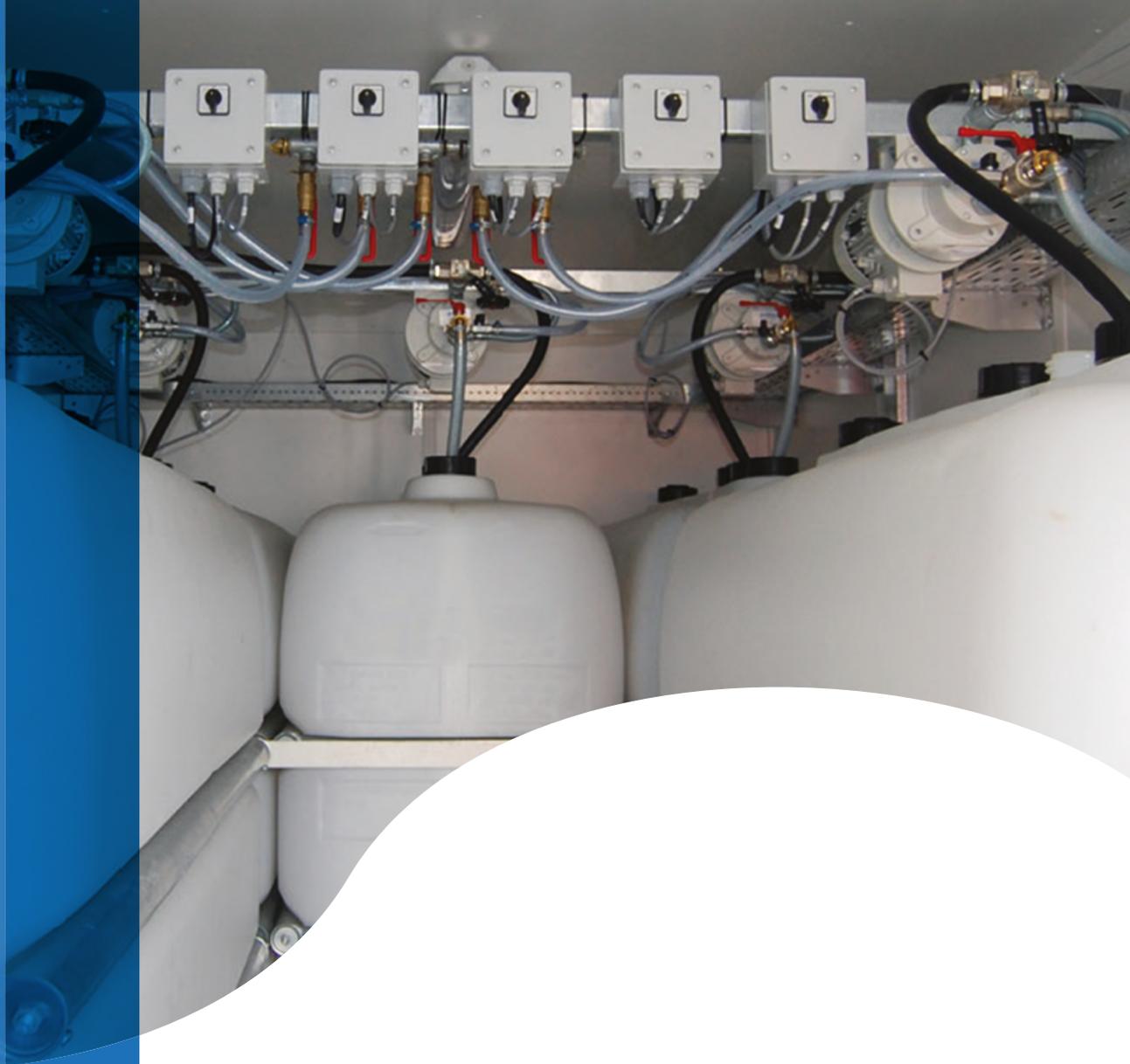


# Aditivos para Concreto



## Manual de utilização de aditivos químicos para concreto



Instituto de  
Impermeabilização

**INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

**MANUAL DE UTILIZAÇÃO DE  
ADITIVOS QUÍMICOS PARA CONCRETO**

Manual técnico desenvolvido pela Câmara de Aditivos,  
dirigida pelo Instituto Brasileiro de Impermeabilização.

**São Paulo**

**2ª edição**

**2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

**Manual de utilização de aditivos químicos para concreto [livro eletrônico] : aditivos para concreto. -- 2. ed. -- São Paulo : Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2021.**  
**PDF**

**Vários colaboradores.**  
**ISBN 978-65-995538-0-6**

**1. Aditivos químicos 2. Concreto 3. Engenharia.**

**21-73147**

**CDD-620**

**Índices para catálogo sistemático:**  
**1. Engenharia 620**

A 2ª edição do ‘Manual de Utilização de Aditivos Químicos para Concreto’ foi elaborada por uma equipe técnica designada pela **Câmara de Aditivos do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI)**. Sua proposta é disponibilizar informações técnicas sobre aditivos aos profissionais que os utilizam. Este manual não exime a obrigação do seguimento das recomendações das normas técnicas e legislações pertinentes. Recomenda-se a consulta a um profissional independente e habilitado para determinar se o material ou produto aqui descrito se encontra atualizado e/ou aplicável no momento de sua utilização.

Esta 2ª edição substitui o ‘Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central (2013)’ e o ‘Manual de aditivos para concreto: armazenamento e dosagem (2015)’, publicados pelo IBI.

## **Autores**

**Ana Paula Andrade** é Engenheira Química, Mestre em Polímeros e gerente de pesquisa e desenvolvimento na Aditibras.

**Daniel Vidal de Souza** é Bacharel e Licenciado em Química e diretor industrial na Aditibras.

**Eduardo Fernandes Soares de Moraes** é Bacharel em Química e especialista em tintas e coordenador técnico na Matchem.

**Gustavo Polidoro** é Bacharel em Engenharia Civil com MBA em Gestão Empresarial e Gerente de produtos na Viapol.

**Holger Schmidt** é Doutor em Engenharia Civil e gerente de produto na MC-Bauchemie.

**Igor Ferraz Torres** é Mestre em Engenharia de Materiais e gerente técnico nacional na Sika.

**José Eduardo Granato** é Bacharel em Engenharia Civil e consultor técnico na Viapol.

**Marcus Vinícius Gonçalves da Silva** é Bacharel e Licenciado em Química e diretor técnico e comercial na Aditibras.

**Maurício Luiz Grochoski Garcia** é Doutor em Engenharia Civil e consultor técnico na Master Builders Solutions.

**Regina Bannoki** é Bacharel em Engenharia Civil e representante técnico e comercial na Novakem.

**Valdir Volttani Junior** é Bacharel em Engenharia de Materiais e Líder Técnico na Matchem.

## **Colaboradores**

José Miguel Morgado - Diretor Executivo do IBI

Wilson Simões das Neves - Gestor Executivo do IBI

## **Editoração e Projeto Gráfico**

Fábio Foz - Head of Marketing MC-Bauchemie

Júlio César Barbosa Matsumoto - Assistente de Marketing MC-Bauchemie

## **Revisão**

A revisão técnica do manual foi realizada pelo **Prof. Dr. Renan Pícolo Salvador**, Coordenador do Mestrado Profissional em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu.

