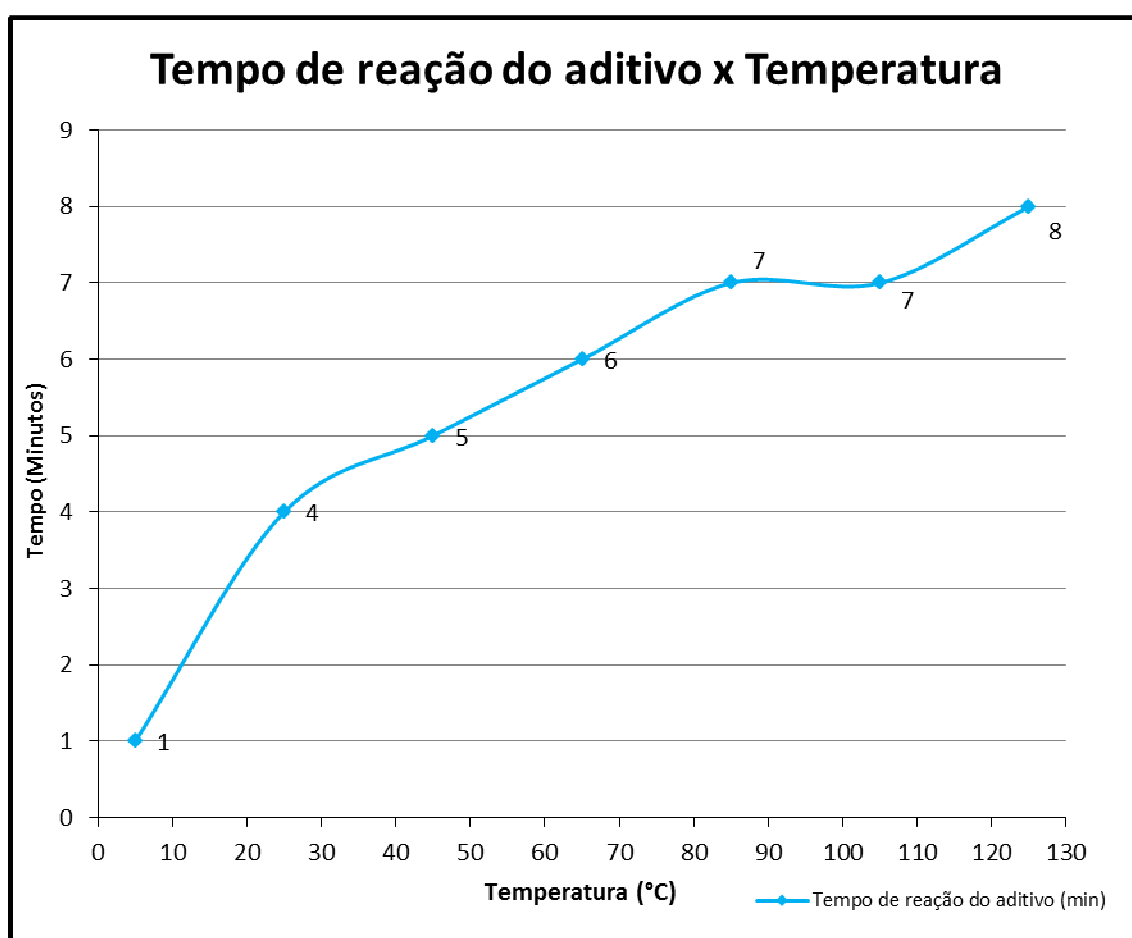


Figura 8 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao tempo de reação do aditivo

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se verificar através da Figura 8 que quanto menor a temperatura do concreto, mais rápida será a reação do aditivo. Quanto maior a temperatura do concreto, mais lenta será a reação do aditivo e maior o tempo que o concreto deve ser mantido em homogeneização para que seja verificada melhora no espalhamento inicial.

4.2.3. Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao espalhamento inicial do concreto

Quando realizado o concreto com a variação da temperatura dos agregados, realizou-se o espalhamento inicial (slump-flow) do concreto. Os resultados estão apresentados na Figura 9.

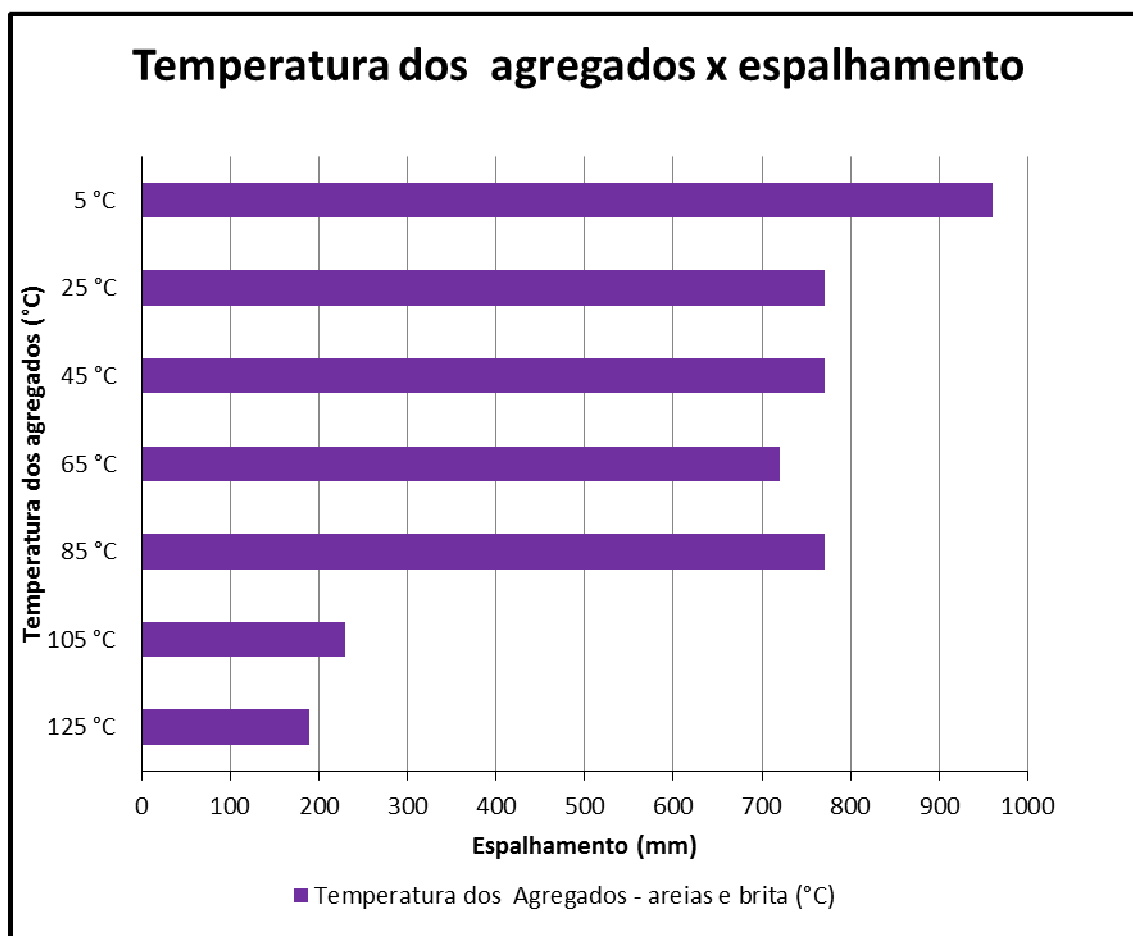


Figura 9 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação ao espalhamento inicial do concreto

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se verificar através da Figura 9 que quanto mais baixa a temperatura dos agregados, maior o espalhamento inicial do concreto. Nesta análise, porém, deve ser mencionada a ocorrência de exsudação.