## Prefácio

Quando recebi a incumbência de elaborar o prefácio da segunda edição do Manual de Aditivos para Concreto do IBI, de imediato fui tomado por um forte receio, pois, conforme o significado de prefácio em latim “dito (fatio) antes (prae)” antecipar ao leitor o rico e detalhado teor técnico contido nesta obra é um grande desafio. Por ter participado das sessões técnicas onde colaboradores contribuíram ativamente para que as adequações se materializassem no conteúdo revisado, inclusive com a nova ABNT NBR 11768 (ABNT, 2019), lembrei-me das principais complexidades e discussões vivenciadas ao longo dos muitos encontros.

Com base nessa participação, não hesito em enfatizar o esforço do dedicado “Grupo Técnico da Câmara de Aditivos do IBI” debruçando-se por horas a fio sobre as potenciais demandas dos maiores consumidores de aditivos para concreto, detalhando sobre as melhores práticas e procedimentos capazes de adicionar, como o próprio nome sugere, ao concreto, importantes propriedades específicas e esperadas para determinadas estruturas. O Cimento em seu estado e traço natural não é suficiente na busca de determinados resultados esperados. Nesse sentido, o uso de aditivos redutores de água, tipo 1 ou tipo 2, incorporadores de ar, retardadores, aceleradores entre muitos outros tipos, promovem determinados comportamentos ao cimento que, isoladamente, não teria condições de atender.

Neste sentido, ousou em afirmar que diante das especificidades técnicas de cada tipo de aditivo, uma atenta leitura desse material de referência “adicionará” aos ávidos pelo conhecimento, um novo entendimento sobre o que de fato pode-se extrair além de um traço composto por cimento, areia, pedra e água. Na qualidade de Diretor Executivo do Instituto Brasileiro de Impermeabilização, desejo a todos que recorrerem a este acervo técnico com as melhores práticas para a utilização dos aditivos para concreto, uma boa e profícua leitura.

### José Miguel Morgado

Diretor Executivo do IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização



Instituto de  
Impermeabilização

## Testemunho ABCIC

Ao longo do tempo, os aditivos tiveram fundamental importância para o desenvolvimento sustentável da construção civil. Os benefícios decorrentes da sua utilização, não somente foram evidenciados no desempenho do concreto como material, mas trouxeram maior eficiência e produtividade aos processos de execução das estruturas. Um outro aspecto muito relevante a ser citado, diz respeito às questões ambientais, esfera em que promovem o uso racional dos materiais e também a redução da poluição sonora possibilitando o desenvolvimento de concretos como auto-adensável.

Em especial, na pré-fabricação, onde em função dos processos de produção industrial, se aplicam distintos concretos, os aditivos deverão cada vez mais assumir um papel fundamental a medida em que avança a introdução de novas tecnologias, como o uso do UHPC (*Ultra High Performance Concrete*). A competitividade do setor passa pelo desenvolvimento tecnológico do concreto, impactando em sua competitividade, face a evolução dos sistemas construtivos, critérios de desempenho e sustentabilidade.

Parabenizamos o IBI por esta iniciativa, no que diz respeito a missão das entidades em levar conhecimento ao mercado, apoiar a normalização e a capacitação da mão de obra tanto no plano intelectual como operacional.

**Íria Lícia Oliva Doniak - Presidente Executiva**

ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto



## Testemunho ABCP

Durante longo tempo, o concreto de cimento Portland - presença hegemônica nas obras da construção civil brasileira -, teve sua composição constituída tão somente por 4 insumos, quais sejam, cimento, areia, pedra e água. Porém, para ampliar ainda mais a variedade de aplicações e a facilidade em executá-las, seria necessário dispor de um insumo que trouxesse ao material, novas características e desempenhos ainda melhores, seja no seu estado fresco como endurecido. Daí surgiram os aditivos químicos que se tornaram, em curto espaço de tempo, o quinto elemento do concreto, permitindo a ele indescritível evolução, tanto, e principalmente, nas questões tecnológicas de trabalhabilidade (facilidade de manuseio), como nas questões de desempenho estrutural e de durabilidade frente a agentes agressivos. Hoje a gama de aditivos para concreto disponíveis no mercado mundial, e que se encontram no Brasil, é vasta, diferenciada e produzida por renomadas empresas nacionais e multinacionais, permitindo que destacados projetos arquitetônicos bem como desafiadoras soluções de engenharia sejam concebidas e se materializem para o bem-estar e qualidade de vida da população, ao mesmo tempo que possam ser apreciadas esteticamente. E para que o emprego desse 5º insumo que empresta características especiais ao concreto seja feito dentro dos mais rigorosos critérios de adequação às necessidades qualitativas e quantitativas, é condição sine qua non dispor de um manual como o aqui apresentado, que reúne o que há de mais atual do ponto de vista técnico e de utilização dos aditivos para concreto. Congratulo-me, em nome da indústria brasileira do cimento, com os idealizadores, promotores e apoiadores da iniciativa.

### Paulo Camillo Penna

Presidente da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

## Testemunho ABESC

A tecnologia de aditivos está presente em praticamente todos os concretos fornecidos por nossas associadas por motivos bem simples: o uso de aditivos químicos traz benefícios incontestes ao concreto dosado em central ao permitir a solução de vários problemas enfrentados pelas empresas, como, por exemplo, o risco de pega do concreto durante o transporte e a perda excessiva do abatimento durante o trajeto até a obra. Mas, para além disso, o uso de aditivos químicos também leva a ganhos adicionais de resistência, e favorece o emprego de concretos autoadensáveis. Levando-se em conta que a tecnologia de aditivos está em constante evolução, não chega a surpreender que o uso de aditivos também esteja em constante crescimento nos concretos fornecidos pelas concreteiras.

A ABESC parabeniza a iniciativa da Câmara de Aditivos do IBI pela publicação da 2ª edição atualizada do MANUAL DE UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS QUÍMICOS PARA CONCRETO. Trata-se de um material técnico que será referência para o adequado uso dos aditivos químicos. A disseminação desse conhecimento certamente se traduzirá em obras mais duráveis e, portanto, mais sustentáveis tanto no aspecto econômico quanto no aspecto ambiental, tão importante para nossa sociedade.

### Jairo Abud

Presidente da ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem



## Testemunho CBT

O desenvolvimento da tecnologia dos materiais tem sido ferramenta importante na otimização e segurança nas obras. Os aditivos, com sua ampla gama de características, contribuem muito para a qualidade e atendimento aos requisitos necessários de projeto.

Na construção subterrânea, são fundamentais para o concreto projetado, utilizado nos túneis convencionais, poços, valas e estações; também são muito importantes para os elementos pré-fabricados usados em túneis, como nas aduelas que formam os anéis dos túneis executados com TBM, além dos concretos moldados em obra, para diversas aplicações (estações, lajes de fundo, via permanente, paredes).

Dessa forma, a segunda edição do Manual de Utilização de aditivos químicos para concreto, fruto de ação cooperada entre os mais importantes fabricantes do setor, com auxílio dos profissionais da cadeia de utilização, é um importante guia para que os requerimentos sejam bem atendidos.

O Comitê Brasileiro de Túneis - CBT parabeniza a iniciativa e o esforço do Instituto de Impermeabilização na constante busca pelo aprimoramento no setor, auxiliando e muito nossa Infraestrutura, tão fundamental para o crescimento e desenvolvimento do Brasil.

### **Eloi Angelo Palma Filho**

Presidente do CBT - Comitê Brasileiro de Túneis - 2021/2022



## Testemunho IBRACON

A literatura técnica brasileira estava carente desta atualização. A grande revolução ocorrida na tecnologia dos concretos na década de 90 e que ainda se observa deve-se em grande parte à expressiva e contundente contribuição dos aditivos. Vencer as forças de atração intermoleculares e as tensões superficiais geradas pelos cimentos e adições cada dia mais finos só foi possível graças aos aditivos. Não se pode negar que houve grande evolução da tecnologia dos concretos com o advento dos HSC, HPC, UHPC, SCC e outros grandes protagonistas da era contemporânea. Foram fruto da evolução dos cimentos, do maior conhecimento e recursos de dosagem e de melhor distribuição granulométrica e grau de compactação, mas, com certeza os aditivos são os maiores responsáveis dessa profícua evolução. Parabéns aos autores, qualificados e de primeiro nível e congratulações ao IBI por mais essa grande contribuição ao meio técnico brasileiro.

**Paulo Helene - Diretor Presidente**

IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto



# Sumário

<b>1. Definição de aditivos químicos para concreto</b>	<b>13</b>
<b>2. Tipos de aditivos químicos para concreto</b>	<b>15</b>
2.1. Classificação dos aditivos	15
2.2. Cálculo da dosagem de aditivos	17
2.3. Principais características e propriedades dos aditivos	17
2.4. Ensaio de caracterização dos aditivos	24
<b>3. Seleção dos aditivos e sua eficiência no concreto</b>	<b>25</b>
3.1. Avaliação de desempenho de aditivos em concreto	28
3.2. Parâmetros da dosagem do concreto que influenciam o desempenho de aditivos	29
<b>4. Fatores operacionais que influenciam a qualidade do concreto com aditivos</b>	<b>30</b>
4.1. Equipamentos para dosagem do aditivo	30
4.2. Processo de adição e mistura dos aditivos no concreto	30
4.3. Qualidade dos equipamentos de mistura	31
4.4. Calibrações dos equipamentos	31
4.5. Inspeção e limpeza dos reservatórios e equipamentos de dosagem	32
<b>5. Fatores climáticos que influenciam o desempenho dos aditivos</b>	<b>33</b>
5.1. Concretagem em clima quente	33
5.2. Concretagem em clima frio	36
<b>6. Realização de pedidos de compra de aditivos</b>	<b>39</b>
6.1. Instruções para pedidos de compra de aditivos	39
6.2. Recomendações para recebimento	39
6.3. Recomendações para amostragem	40
6.4. Recomendações para o armazenamento de aditivos	41
<b>7. Segurança no manuseio de aditivos</b>	<b>44</b>
7.1. Descarte dos aditivos e da água de lavagem dos reservatórios e sistemas de dosagem	44
7.2. Vazamentos	44
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>45</b>
<b>Conselho Deliberativo do IBI</b>	<b>46</b>



# 1 Definição de aditivos químicos para concreto

Segundo a norma ABNT NBR 11768-1 (ABNT, 2019a), aditivos<sup>1</sup> são produtos químicos adicionados e misturados ao concreto, em quantidades geralmente não superiores a 5% da massa de ligante total<sup>2</sup>. Seu principal objetivo é modificar as propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, de forma a otimizar o desempenho da matriz. Aditivos aceleradores para concreto projetado e aditivos compensadores de retração podem ser utilizados em dosagens superiores a 5% em massa em determinadas aplicações.

Aditivos podem influenciar as reações de hidratação do cimento e promover aceleração ou retardo no tempo de pega, alterando a velocidade de desenvolvimento de resistência mecânica (GELARDI et al., 2016). Além disso, podem modificar o comportamento reológico de concretos no estado fresco, melhorando a sua trabalhabilidade e contribuindo para a redução da quantidade de água de amassamento (YAHIA; MANTELLATO; FLATT, 2016). Por fim, diversas manifestações patológicas de concretos podem ser minimizadas, visto que aditivos podem diminuir a fissuração por retração térmica e atenuar as consequências de ataque por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão da armadura (AÏTCIN, 2016).

O desenvolvimento de novas formulações de aditivos pode levar a desempenhos variados com diferentes tipos de cimento, embora todos os cimentos cumpram os requisitos das normas de caracterização. Termos como 'compatibilidade cimento/aditivo' e 'robustez da combinação cimento/aditivo' são comumente empregados para descrever tais comportamentos. Outros fatores que influenciam o desempenho dos aditivos são a dosagem no concreto, materiais constituintes do concreto, temperatura ambiente, energia de mistura e tempo de adição.

Considerando o enorme impacto ambiental gerado pela indústria da construção, o emprego de concretos com menor consumo de cimento e menor relação água/cimento é cada vez mais frequente. Com isso, a utilização de aditivos superplastificantes torna-se fundamental para garantir que o concreto apresente as propriedades do estado fresco adequadas. O uso de aditivos pode contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental causado pela construção de estruturas de concreto.

1 Para simplificação, o termo 'aditivo' será adotado para referenciar 'aditivos químicos para concreto' neste manual.

2 Ligante total compreende cimento Portland e adições minerais, definidos na ABNT NBR 16697 (ABNT, 2018a). A soma da massa desses materiais é considerada a massa de ligante total para determinar a dosagem de aditivos.

Em alguns casos, a redução da pegada de CO<sub>2</sub> pode ser superior à redução obtida pela substituição do cimento Portland por alguns materiais cimentícios suplementares ou filler.