Quando utilizados agregados com temperaturas acima de 100°C, devido a evaporação de água proveniente do ensaio, há a descaracterização do concreto auto-adensável, obtendo valores inferiores a 250mm de espalhamento inicial conforme apresentado na Figura 10. Nas Figura 11 e 12 pode-se verificar o vapor proveniente da evaporação de água e aspecto do concreto no momento da realização do ensaio.



Figura 10 - Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 105°C (evaporação)

Fonte: Elaborado pelos autores



Figura 11 - Mistura do concreto com agregados na temperatura de 105°C (evaporação)

Fonte: Elaborado pelos autores



Figura 12– Mistura do concreto com agregados na temperatura de 105°C antes da adição do aditivo (evaporação)

Fonte: Elaborado pelos autores

O mesmo ocorre com o ensaio de temperaturas abaixo de 25°C devido ao retardo do processo de hidratação, causando o efeito de segregação do traço e descaracterizando o ensaio, conforme apresentado na Figura 13.



Figura 13 – Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 5°C (exsudação)

Fonte: Elaborado pelos autores

Esta afirmação entra em acordo com a teoria apresentada por Fusco (2008) de que temperaturas baixas tendem a retardar o processo de hidratação do cimento, enquanto temperaturas muito altas (temperaturas acima de 100°C) ocorre a evaporação da água, dificultando o processo de hidratação e potencializando a liberação de calor das reações químicas existentes.

Portanto, pode-se verificar que nas temperaturas intermediárias a estes dois fenômenos (25 a 85°C) não há variação significativa do espalhamento inicial do concreto, salientando que reduz-se o espalhamento na maior temperatura analisada. Nas Figuras 14 e 15 pode-se verificar que mesmo com a mudança da temperatura dos agregados o concreto continuou com suas características desejadas para um CAA, sendo que com as temperaturas mais elevadas o abatimento foi menor.



Figura 14– Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 65°C (exsudação)

Fonte: Elaborado pelos autores



Figura 15– Espalhamento inicial do concreto com agregados na temperatura de 45°C (exsudação)

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2.4. Influência da variação da temperatura dos agregados na perda de fluidez do concreto

Quando realizado o concreto com a variação da temperatura dos agregados, avaliou-se a perda de fluidez pelo período de 60 minutos, com análise de 15 em 15 minutos até o tempo final e/ou até o ensaio atingir 50% do valor inicial de espalhamento. Os resultados estão apresentados na Figura 12.

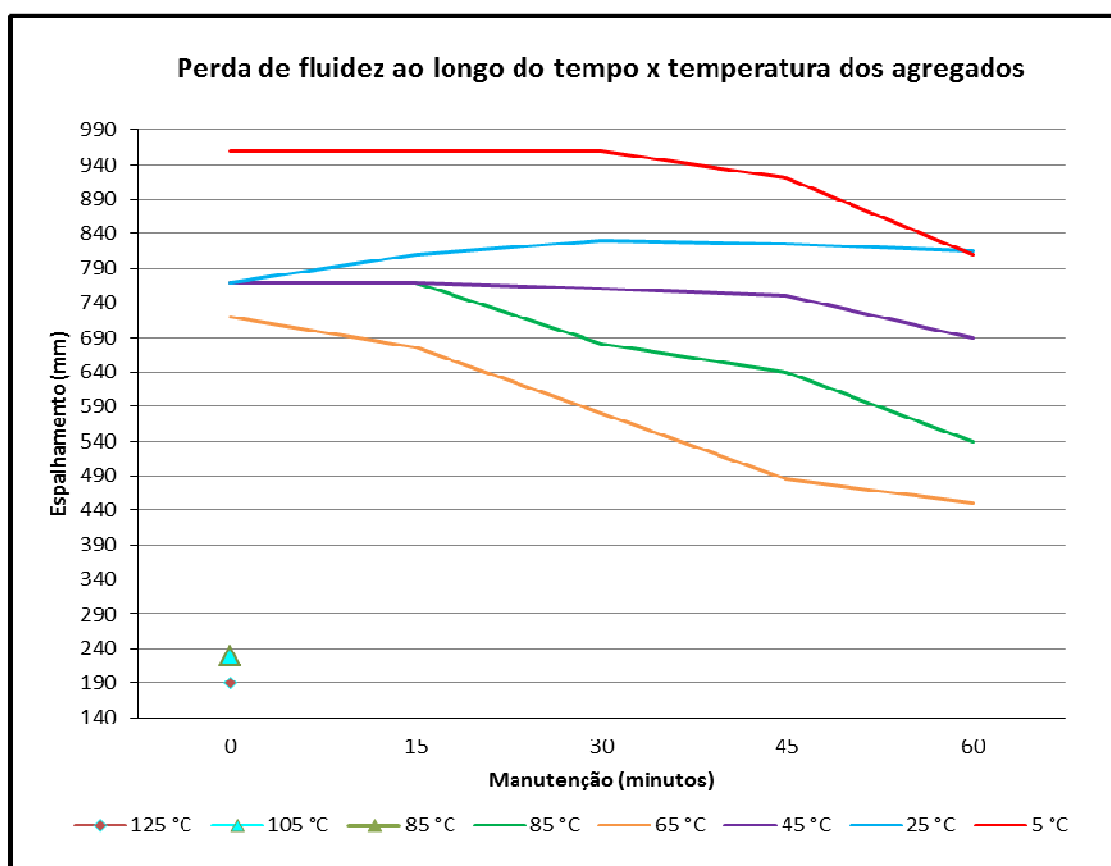


Figura 16 – Influência da variação da temperatura dos agregados em relação a perda de fluidez do concreto

Fonte: Elaborado pelos autores

Assim como pode ser verificado no espalhamento inicial, através da Figura 16 podemos verificar que quanto mais baixa a temperatura dos agregados, menor será a perda de fluidez do concreto ao longo do tempo. Através deste ensaio, é possível afirmar que quanto maior a temperatura dos agregados menor será o abatimento e mais acentuada será a perda de fluidez do concreto.

Desta forma, confirma-se a experiência prática com os ensaios de laboratório, demonstrando que há influência direta da variação da temperatura dos agregados na perda de fluidez do concreto.

4.2.5. Influência da variação da temperatura dos agregados na temperatura do concreto

Durante a execução do ensaio de concreto com variação da temperatura dos agregados, realizou-se a medição do efeito desta variação de temperatura diretamente na temperatura do concreto. Os resultados estão apresentados na Figura 17.

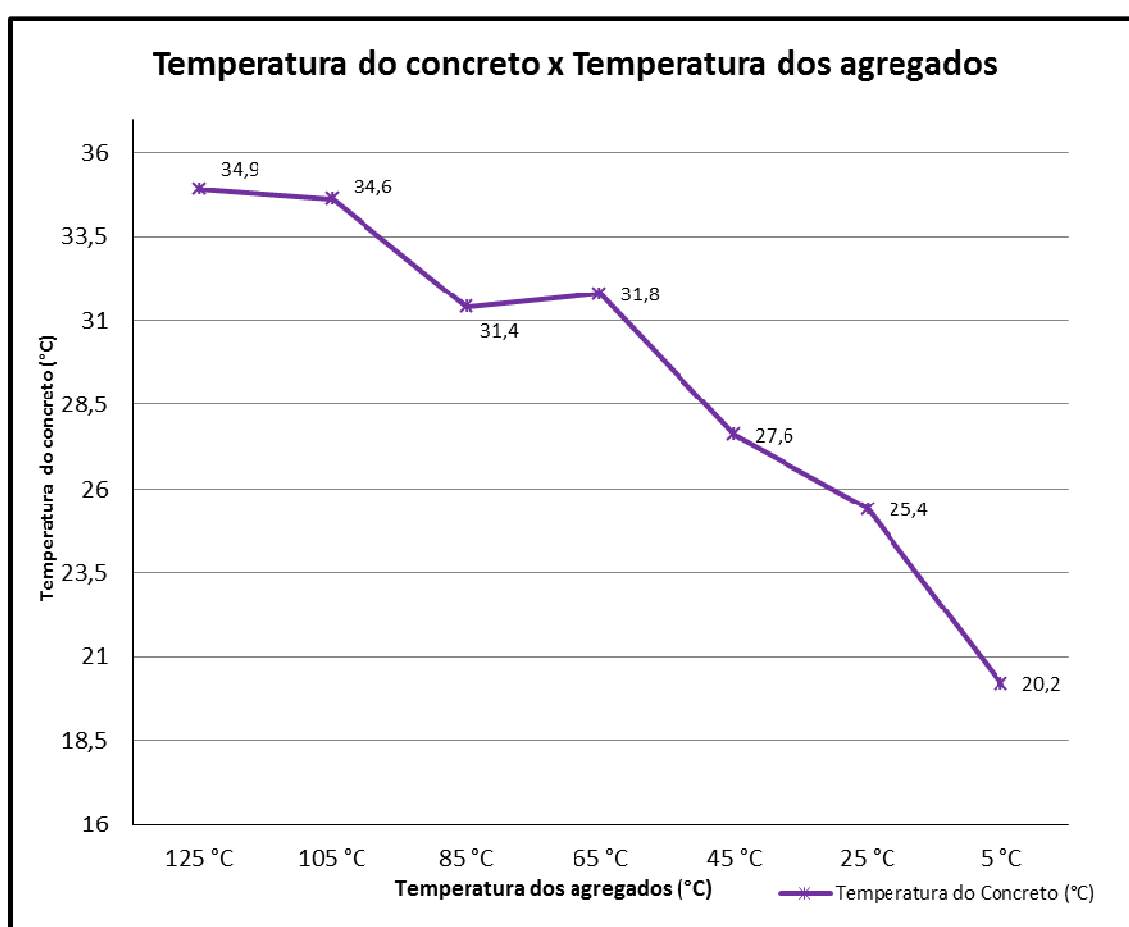


Figura 17 – Influência da variação da temperatura dos agregados na temperatura do concreto
Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se verificar através da Figura 17 que quanto maior a temperatura dos agregados, maior será a temperatura do concreto e, quanto menor a temperatura dos agregados, menor será a temperatura do concreto.

Considerando os ensaios onde não ocorre descaracterização do traço de CAA, temperaturas de 25 a 85°C, verifica-se que ocorre uma variação de temperatura de aproximadamente 10°C, o que pode influenciar diretamente no processo de hidratação, conforme literatura e, conseqüentemente, apresentar também influência na resistência à compressão do concreto.

Verifica-se que o maior gradiente (app. 4°C) ocorre entre as temperaturas de 45 a 65°C, o que pode ser apresentado como um limite para variação da temperatura dos agregados no concreto e que deve ser avaliado em relação a química de hidratação e possíveis patologias.

4.2.6. Influência da variação da temperatura dos agregados na resistência a compressão do concreto

Após a realização do ensaio de concreto com a variação da temperatura dos agregados, realizou-se a moldagem de nove (9) corpos de prova a serem rompidos com um (1) dia, sete (7) dias e vinte e oito (28) dias. Os resultados estão apresentados na Figura 18.

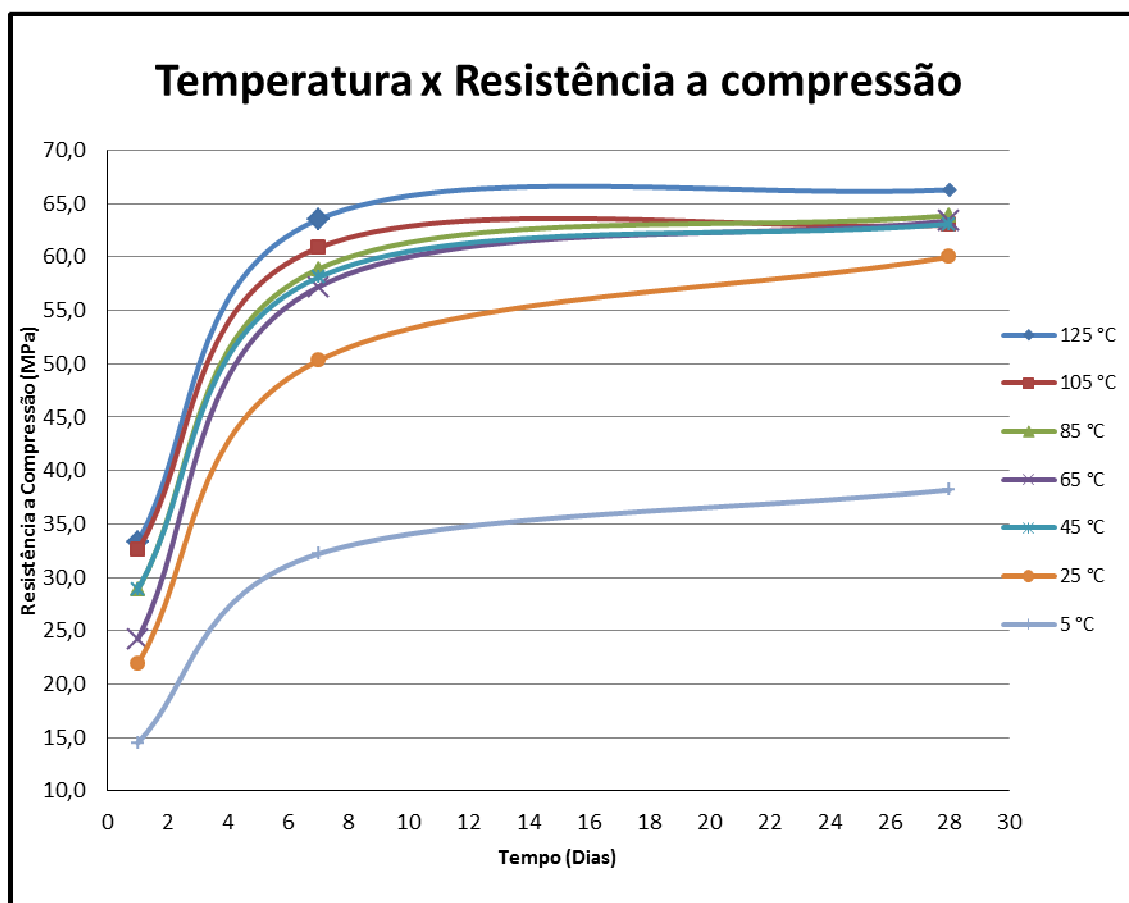


Figura 17 – Influência da variação da temperatura dos agregados na resistência à compressão do concreto