## 2 Tipos de aditivos químicos para concreto

### 2.1. Classificação dos aditivos

A norma ABNT NBR 11768-1 (ABNT, 2019a) apresenta os requisitos para a especificação dos aditivos. A principais classificações são:

#### **Acelerador de pega (AP)**

Aditivo que promove a redução dos tempos de pega do concreto.

#### **Acelerador de pega para concreto projetado (APP)**

Aditivo que altera imediatamente o comportamento reológico do concreto projetado, promovendo aderência ao substrato. Posteriormente, acelera a hidratação do cimento, aumentando a resistência inicial<sup>3</sup>.

#### **Acelerador de resistência (AR)**

Aditivo que aumenta a taxa de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto, com ou sem modificação do tempo de início de pega.

#### **Aditivos para concreto vibroprensado (CVP)**

Grupo de aditivos que facilita o processo de vibroprensagem do concreto.

#### **Compensador de retração (CR)**

Aditivo que produz fases expansivas por reações com cimento e/ou água, compensando as tensões de retração do concreto.

#### **Controlador de hidratação (CH)<sup>4</sup>**

Aditivo que controla a hidratação do cimento.

#### **Incorporador de ar (IA)**

Aditivo que incorpora microbolhas de ar intencionalmente no concreto, durante a mistura.

3 A resistência mecânica inicial do concreto projetado depende da dosagem do acelerador e da energia de projeção.

4 Aditivos controladores de hidratação são conhecidos comercialmente por estabilizadores, inibidores, entre outros.

Tais microbolhas são uniformemente distribuídas, não interconectadas, de tamanho controlado, que mantêm sua estabilidade no concreto endurecido.

#### **Incorporador de ar para concreto leve (IA-L)**

Aditivo que incorpora microbolhas de ar intencionalmente no concreto, durante a mistura. Concretos produzidos com esse aditivo apresentam massa específica inferior a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

#### **Modificador de viscosidade - anti-segregante (MV-AS)**

Aditivo que reduz a segregação de concretos fluidos ou autoadensáveis, podendo ser empregados para produzir concretos para aplicação subaquática.

#### **Modificador de viscosidade - retentor de água (MV-RT)**

Aditivo que retém a água dentro do concreto, diminuindo o efeito de exsudação.

#### **Redutor de água tipo 1 (RA1)<sup>5</sup>**

Aditivo que proporciona redução no consumo de água de concretos, sem modificar sua consistência. Além disso, pode proporcionar aumento no abatimento e na fluidez do concreto, sem alterar o consumo de água. Aditivos redutores de água podem produzir esses dois efeitos simultaneamente.

#### **Redutor de água tipo 1/Acelerador (RA1-A)**

Aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água tipo 1 (função principal) e os efeitos de um aditivo acelerador de pega (função secundária).

#### **Redutor de água tipo 1/Retardador (RA1-R)**

Aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água tipo 1 (função principal) e os efeitos de um aditivo retardador de pega (função secundária).

#### **Redutor de água tipo 2 (RA2)<sup>6</sup>**

Aditivo que proporciona elevada redução no consumo de água de concretos, quando comparado com aditivos redutores de água tipo 1, sem modificar sua consistência. Além disso, pode proporcionar significativo aumento no abatimento e na fluidez do concreto, sem alterar o consumo de água. Aditivos redutores de água podem produzir esses dois efeitos simultaneamente.

#### **Redutor de água tipo 2/Acelerador (RA2-A)**

Aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água tipo 2 (função principal) e os efeitos de um aditivo acelerador de pega (função secundária).

#### **Redutor de água tipo 2/Retardador (RA2-R)**

Aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água tipo 2 (função principal) e os efeitos de um aditivo retardador de pega (função secundária).

#### **Redutor de absorção capilar (RAC)**

Aditivo que diminui a absorção capilar por efeito físico, quando a resistência à água sob pressão é limitada ou inexistente.

#### **Redutor de corrosão (RC)**

Aditivo que reduz a taxa de corrosão da armadura do concreto.

5 Aditivos redutores de água tipo 1 são conhecidos comercialmente por aditivos plastificantes, polifuncionais, multifuncionais, entre outros.

6 Aditivos redutores de água tipo 2 são conhecidos comercialmente como aditivos superplastificantes, hiperplastificantes, mid-ranges, entre outros.

**Redutor de permeabilidade (RP)**

Aditivo que diminui a permeabilidade capilar por efeito de cristalização, em que os compostos que bloqueiam os poros são suficientemente estáveis para resistir à penetração de água sob pressão.

**Redutor de retração (RR)**

Aditivo que possui como função principal a redução da retração por secagem e da retração autógena, pela diminuição da tensão superficial da água presente no concreto.

**Aditivos especiais**

Além dos aditivos classificados pela norma ABNT NBR 11768-1 (ABNT, 2019a), existem outros tipos de aditivos, denominados por 'aditivos especiais'. Exemplos desses aditivos são os redutores da reação álcali-agregado e os expansores.

**2.2. Cálculo da dosagem de aditivos**

A dosagem de um aditivo em concreto normalmente é calculada em termos de sua massa (em kg) sobre a massa de ligante total (em kg), conforme apresentado na Equação 1. O cálculo da dosagem também pode ser realizado por volume de aditivo (em L), conforme Equação 2. Nesse caso, é necessário conhecer a massa específica do aditivo (em kg/L, que é equivalente a g/cm<sup>3</sup> e a g/mL), que pode ser encontrada no laudo de análise disponibilizado pelo fabricante.

$$\text{Dosagem do aditivo (\%)} = \frac{\text{Massa do aditivo (kg)}}{\text{Massa de ligante total (kg)}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Dosagem do aditivo (\%)} = \frac{\text{Volume do Aditivo (L)} \times \text{Massa específica (kg/L)}}{\text{Massa de ligante total (kg)}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

**2.3. Principais características e propriedades dos aditivos**

As principais características dos aditivos estão descritas nos Quadros 1 a 12.

Quadro 1 - Características de aditivos aceleradores de pega.

Tipo de aditivo	Aditivo acelerador de pega (AP)
Efeitos principais	Promove redução nos tempos de pega do concreto.
Efeitos secundários	Reduz o tempo em aberto do concreto. Pode aumentar a resistência do concreto em idades iniciais e reduzir a resistência em idades avançadas. Pode ter efeito no aumento da porosidade do concreto.
Dosagem típica	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,50 a 2,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
Efeitos em caso de superdosagem	Forte aceleração do tempo de pega do concreto, podendo gerar falsa pega. Podem ocasionar prejuízos na compactação da matriz e forte queda de resistência em idades avançadas.

Quadro 2 - Características de aditivos aceleradores de pega para concreto projetado.

Tipo de aditivo	<b>Aditivo acelerador de pega para concreto projetado (APP)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Altera imediatamente o comportamento reológico do concreto projetado, promovendo aderência ao substrato. Posteriormente, acelera a hidratação do cimento, aumentando a resistência mecânica inicial. Esses efeitos dependem da base química do aditivo, que pode ser composta por sulfato de alumínio (acelerador isento de álcalis) ou aluminatos e silicatos de metais alcalinos (acelerador alcalino).
<b>Efeitos secundários</b>	Promove aumento de resistência nas idades iniciais, dependendo da dosagem do aditivo e da energia de projeção. Tendem a causar reduções na resistência à compressão em idades avançadas, quando comparado ao concreto produzido sem esse aditivo. Os aditivos compostos por silicatos e aluminatos tendem a causar maior redução de resistência mecânica em idades avançadas, em comparação aos aditivos compostos por sulfato de alumínio.
<b>Dosagem típica</b>	<p>A dosagem desses aditivos depende de sua base química. Aceleradores compostos por sulfato de alumínio são comumente empregados nas dosagens entre 5,0 e 8,0% sobre a massa de ligante total. Aceleradores compostos por aluminatos de metais alcalinos são utilizados em dosagens entre 2,0 e 5,0% sobre a massa de ligante total, enquanto a dosagem de aceleradores compostos por silicato de metais alcalinos varia entre 5,0 e 10% sobre a massa de ligante total.</p> <p>A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.</p>
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Forte aceleração do tempo de pega do concreto, podendo gerar falsa pega. Podem ocasionar prejuízos na compactação da matriz e forte queda de resistência em idades avançadas.

Quadro 3 - Características de aditivos aceleradores de resistência.

Tipo de aditivo	<b>Aditivo acelerador de resistência (AR)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Aumenta a taxa de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto, com ou sem modificação do início de pega. Aumenta a velocidade de desforma e movimentação da peça de concreto, podendo reduzir ou eliminar a necessidade de cura térmica.
<b>Efeitos secundários</b>	Pode alterar a consistência do concreto, dependendo de sua formulação e dosagem.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,50 a 5,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode alterar o tempo de pega do concreto, causando redução na resistência mecânica em idades avançadas.

Quadro 4 - Características de aditivos para concreto vibroprensado.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo para concreto vibroprensado (CVP)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Facilita o processo de vibroprensagem do concreto, melhorando a compacidade e o acabamento superficial do elemento.
<b>Efeitos secundários</b>	Reduz o desgaste dos equipamentos.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,20 a 1,5% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto e para determinar o teor de ar incorporado.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode reduzir o tempo de pega do concreto e piorar sua consistência. Pode ocorrer uma alta incorporação de ar na matriz, reduzindo a resistência mecânica em idades avançadas.

Quadro 5 - Características de aditivos compensadores de retração.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo compensador de retração (CR)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Produz fases expansivas (etringita ou hidróxido de cálcio) por reações com cimento e/ou água, compensando as tensões de retração do concreto. Contribui significativamente para reduzir a fissuração de elementos de concreto. Sua utilização não dispensa a cura adequada do concreto.
<b>Efeitos secundários</b>	Pode melhorar a consistência do concreto, diminuindo a exsudação. Pode contribuir para diminuir o tempo de pega do concreto, podendo acelerar a taxa de desenvolvimento de resistência em idades iniciais.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 2,5 a 15 kg por m <sup>3</sup> de concreto, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode dificultar as operações de acabamento (redução excessiva da exsudação). Pode promover forte efeito expansivo, com alta geração de calor. Pode diminuir a velocidade de ganho de resistências nas idades iniciais (até 2 - 3 dias), alterando as propriedades mecânicas do concreto endurecido. Pode aumentar o teor de ar incorporado do concreto.

Quadro 6 - Características de aditivos controladores de hidratação.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo controlador de hidratação (CH)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Proporciona a estabilização da hidratação do cimento por tempo determinado, prolongando a manutenção do abatimento e da consistência do concreto. Aumenta o tempo de transporte, lançamento e bombeamento e evita a formação de juntas frias em grandes volumes de concretagem. Permite o reaproveitamento do concreto (lastro ou sobra), evitando descartes.
<b>Efeitos secundários</b>	Aumento no abatimento do concreto.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem desse aditivo deve ser indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode causar retardo elevado nos tempos de pega, podendo levar a inutilização do concreto pela cessão da hidratação e conseqüentemente o não endurecimento.

Quadro 7 - Características de aditivos incorporadores de ar.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo incorporador de ar (IA)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Introduz microbolhas de ar no concreto, tornando-o menos permeável e mais resistente à ação de agentes agressivos. Pode corrigir a deficiência de finos em concretos com falhas na composição granulométrica e melhora o comportamento reológico de concretos com agregados angulares. O uso desse aditivo não substitui a utilização de agregados de boa qualidade.
<b>Efeitos secundários</b>	Aumenta trabalhabilidade, reduz exsudação e segregação. Pode reduzir as resistências mecânicas do concreto endurecido. Minimiza a fissuração frente a ciclos de gelo-degelo.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,05 a 2,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode reduzir as propriedades mecânicas do concreto.

Quadro 8 - Características de aditivos redutores de água tipo 1.

Tipo de aditivo	Aditivo redutor de água tipo 1 (RA1)
<b>Efeitos principais</b>	<p>Aditivo redutor de água tipo 1 (RA1): Proporciona redução no consumo de água de concretos, sem modificar sua consistência. Além disso, pode proporcionar aumento no abatimento e na fluidez do concreto, sem alterar o consumo de água. Aditivos redutores de água podem produzir esses dois efeitos simultaneamente.</p> <p><b>Efeito complementar</b> Além do efeito principal estes aditivos podem apresentar características de um aditivo acelerador, sendo denominado neste caso: Aditivo redutor de água tipo 1/Acelerador (RA1-A), ou de um aditivo retardador de pega, sendo denominado neste caso: Aditivo redutor de água tipo 1/Retardador (RA1-R).</p>
<b>Efeitos secundários</b>	<p>Aumenta as resistências mecânicas do concreto, especialmente quando proporciona uma redução na relação água/ligante total. Melhora o lançamento, adensamento e acabamento do concreto. Pode reduzir a ocorrência de retração e a consequente fissuração do concreto. Reduz a porosidade e consequentemente aumenta a durabilidade do concreto. Não dispensa a cura do concreto.</p>
<b>Dosagem típica</b>	<p>A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,30 a 1,5% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. Dentro desse intervalo, reduções de água superiores a 8% podem ser obtidas, quando comparado ao concreto sem aditivos. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.</p>
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	<p>Retardo nos tempos de pega, exsudação, segregação e incorporação de ar.</p>

Quadro 9 - Características de aditivos redutores de água tipo 2.