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se verificar através da Figura 18 que quanto maior a temperatura dos agregados, maior será a resistência a compressão do concreto aos vinte e oito (dias) e que quanto menor a temperatura dos agregados, menor será a resistência a compressão do concreto aos vinte e oito (28 dias). Esta mesma afirmação pode ser realizada em relação aos resultados obtidos com um (1) dia e sete (7) dias.

Cabe mencionar, porém, que nas temperaturas intermediárias a estes dois fenômenos (25 a 85°C) há variação significativa no aumento de resistência em um (1) e sete (7) dias, porém não aos vinte e oito (28) dias, sendo, por análise de resistência, a temperatura de 45°C considerada ótima.

Na Figura 19 podemos verificar que, apesar de a temperatura de 45°C apresentar os maiores valores de resistência, os maiores valores percentuais

de crescimento de resistências, ainda estão atrelados a temperatura de 25°C, temperatura de ensaio e controlada em laboratório.

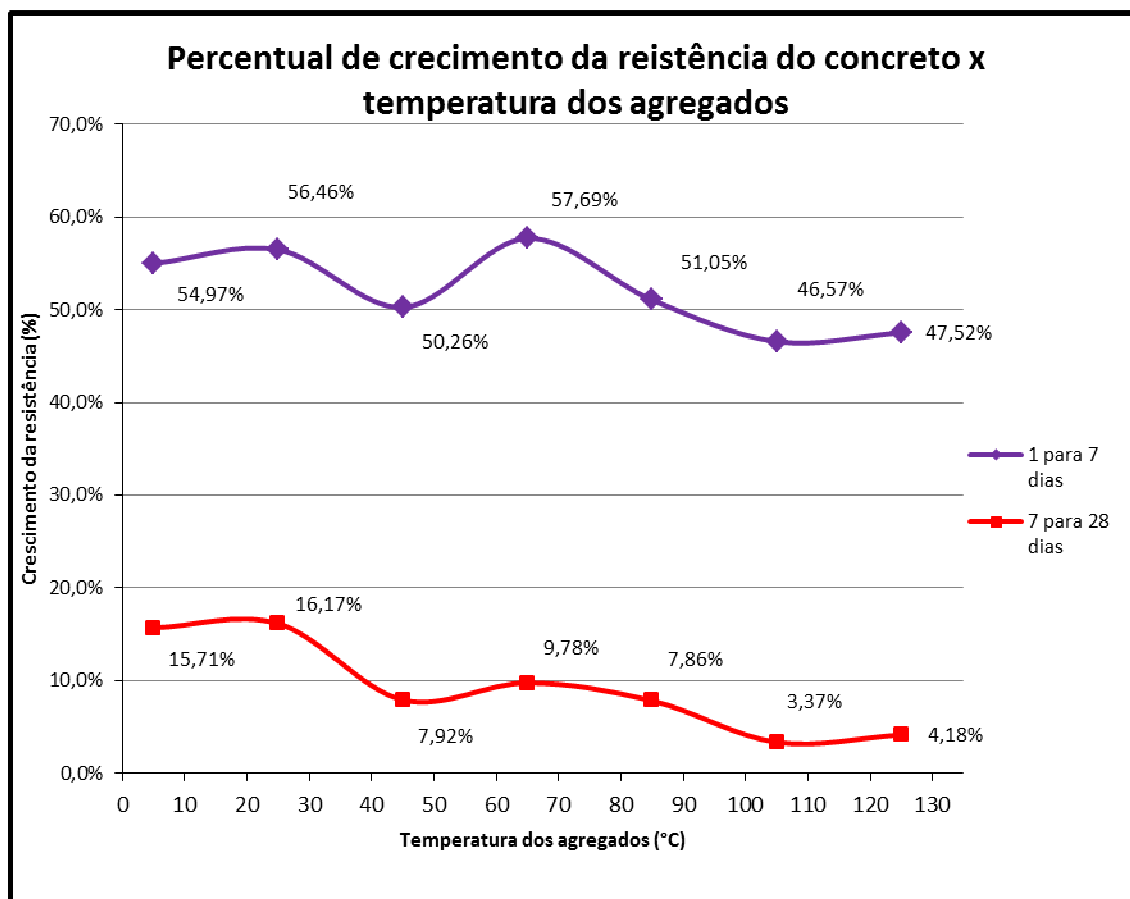


Figura 19 – Percentual de crescimento de resistências à compressão dos concretos submetidos a variação da temperatura dos agregados

Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste trabalho foi possível concluir que existe uma correlação entre o aumento de temperatura dos agregados (gráúdo e miúdo) e a perda de fluidez do concreto, em resposta a hipótese apresentada no início deste estudo experimental.

Avaliando os resultados de espalhamento, fluidez e resistência à compressão realizados neste estudo, pode-se afirmar:

-O ponto ótimo de obtenção de resistência à compressão aos vinte e oito (28) dias foi obtido com 45°C, sem efeito significativo de perda de fluidez e espalhamento inicial.

- Agregados com maiores temperaturas resultaram em um menor espalhamento inicial do concreto;

- Agregados com maiores temperaturas apresentaram perda mais acentuada de fluidez ao longo do tempo;

- Agregados com maiores temperaturas obtiveram maior resistência à compressão do concreto, verificando-se uma estabilização de valores nas temperaturas 45°C a 105° C;

- Agregados com maiores temperaturas demandaram mais tempo para a reação do aditivo e consequente abertura do concreto;

-Quanto maior a temperatura dos agregados, maior foi a temperatura obtida no concreto;

Inicialmente na temperatura de 5°C, verificou-se uma elevada segregação do concreto. Conforme revisão da literatura, este fato ocorreu devido a um retardo no processo de hidratação e diminuição do calor de hidratação do concreto, acarretando disponibilidade total da água de amassamento na mistura (sem aumento de viscosidade) e resultando em exsudação.

Em temperaturas mais elevadas como 105°C e 125°C, verificou-se que há a evaporação da água do concreto no momento da execução do ensaio. Este fato diminuiu a relação água-cimento e, conseqüentemente descaracterizou o concreto, diminuindo o seu espalhamento.

No caso de temperaturas intermediárias (25°C a 85°C) verificou-se que a maior perda de fluidez ao longo do tempo ocorreu na temperatura de 65°C. Verificou-se também que o concreto apresentou seu maior ganho de resistência à compressão (sete para vinte e oito dias) com seus agregados estando na temperatura de 25°C (temperatura controlada de laboratório), porém notou-se que os resultados mais elevados de resistência a compressão aos vinte e oito dias (28) foram obtidos na temperatura de 45°C.

Levando-se em consideração que os agregados são inertes, verificou-se que há uma correlação direta entre o aumento da temperatura dos agregados (maior volume do traço) e o aumento de temperatura do concreto. Este aumento promoveu um retardo e/ou a evaporação da água da mistura em temperaturas baixas, o que ocasionou efeitos negativos como segregação. Com temperaturas elevadas, notou-se micro fissuras no concreto endurecido devido aos seus efeitos de retração.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando todos os resultados obtidos e a possibilidade de continuação deste estudo, avalia-se como próximos passos:

- Análise química do processo de hidratação quanto o concreto foi submetido ao aumento de temperatura dos agregados. Este estudo visa obter dados que confirmem a hipótese de que, como materiais inertes, este aumento de temperatura dos agregados está diretamente correlacionado ao aumento de temperatura do concreto.
- Análise da interferência da variação da temperatura do cimento na perda de fluidez e resistência à compressão do concreto auto adensável tipo SF3;
- Repetição de ensaios com pontos otimizados (variação inferior a 20°C);
- Variação dos constituintes do concreto e avaliação da interferência nos resultados;
- Desenvolvimento de um aditivo superplastificante que apresente as mesmas características do estado fresco e endurecido em temperatura controlada (25°C) quando aplicado a temperaturas próximas a 45°C.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR 15823-1: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 15823-2: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 15823-3: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 15823-4: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 15823-5: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 15823-6: Concreto Auto Adensável. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR NM 33: Concreto - Amostragem de Concreto Fresco. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BARTOS, P. J. M; SODERLIND, I. Environment and ergonomics. Brite EuRam Program; Rational Production and improved working enviroment through using self-compacting concrete. v. 8,5, 2000

BILLBERG, P. (1999) Self-Compacting Concrete for Civil Engineering Structures – The Swedish Experience. In: S. C. C. R. I. 1-77. Stockholm.

CAMPITELI, Vicente Coney. Fundamentos da dosagem de concretos. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2011. 99 p. il.

CINCOTTO, Maria Alba. Reações de hidratação e pozolânicas. In: Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 11, p. 381-413.

COPPOLA, I. Rheology and mix proportioning of self-compacting concretes. *Industria Italiana del Cemento*, v. 71, n. 2, 2001

FUSCO, Péricles Brasiliense (São Paulo). PINI (Ed.). Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados. São Paulo, 2008.

GERALDO CECHELLA ISAIA (São Paulo). Ibracon (Ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Arte Interativa, 2011. 2 v.

HARTMANN, Karine; JEKNAVORIAN, Denise Silva; BENINI, Humberto. Aditivos químicos para concretos e cimentos. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 10, p. 347-380. v. 1.

KHAYAT, K. H. Workability, testing, and performance of self-consolidating concrete. *ACI Materials Journal*, v. 96, n. 3, 1999

MELO, Karoline Alves de. Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de fíler calcário. 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

MOLIN; Denise Carpena Coitinho Dal. Adições Minerais. *In: Concreto: ciência e tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 08, p. 262-309.

MOINI, M. R.; LAKIZADEH, A; MOHAQEIQI, M. Effect of mixture temperature on slump flow prediction of conventional concretes using artificial neural networks, *Australian Journal of Civil Engineering* v. 10, n. 1, 2012

MORAES, Karoline Alves de Melo. Otimização do uso de adições minerais para a produção de concreto auto-adensável. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NAIK, T. R.; KRAUS, R. N. Temperature effects on high-performance concrete. Center for By-Products Utilization, 2002.

OKAMURA, H. Self-compacting high performance concrete, *Concrete International*, v.19, n. 7, 1997.

PETERSSON, Ö. Design of Self-Compacting Concrete, Properties of the Fresh Concrete. In: *Proceedings... Seminar on Self-Compacting Concrete*, p.15-20. Malmö/Copenhagen, 2000.

REPETTE, Wellington Longuini. Concreto Autoadensável. *In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: ciência e tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 48, p. 1769-1806.

RONCERO, J. *Effect of superplasticizer on the behavior of concrete in the fresh and hardened states: Implications for high performance concretes*. Barcelona, 2000. Universidade Politécnica de Catalunya. Tese de Doutorado

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis. 162 p. Tese (doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpena Dal. Concreto auto-adensável. São Paulo: Editora Pini, 2008.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. Dosagem dos concretos de cimento Portland. *In*: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 12, p. 416-451.

7. ANEXOS

Neste capítulo serão apresentados todos os anexos mencionados ao longo deste trabalho.

7.1. ANEXO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO NACIONAL CPV ARI RS

Certificado de ensaios em cimento

CP V-ARI RS

Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

Fevereiro 2017

ABNT NBR 5733/91

ABNT NBR 5737/92

Resultados Parciais



Companhia Nacional de Cimento
BR 040, km 474 - Zona Rural
Sete Lagoas, MG - CEP 35.701-970
www.cimentonacional.com.br
tecnico@brennandcimentos.com.br

Ensaios Químicos

ENSAIOS	METODOLOGIA	UN.	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Resíduo Insolúvel - RI	ABNT NM 15/12	%	0,67	não aplicável
Perda ao Fogo - PF	ABNT NM 18/12	%	3,98	≤ 4,5
Óxido de Magnésio - MgO	ABNT NM 14/12	%	1,70	≤ 6,5
Tróxido de Enxofre - SO ₃	ABNT NM 16/12	%	2,78	≤ 4,5
Anidrido Carbônico - CO ₂	ABNT NM 20/12	%	2,81	≤ 3,0

Ensaios Físicos

ENSAIOS	METODOLOGIA	UN.	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Área Específica (Blaine)	ABNT NM 76/98	cm ² /g	4.323	≥ 3.000
Massa Específica	ABNT NM 23/01	g/cm ³	3,01	não aplicável
Índice de finura - # 75 µm (nº 200)	ABNT NBR 11579/13	%	0,5	≤ 6,0
Resíduo na peneira #325	ABNT NBR 9202/85	%	3,3	não aplicável
Água de consistência normal	ABNT NM 43/03	%	29,2	não aplicável
Início de pega	ABNT NM 65/03	minutos	160	≥ 60
Fim de pega	ABNT NM 65/03	minutos	219	≤ 600
Expansibilidade à quente	ABNT NBR 11582/12	mm	0,0	≤ 5,0

Ensaios Mecânicos

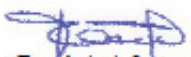
ENSAIOS - ABNT NBR 7215/96	UN.	DESVIO PAD	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Resistência à Compressão - 1 Dia	MPa	1,13	21,1	11,0
Resistência à Compressão - 3 Dias	MPa	0,66	34,6	24,0
Resistência à Compressão - 7 Dias	MPa	1,73	41,6	34,0
Resistência à Compressão - 28 Dias	MPa		53,1	não aplicável

Observações

Ensaios aos 28 dias não concluídos em função da idade de ruptura ser maior que a presente data.