Tipo de aditivo	<b>Aditivo redutor de água tipo 2 (RA2)</b>
<b>Efeitos principais</b>	<p>Aditivo redutor de água tipo 2 (RA2): Proporciona elevada redução no consumo de água de concretos, quando comparado com aditivos redutores de água tipo 1, sem modificar sua consistência. Além disso, pode proporcionar significativo aumento no abatimento e na fluidez do concreto, sem alterar o consumo de água. Aditivos redutores de água podem produzir esses dois efeitos simultaneamente.</p> <p><b>Efeito complementar</b> Além do efeito principal estes aditivos podem apresentar características de um aditivo acelerador, sendo denominado neste caso: Aditivo redutor de água tipo 2/Acelerador (RA2-A), ou de um aditivo retardador de pega, sendo denominado neste caso: Aditivo redutor de água tipo 2/Retardador (RA2-R).</p>
<b>Efeitos secundários</b>	<p>Aumenta as resistências mecânicas do concreto, especialmente quando proporciona uma redução na relação água/ligante total. Melhora o lançamento, adensamento e acabamento do concreto. Pode reduzir a ocorrência de retração e a consequente fissuração do concreto. Reduz a porosidade e consequentemente aumenta a durabilidade do concreto. Não dispensa a cura do concreto.</p> <p><b>Nota:</b> Existem produtos que, em função da sua formulação, podem proporcionar efeitos combinados como aumento do tempo de manutenção da trabalhabilidade, aumento das resistências iniciais, etc.</p>
<b>Dosagem típica</b>	<p>A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,05 a 2,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. Dentro desse intervalo, reduções de água superiores a 15% podem ser obtidas, quando comparado ao concreto sem aditivos. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.</p>
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	<p>Retardo nos tempos de pega, exsudação, segregação e incorporação de ar.</p>

Quadro 10 - Características de aditivos modificadores de viscosidade.

Tipo de aditivo	<b>Aditivo modificador de viscosidade (MV-AS e MV-RT)</b>
<b>Efeitos principais</b>	<p>Reduz a exsudação e a segregação nos concretos fluidos e autoadensáveis. Podem ser empregados para produzir concretos para aplicação subaquática.</p>
<b>Efeitos secundários</b>	<p>Melhora o comportamento reológico de concretos com agregados angulares e/ou curvas granulométricas com deficiência de finos, otimizando a bombeabilidade. Podem contribuir também para o aumento no tempo de pega e no teor de ar incorporado.</p>
<b>Dosagem típica</b>	<p>A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,10 a 2,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto e para determinar o teor de ar incorporado.</p>
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	<p>Pode aumentar a viscosidade do concreto afetando a sua trabalhabilidade, demandando ajuste da trabalhabilidade com adição de água ou com outros aditivos. O ajuste com água pode reduzir significativamente a resistência mecânica do concreto em idades avançadas.</p>

Quadro 11 - Características de aditivos redutores de permeabilidade.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo redutor de permeabilidade (RP)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Diminui a permeabilidade capilar do concreto pela precipitação de compostos nos poros da matriz. Os compostos formados são suficientemente estáveis para resistir à penetração de água sob pressão.
<b>Efeitos secundários</b>	Altera a consistência do concreto e pode aumentar as resistências mecânicas em idades avançadas. Dependendo do tipo de aditivo utilizado, pode ocorrer a autocatrização do concreto, na qual fissuras estáticas são preenchidas pelos compostos formados pelo aditivo.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,50 a 3,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto e para determinar o teor de ar incorporado.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode modificar a trabalhabilidade e o tempo de pega do concreto.

Quadro 12 - Características de aditivos redutores de retração.

<b>Tipo de aditivo</b>	<b>Aditivo redutor de retração (RR)</b>
<b>Efeitos principais</b>	Reduz a retração por secagem do concreto, pela diminuição da tensão superficial da água de amassamento. Contribui significativamente para reduzir a fissuração de elementos de concreto com elevada área superficial, como pisos e pavimentos. Sua utilização não dispensa a cura adequada do concreto.
<b>Efeitos secundários</b>	Reduz a fissuração e empenamento de elementos de concreto.
<b>Dosagem típica</b>	A dosagem usual desses aditivos pode variar de 0,50 a 2,0% sobre a massa de ligante total, devendo-se observar a dosagem indicada pelo fabricante. A variação da temperatura pode influenciar a dosagem recomendada do produto. A realização de ensaios prévios é recomendada, sobretudo quando houver mudança de qualquer lote e/ou material constituinte do concreto.
<b>Efeitos em caso de superdosagem</b>	Pode influenciar no teor ar incorporado e promover aumento no tempo de pega do concreto, ocasionando reduções na velocidade de desenvolvimento de resistência mecânica em idades iniciais.

## 2.4. Ensaios de caracterização dos aditivos

A uniformidade na composição dos aditivos desempenha um importante papel na minimização de variações na produção de concreto e nas suas propriedades mecânicas. Quando um aditivo é produzido, as características e propriedades físico-químicas principais de cada lote são verificadas por ensaios específicos definidos na norma ABNT NBR 11768-3 (ABNT, 2019b). Tais ensaios são de suma importância para a garantia da qualidade dos produtos, mantendo o padrão e a uniformidade entre diferentes lotes e o atendimento às suas especificações. Além dos ensaios descritos no Quadro 13, a verificação da uniformidade dos aditivos pode ser analisada, de maneira optativa, pela espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy - FTIR).

**Quadro 13** - Ensaios realizados para caracterização dos aditivos, conforme ABNT NBR 11768-1 (ABNT, 2019b)

Propriedade	Método de ensaio	Requisitos*
Homogeneidade	Exame visual	Homogêneo no momento de sua utilização, não apresentando separação ou sedimentação**
Cor	Exame visual	Uniforme e similar à descrição informada pelo fabricante
pH	ABNT NBR 11768-3 (2019b)	Valor declarado pelo fabricante, com tolerância de $\pm 1$
Teor de sólidos	ABNT NBR 11768-3 (2019b)	Valor declarado pelo fabricante com tolerância de $\pm 2 \%$
Massa específica (para aditivos líquidos)	ABNT NBR 11768-3 (2019b)	Valor declarado pelo fabricante com tolerância de $\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$
Concentração de cloretos (Cl <sup>-</sup> ) solúveis em água	ABNT NBR 11768-3 (2019b)	Menor ou igual ao valor declarado pelo fabricante***

\*O valor declarado pelo fabricante deve ser informado por escrito. As tolerâncias apresentadas neste quadro se referem aos valores absolutos.  
 \*\* Os critérios de armazenagem e agitação devem seguir a recomendação do fabricante.  
 \*\*\* Teor de cloretos menor ou igual a 0,15 %, em massa, corresponde a aditivo isento de íons cloretos. O uso de aditivos não isentos de cloretos deve ser avaliado pela massa total de cloretos solúveis no concreto, conforme a ABNT NBR 12655 (ABNT,2015).