Na₂O: 0,09% K₂O: 0,85% Na₂O_{eq}: 0,65%

Atualização: sexta-feira, 3 de março de 2017


Tiago Andrade Couto
Gerente de Produtos e Assessoria Técnica

7.2. ANEXO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO (BRITA 0)

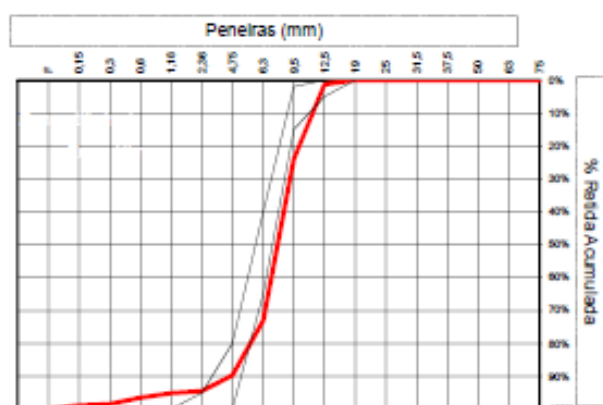
	ENSAIO DE AGREGADO (NBR 7211)	Data:	Número do ensaio

Fornecedor

BRITA 0

Material / Rocha Origem

Granulometria			
Penelras (mm)	Material retido (g)	Retida	Acumulada
75			0%
63			0%
50			0%
37,5			0%
31,5			0%
25			0%
19			0%
12,5	40	1,3%	1%
9,5	680	22,7%	24%
6,3	1470	49,0%	73%
4,75	500	16,7%	90%
2,36	143	4,8%	94%
1,18	20	0,7%	95%
0,6	42	1,4%	97%
0,3	59	2,0%	98%
0,15	10	0,3%	99%
F	36	1,2%	100%



Módulo de finura	5,97
Diâmetro máx. (mm)	9,5
Peso da Amostra (g)	3000

Índices Físicos

Massa Unitária	-	kg/m³
Massa Específica	2,56	kg/dm³

Material pulverulento (%) - Agregado miúdo (2)

-	3,0	Concreto submetido a desgaste superficial
-	5,0	Concreto protegidos do desgaste superficial

Material pulverulento (%) - Agregado graúdo (1)

0,4	1,0 Máximo
-----	------------

Tomões de argila (%) - Agregado miúdo

-	3,0 Máximo
---	------------

Tomões de argila (%) - Agregado graúdo

-	1,0 Concreto aparente
-	2,0 Concreto sujeito a desgaste superficial
-	3,0 Outros concretos

Impureza orgânicas - Agregado Miúdo

-	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução padrão
---	---

Notas:

(1) - Para agregado produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

(2) - Quando o material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem de rocha, os valores podem ter seus limites alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial) e de 5% para 12% (para concreto protegido do desgaste superficial).

Observações

Visto

7.3. ANEXO 3 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MÍUDO 1

	ENSAIO DE AGREGADO (NBR 7211)	Data: 11/10/16	Número do ensaio 3
---	--------------------------------------	--------------------------	------------------------------

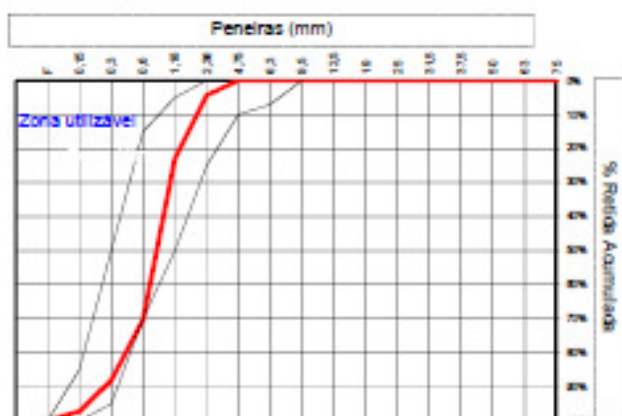
Fornecedor

AREIA 9771

Material / Rocha Origem

Areia Natural

Granulometria			
Peneiras (mm)	Material retido (g)	Retida	Acumulada
75			0%
63			0%
50			0%
37,5			0%
31,5			0%
25			0%
19			0%
12,5			0%
9,5			0%
6,3			0%
4,75			0%
2,36	21,8	4,4%	4%
1,18	92,4	18,5%	23%
0,6	237,7	47,5%	70%
0,3	88,5	17,7%	88%
0,15	45,5	9,1%	97%
F	14,0	2,8%	100%



Módulo de finura	2,83
Diâmetro máximo (mm)	2,36
Peso da Amostra (g)	500

Índices Físicos

Massa Unitária	-	kg/m³
Massa Específica	2,62	kg/dm³

Material pulverulento (%) - Agregado miúdo (2)

1,4	3,0	Concreto submetido a desgaste superficial
	5,0	Concreto protegido do desgaste superficial

Material pulverulento (%) - Agregado grão (1)

-	1,0 Máximo
---	------------

Torções de argila (%) - Agregado miúdo

-	3,0 Máximo
---	------------

Torções de argila (%) - Agregado grão

-	1,0	Concreto aparente
	2,0	Concreto sujeito a desgaste superficial
	3,0	Outros concretos

Impureza orgânicas - Agregado Miúdo

-	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução padrão
---	---

Notas:

(1) - Para agregado produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

(2) - Quando o material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem de rocha, os valores podem ter seus limites alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial)

Observações: Areia classificada como média.

7.4. ANEXO 4 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO 2

	ENSAIO DE AGREGADO (NBR 7211)	Data: 11/10/16	Número do ensaio 4
---	-------------------------------	-------------------	-----------------------

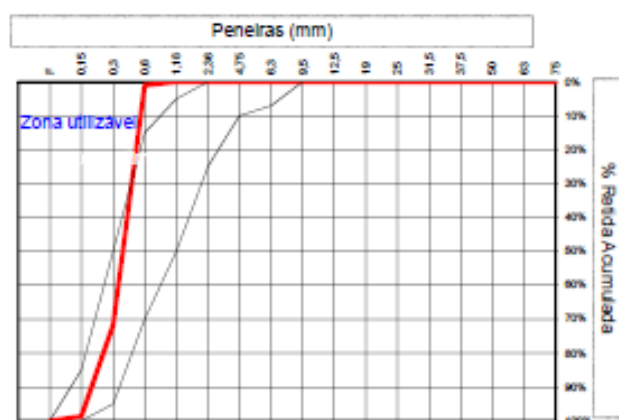
Fornecedor

AREIA 9759

Material / Rocha Origem

Areia de Quartzo

Granulometria			
Penelras (mm)	Material retido (g)	Retida	Acumulada
75			0%
63			0%
50			0%
37,5			0%
31,5			0%
25			0%
19			0%
12,5			0%
9,5			0%
6,3			0%
4,75			0%
2,36			0%
1,18			0%
0,6	5,1	1,0%	1%
0,3	353,3	70,7%	72%
0,15	135,0	27,0%	99%
F	6,5	1,3%	100%



Módulo de finura	1,71
Diâmetro máximo (mm)	0,6
Peso da Amostra (g)	500

Índices Físicos

Massa Unitária	-	kg/m³
Massa Específica	2,65	kg/dm³

Material pulverulento (%) - Agregado miúdo (2)

0,4	3,0	Concreto submetido a desgaste superficial
	5,0	Concreto protegidos do desgaste superficial

Material pulverulento (%) - Agregado graúdo (1)

-	1,0 Máximo
---	------------

Torrões de argila (%) - Agregado miúdo

-	3,0 Máximo
---	------------

Torrões de argila (%) - Agregado graúdo

-	1,0	Concreto aparente
	2,0	Concreto sujeito a desgaste superficial
	3,0	Outros concretos

Impurezas orgânicas - Agregado Miúdo

-	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução padrão
---	---

Notas:

(1) - Para agregado produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

(2) - Quando o material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem de rocha, os valores podem ter seus limites alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial)

Observações: Areia classificada como fina.

7.5. ANEXO 5 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO 3

	ENSAIO DE AGREGADO (NBR 7211)	Data:	Número do ensaio
		11/10/16	5

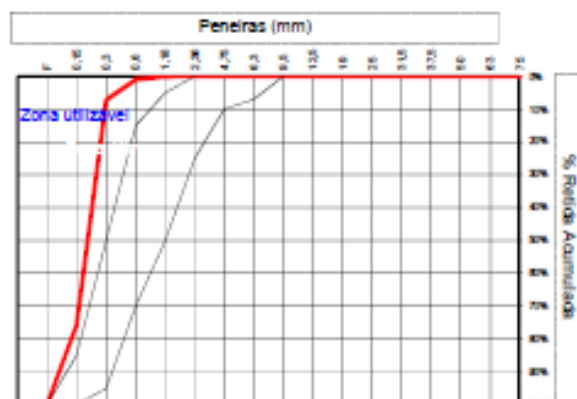
Fornecedor

AREIA 9758

Material / Rocha Origem

Areia de Quartzo

Granulometria			
Peneiras (mm)	Material retido (g)	Retida	Acumulada
75			0%
63			0%
50			0%
37,5			0%
31,5			0%
25			0%
19			0%
12,5			0%
9,5			0%
6,3			0%
4,75			0%
2,36			0%
1,18	0,1	0,0%	0%
0,6	4,9	1,0%	1%
0,3	30,6	6,1%	7%
0,15	343,0	68,7%	76%
F	121,0	24,2%	100%



Módulo de finura	0,84
Diâmetro máximo (mm)	0,6
Peso da Amostra (g)	500

Índices Físicos

Massa Unitária	-	kg/m³
Massa Específica	2,65	kg/dm³

Material pulverulento (%) - Agregado miúdo (2)

1,0	3,0	Concreto submetido a desgaste superficial
	5,0	Concreto protegidos do desgaste superficial

Material pulverulento (%) - Agregado graúdo (1)

-	1,0 Máximo
---	------------

Torções de argila (%) - Agregado miúdo

-	3,0 Máximo
---	------------

Torções de argila (%) - Agregado graúdo

-	1,0	Concreto aparente
	2,0	Concreto sujeito a desgaste superficial
	3,0	Outros concretos

Impureza orgânicas - Agregado Miúdo

-	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara que a solução padrão
---	---

Notas:

(1) - Para agregado produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

(2) - Quando o material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem de rocha, os valores podem ter seus limites alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial)

Observações: Areia classificada como fina.

7.6. ANEXO 6 – FICHA TÉCNICA DA MICRO SÍLICA



SILMIX - SÍLICA ATIVA

A Silmix é um produto decorrente do processo de fabricação do silício metálico ou do ferro silício, de onde é gerado o gás SiO , que ao sair do forno elétrico oxida-se, formando o SiO_2 , sendo então captado por filtros manga e devidamente armazenado em silo para a sua comercialização. Silmix age ativamente em concretos e argamassas, conferindo-lhes alta resistência e durabilidade.

Aplicações

- Grandes estruturas
- Estruturas de edifícios
- Obras marítimas
- Obras hidráulicas
- Reparos em obras de concreto
- Pisos industriais
- Peças mecânicas
- Pré-moldados
- Concreto projetado
- Grautes, argamassas

Vantagens

Sua utilização em concretos proporcionam:

- Resistência a compressão;
- Durabilidade;
- Maior coesão em concretos e argamassas;
- Melhor desempenho e a brasão.

Ficha técnica



Silmix é um pó fino de cor cinza-clara. Suas partículas têm o diâmetro médio de 0,2 μm , o que é muito menor que o diâmetro médio de um grão de cimento. Em 28 dias, o

Características Físicas e Químicas		Material	Finura (m ² /kg)
Massa específica	2.220 kg/m ³	Silica ativa	20.000
Superfície específica	20.000 m ² /kg	Fumaça do cigarro	10.000
Formato de partícula	esférico	Fly ash	400 a 700
Diâmetro médio	0,2 μm	Escória de alto forno moída	500
Teor de SiO ₂	Mín. 85%	Cimento portland	300 a 500
Umidade	Máx. 3%		
Equivalente Alcalino	Máx. 0,5%		

concreto com adição de Silmix apresenta um aumento na resistência de até 78% em relação ao concreto normal. Confira a seguir outras características do produto e suas vantagens.

Aumento da resistência mecânica

Com uma maior cristalização e comatação de vazios, o Silmix promove um grande acréscimo de resistência mecânica dos concretos em diferentes relações água/cimento.

Resistência à compressão (MPa) aos 28 dias			
Fator a/c	Resistência sem Silmix	Resistência com Silmix (8%)	Aumento da Resistência (%)
0,35	49,70	65,10	31%
0,50	30,20	47,50	57%
0,65	21,40	38,00	78%
Cimento CP II-F-32/Abatimento de 80mm/ aditivos redutores de água			



Aumento da durabilidade dos concretos e argamassas

Três efeitos promovidos pelo Silmix são responsáveis pelo aumento da durabilidade dos concretos e argamassas. Conheça cada um deles:

- **Inibição da reação álcali-agregado:** com Silmix, o teor de álcalis é reduzido, prevenindo os efeitos expansivos desta reação;
- **Maior performance em resistência a abrasão e erosão:** o Silmix proporciona ótima aderência pasta-agregado, proporcionando alto desempenho quando o concreto estiver sendo submetido à abrasão (mecânica) e à erosão (hidráulica);
- **Maior resistência a agentes agressivos:** a adição de Silmix confere a concretos e argamassas uma baixíssima permeabilidade a íons e fluidos em geral, conferindo ao concreto e armadura alta durabilidade em ambientes de grande agressividade. Concretos e argamassas que contenham adição de Silmix apresentam melhores desempenhos em diversos fatores que estão relacionados com a durabilidade como absorvidade, penetração de íons cloreto em concretos, penetração de íons cloreto em argamassas e probabilidade de corrosão.

Absorvidade

Quanto maior a relação água/aglomerante e menor o teor de adição de sílica ativa, maior será a absorvidade.

Penetração de Íons Cloreto em Concretos

Quanto maior a relação água/aglomerante e menor o teor de adição de sílica ativa, maior será a penetração de íons cloreto em concretos e argamassas.

Probabilidade de Corrosão



Quanto maior a relação água/aglomerante e menor o teor de adição de sílica ativa, maior a probabilidade de corrosão.