### 3 Seleção dos aditivos e sua eficiência no concreto

Quando empregados adequadamente, os aditivos promovem uma melhora significativa no desempenho de concretos. Diversas propriedades do concreto no estado fresco podem ser alteradas, como a trabalhabilidade/abatimento, a manutenção do abatimento, a velocidade de hidratação, os tempos de início e fim de pega e o teor de ar incorporado. Além disso, aditivos podem contribuir para melhorar as propriedades de concreto no estado endurecido, como a resistência mecânica e a durabilidade frente a agentes agressivos.

A interação dos aditivos com o cimento é o princípio fundamental que governa a eficiência do aditivo. Em menor extensão, os demais materiais do concreto também podem influenciar o desempenho do aditivo. Portanto, para a seleção de aditivos compatíveis com o concreto para determinada aplicação, os seguintes fatores devem ser controlados:

- Tipo, características e propriedades do cimento, conforme ABNT NBR 16697 (ABNT, 2018a), além do seu fabricante, lote, local de fabricação e consumo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) no concreto.
- Tipo, características e propriedades das adições, além do seu fabricante, lote, local de fabricação e consumo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) no concreto.
- Qualidade da água de amassamento, conforme ABNT NBR 15900-1 (ABNT, 2009a), além de seu consumo ( $\text{L}/\text{m}^3$ ) no concreto.
- Tipo dos agregados (natural ou artificial), granulometria, forma, proporção, absorção de água e presença de materiais contaminantes, conforme ABNT NBR 7211 (ABNT, 2009b).
- Temperatura dos materiais componentes do concreto antes da mistura.
- Presença combinada de outros aditivos.
- Tempo, sequência e eficiência de mistura do concreto.
- Temperatura do concreto após a mistura.

- Consistência inicial do concreto sem aditivo.
- Temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

Testes comparativos entre aditivos devem ser realizados, partindo das mesmas condições de ensaio, conforme ABNT NBR 11768-2 (ABNT, 2019c). No caso dos redutores de água, tais testes podem ser realizados fixando-se a relação água/ligante para avaliar a sua influência na consistência do concreto fresco. Outra possibilidade é fixar a consistência inicial desejada, variando o consumo de água de amassamento.

Recomenda-se avaliar o comportamento dos aditivos em laboratório para depois realizar ensaios em campo, principalmente quando forem utilizados dois ou mais aditivos ou forem incorporadas fibras ao concreto. Os ensaios de laboratório têm a função de definir a dosagem crítica e a dosagem de saturação dos aditivos, que representam a dosagem mínima que o aditivo apresenta efeito no concreto e a dosagem máxima para que não ocorram efeitos indesejados, respectivamente. Esses valores podem ser determinados em pasta de cimento pelo ensaio com o funil de Marsh (ABNT, 2013) ou pelo ensaio de mini abatimento de Kantro (KANTRO, 1980), associados à calorimetria isotérmica (WADSÖ et al., 2016). A dosagem ótima dos aditivos para atender determinada especificação encontra-se no intervalo entre a dosagem crítica e a dosagem de saturação.

O Quadro 14 apresenta os parâmetros para as misturas de concreto recomendadas para realização de ensaios com diferentes aditivos (ABNT, 2019c). Recomenda-se que todos os concretos sejam produzidos com conteúdo de cimento superior a 350 kg/m<sup>3</sup>, com agregados com dimensão máxima característica de 19,5 mm e teor de argamassa seca entre 49 e 55%, de acordo com a aplicação desejada. Outros teores de argamassa podem ser utilizados caso sejam necessários ajustes no traço para obtenção de coesão ótima.

**Quadro 14** - Parâmetros para produção de concretos destinados aos ensaios com aditivos (ABNT, 2019c).

Aditivo	Relação a/c	Abatimento inicial (mm)
Redutor de água tipo 1 (RA 1, RA1-A, RA1-R)	0,40; 0,50; 0,60	80 - 100
Redutor de água tipo 2 (RA2, RA2-A, RA2-R)	0,40; 0,50; 0,60	140 - 160
Redutor de água tipo 2 * (RA2, RA2-A, RA2-R)	0,50	40 - 50
Controlador de hidratação (CH)	0,50	80 - 100
Acelerador de pega (AP)**	0,50	80 - 100
Acelerador de resistência (AR)	0,50	80 - 100
Compensador de retração (CR)	0,50	80 - 100
Redutor de retração (RR)	0,50	80 - 100
Incorporador de ar (IA)	0,40; 0,50; 0,60	80 - 100
Modificador de viscosidade Retentor de água (MV-RT)	0,60	140 - 160
Redutor de permeabilidade (RP)	0,60	80 - 100

\*Quando o aditivo redutor de água tipo 2 for utilizado em concretos especiais, e desde que não existam especificações prévias, a avaliação de desempenho pode ser realizada adotando a relação água/ligante igual a 0,50 e abatimento inicial de 50 mm. Recomenda-se que o aditivo seja empregado em dosagem adequada para que o abatimento final seja superior a 160 mm.

\*\* Aditivos aceleradores para concreto projetado devem ser ensaiados em campo, com dosagem de concreto adequada para a aplicação.

Para os aditivos RA1, RA2 e IA, recomenda-se produzir concretos com três relações água/ligante distintas (0,40, 0,50 e 0,60), fixando-se o abatimento requerido. Dessa forma, a eficiência do aditivo pode ser avaliada. A estratégia para análise do aditivo está apresentada subseqüentemente.

1. O traço especificado com relação água/ligante total igual a 0,50 deve ser produzido com 100% da água de amassamento e sem aditivo redutor de água. O abatimento desse concreto deve ser determinado conforme a ABNT NBR 16889 (ABNT, 2020a). O valor obtido deve ser adotado para todos os ensaios subseqüentes.
2. Preparar nova mistura de concreto utilizando o traço obtido no passo 1, utilizando entre 70 e 80% do consumo de água pré-estabelecido. Adicionar o aditivo conforme dosagem previamente definida. Então, adicionar a água até que o abatimento especificado na primeira etapa seja alcançado. Na primeira tentativa, recomenda-se utilizar a dosagem de aditivo indicada pelo fabricante.
3. Preparar nova mistura de concreto, corrigindo o consumo de cimento em função da quantidade de água determinada na etapa 2. O consumo de agregados também deve ser corrigido, considerando o traço para 1m<sup>3</sup> de concreto. O teor de argamassa seca do traço não deve ser alterado.
4. Produzir concretos com as relações água/ligante total de 0,40 e 0,60, mantendo-se fixa a relação água/materiais secos (fator H) do traço. O aditivo deve ser dosado para atingir o abatimento especificado na etapa 1.
5. Para cada dosagem de aditivo, a manutenção da trabalhabilidade e a perda de abatimento ao longo do tempo devem ser verificadas seguindo os procedimentos da norma ABNT NBR 10342 (ABNT, 2012).
6. Moldar corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura para determinação da resistência à compressão nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias, segundo a norma ABNT NBR 5739 (ABNT, 2018b). Para aditivos RA1-R e RA2-R, é possível que os corpos de prova não possam ser ensaiados na idade de 1 dia, devido ao efeito retardador do aditivo.
7. Repetir os passos 2 a 6 para cada aditivo e dosagem avaliada.