Efeitos da Adição de Silmix

A adição de 5 a 12% de Silmix em relação ao peso do cimento altera profundamente as características do concreto, tanto no estado fresco quanto endurecido. Estas mudanças ocorrem devido à ação pozolânica e ao efeito de micro filler.

- **Ação pozolânica:** a sílica ativa reage com o hidróxido de cálcio, um cristal fraco e solúvel, formado no processo de hidratação do cimento, transformando-o em um cristal resistente classificado como cálcio hidratado.
- **Efeito de micro filler:** refinação dos poros do concreto e na redução dos espaços vazios. Isto acontece devido à elevada finura da sílica.



Uma das principais diferenças entre um concreto com Silmix é a minimização da exsudação e o aumento da coesão. Esta propriedade é decorrente do efeito de estabilização que ocorre, devido ao refinamento dos canais através do qual dá-se o fenômeno de exsudação e o aumento do número de pontos de contato sólido com sólido.

7.7. ANEXO 7 – FICHA TÉCNICA DO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Construção

Ficha do Produto
Edição 12/1/2015
Sika ViscoCrete® 80 HE

Sika ViscoCrete® 80 HE

Aditivo superplastificante de última geração para concreto de alto desempenho com alta resistência inicial e manutenção da trabalhabilidade prolongada.

Descrição do Produto	Sika ViscoCrete® 80 HE é um aditivo líquido de pega normal de terceira geração, para concreto de alto desempenho (CAD) e concreto auto-adensável (CAA). Proporcionando a estes concretos alta resistência inicial e manutenção da trabalhabilidade por mais tempo. Indicado para cimentos com baixo teor de adição, como CP II e CP V ARI. Atende aos requisitos da norma ABNT NBR 11.768/ 2011 nos tipos: ■ ABNT NBR 11.768/ 2011 tipo SP-I N, DR 0,3 a 0,65%; ■ ABNT NBR 11.768/ 2011 tipo SP-II N, DR 0,7 a 2,0%.
Usos	Sika ViscoCrete® 80 HE permite alta redução de água, mantendo uma excelente fluidez e ótima coesão por um período de tempo maior em relação a outros superplastificantes, permitindo a confecção de concretos com altíssima fluidez, auto-adensável e com baixas relações a/c. Sika ViscoCrete® 80 HE é utilizado para os seguintes tipos de concreto: ■ Concretos sujeitos ao transporte por tempo prolongado; ■ Concretos com elevada redução na água de amassamento; ■ Baixa relação água/ cimento (A/C); ■ Concretos de alto desempenho (CAD); ■ Concreto dosado em central; ■ Concretagem de peças esbeltas e densamente armadas; ■ Concreto bombeado.
Características/ Vantagens	Sika ViscoCrete® 80 HE atua por diferentes mecanismos, através dos efeitos de adsorção superficial e separação estérica nas partículas do cimento e no processo de hidratação. As seguintes propriedades são obtidas: ■ Concreto auto-compactante; ■ Aumento no tempo de trabalhabilidade do concreto; ■ Extremo poder redutor de água, resultando em altas resistências à compressão; ■ Excelente fluidez, resultando em grandes reduções nos custos de lançamento e adensamento do concreto; ■ Reduz retrações e fissuras no concreto; ■ Reduz a taxa de carbonatação do concreto; ■ Concreto fluido com mínimo fator a/c sem segregação e exsudação; ■ Melhora a aderência e a textura da superfície do concreto; ■ Aumenta o módulo de elasticidade; ■ Aumenta a impermeabilidade e a durabilidade do concreto; ■ Não contém claretes intencionalmente adicionados.



1
Sika ViscoCrete® 80 HE 1/3

Construção

Dados do Produto

Forma/ aspecto	Líquido
Cor	Castanho
Embalagem	Tambor de 200 litros, Granel e Container de 1000 litros.

Estocagem

Condições de estocagem / Validade	12 meses a partir da data de produção se estocado apropriadamente, nas embalagens originais e intactas, em temperaturas entre +5°C e +35°C. Protegido da luz direta do sol e do gelo.
-----------------------------------	---

Dados Técnicos

Composição básica	Solução de policarboxilato em meio aquoso
Densidade	1,08 ± 0,02 kg/ litro
pH	4,5 ± 1,0

Informação do Sistema

Detalhes da Aplicação	Sika ViscoCrete® 80 HE é adicionado na água de amassamento ou diretamente a mistura de concreto fresco. Nunca adicione Sika ViscoCrete® 80 HE com os componentes secos do concreto (cimento e agregados).
Influência da temperatura	Em temperaturas entre +5°C e +35°C, o produto não sofrerá nenhuma alteração físico-química a ponto de alterar o desempenho do produto.
Consumo / Dosagem	Dosagem recomendada: Como superplastificante de pega normal Tipo I (SP-I N), segundo a ABNT NBR 11.768/ 2011: 0,30 a 0,65% sobre o peso de aglomerantes (cimento e adições, se houver); Como superplastificante de pega retardada Tipo II (SP-II R), segundo a ABNT NBR 11.768/ 2011: 0,7 a 2,0% sobre o peso de aglomerantes (cimento e adições, se houver). A dosagem ótima deverá ser determinada através de ensaios experimentais com o traço e os materiais da obra, podendo a mesma está fora das faixas indicativas acima.
Efeitos em caso de superdosagem	Em casos de superdosagem o concreto poderá ter: forte exsudação, segregação e retardo excessivo, podendo levar ao não endurecimento do concreto ou a perda de resistência do mesmo.
Compatibilidade	Este aditivo é compatível com outros aditivos da linha Sika, para tanto, sugere-se entrar em contato com o Departamento Técnico Sika Brasil.
Armazenamento a granel e limpeza dos tanques	Para este tipo de estocagem seguir as recomendações da Sika no documento técnico: "Instruções de armazenamento a granel e limpeza dos tanques de aditivos e adições Sika". Este pode ser encontrado no site da Sika ou solicitado ao Departamento Técnico Sika Brasil.



Construção

Base dos Valores	Todos os dados técnicos aqui contidos são baseados em testes de laboratórios. Medidas de valores em condições reais podem variar devido a condições fora de nosso controle.
Informações de Segurança e Ecologia	Para maiores informações sobre manuseio, estocagem e disposição dos resíduos consulte a versão mais recente de nossa Ficha de Segurança do Material que contém os dados disponíveis, das propriedades físicas, de ecologia, de toxicidade, e outros dados de segurança pertinentes.
Nota Legal	As informações e em particular as recomendações relacionadas com a aplicação e utilização final dos produtos Sika, são fornecidas de boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais. Na prática, as diferenças no estado do material, das superfícies, e das condições de aplicação no campo, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um determinado fim em particular, nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal, poderão ser inferidas desta informação, ou de quaisquer recomendações por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceitas estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os usuários deverão sempre consultar as versões mais recentes das fichas técnicas dos respectivos produtos, que serão entregues sempre que solicitadas.



Sika Brasil
Av Dr Alberto Jackson Byington, 1525
Vila Menck – Osasco – SP
CEP: 06276-000
Brasil

Tel: +55 11 3687 4600
Fax: +55 11 3601 0288
e-mail :
consumidor.atendimento@br.sika.com
www.sika.com.br

Sika®