A caracterização das propriedades do concreto com aditivos é fundamental para definir o melhor aditivo e dosagem adequada para determinada aplicação. Devem ser determinadas a redução de água do traço, a consistência pelo abatimento de tronco de cone, a manutenção da trabalhabilidade e as resistências em idades iniciais e avançadas. Além disso, outros ensaios podem ser realizados para a análise do desempenho do aditivo, como:

- Determinação do teor de ar incorporado pelo método pressométrico, conforme ABNT NBR 16887 (ABNT, 2020b).
- Consistência, coesão e resistência à segregação, conforme ABNT NBR 16889 (ABNT, 2020a).
- Determinação dos tempos de início e fim de pega, conforme ABNT NBR 16607 (ABNT, 2018c) e/ou ABNT NBR NM 9 (ABNT, 2003).
- Exsudação, conforme ABNT NBR 15558 (ABNT, 2008).
- Outras determinações de propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade (ABNT, 2017).

### 3.1. Avaliação de desempenho de aditivos em concreto

Para a caracterização completa do desempenho de aditivos em concreto, os ensaios apresentados no Quadro 15 são recomendados na norma ABNT NBR 11768-2 (ABNT, 2019c). Além dos testes prévios de laboratório, é de grande importância a realização de testes de campo para confirmação das propriedades requeridas, como trabalhabilidade, bombeabilidade, adensamento e acabamento. O uso dos aditivos promove uma melhora na qualidade do concreto, mas não é capaz de compensar as variações dos materiais, dosagem ineficiente dos componentes do concreto e procedimentos de execução inadequados. Portanto, é crucial saber que nenhum aditivo, em qualquer quantidade, deve ser considerado um substituto para as boas práticas de produção do concreto.

Quadro 15 - Ensaios para avaliação de desempenho de aditivos em concreto.

Ensaio de desempenho	Norma de ensaio	APP	AP, AR	AI	CH	CR, RR	MV-RT	MV-AS	RA 1, RA1-A, RA1-R, RA2, RA2-A, RA2-R	RP
Redução de água (%)	ABNT NBR 12821 (2009c)								√	
Abatimento (mm)	ABNT NBR 16889 (2020a)								√	
Perda de abatimento* (%)	ABNT NBR 10342 (2012)								√	
Teor de ar no concreto fresco (%)	ABNT NBR 16887 (2020b)		√	√	√	√	√	√	√	√
Índice de multiplicação para resistência à compressão aos 7 dias e aos 28 dias**	ABNT NBR 5739 (2018b)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Índice de multiplicação para retração aos 28 dias e aos 56 dias**	ASTM C 157 (2017)					√				
Impacto de abatimento (%)	ABNT NBR 10342 (2012)					√				√
Início de pega (min)	ABNT NBR NM 9 (2003), ABNT NBR 11768-2 (2019c), ABNT NBR 16607 (2018c)	√				√			√	
Fim de pega (min)	ABNT NBR NM 9 (2003), ABNT NBR 11768-2 (2019c), ABNT NBR 16607 (2018c)	√				√			√	
Abatimento após 24 h (mm)	ABNT NBR 10342 (2012)				√					
Fator de espaçamento (mm)	UNE EN 480-11 (2006)			√						
Desvio relativo da exsudação (%)	ABNT NBR 15558 (2008)						√			
Desvio relativo da permeabilidade (%)	ABNT NBR 10787 (2011)									√

\* A avaliação da perda de abatimento realizada em laboratório tem caráter apenas orientativo, pois pode diferir dos valores de campo (perda de abatimento efetiva), devido a diversos fatores, como volume de material submetido ao ensaio, taxa de evaporação de água, tipo do misturador, velocidade e energia de mistura, entre outros.

\*\* O Índice de Multiplicação (IM) pode ser avaliado para outras idades de acordo com as especificações do usuário.

### 3.2. Parâmetros da dosagem do concreto que influenciam o desempenho de aditivos

Quando se utilizam aditivos em concreto, podem ocorrer problemas de incompatibilidade com determinados lotes e/ou entregas dos materiais, mesmo que os aditivos estejam perfeitamente dentro das especificações. Estes problemas de incompatibilidade dependem das interações que acontecem entre os aditivos e os materiais que compõem o concreto, com destaque para cimento, adições e agregado miúdo. Consequentemente, podem ocorrer diversos problemas no concreto no estado fresco, como aumento da demanda de água de amassamento, perda rápida de trabalhabilidade, aceleração ou retardo de pega, incorporação excessiva de ar, segregação e retardo no desenvolvimento de resistência mecânica.

O Quadro 16 apresenta alguns possíveis problemas no concreto em estado fresco e suas possíveis causas. É importante que se retenham amostras de lotes de aditivos, cimento e adições por um determinado período, a fim de se detectar a causa de problemas quando forem observadas incompatibilidades. Recomenda-se a retenção de amostras de 20 kg de cimentos e adições e de 500 mL de aditivos.

Quadro 16 - Possíveis problemas no concreto em estado fresco devido à incompatibilidade de materiais.

Variável	Menor redução de água que o esperado	Perda acelerada de abatimento	Redução no tempo de pega	Aumento no tempo de pega	Incorporação de ar excessiva	Segregação
Varição na composição do cimento e/ou adições	√	√	√	√	√	
Aumento da finura do cimento e/ou adições	√	√	√			
Redução da finura do cimento e/ou adições				√	√	√
Varição nas características dos agregados	√	√			√	√
Varição na proporção dos agregados	√	√			√	√
Materiais com temperaturas elevadas	√	√	√			
Aumento da temperatura ambiente	√	√	√			
Diminuição da temperatura ambiente				√		
Dosagem de aditivo insuficiente	√	√	√			
Dosagem de aditivo em excesso				√	√	√

# 4 Fatores operacionais que influenciam a qualidade do concreto com aditivos

## 4.1. Equipamentos para dosagem do aditivo

Existem diversos sistemas para dosagem de líquidos disponíveis no mercado. Sua escolha deve ser feita de acordo com os aditivos que serão utilizados. O Quadro 17 apresenta algumas recomendações a respeito do sistema de dosagem de aditivos.

Quadro 17 - Recomendações sobre sistemas de dosagem de aditivos.

Item	Recomendação	Observações
<b>Quantidade de dosadores</b>	Para cada aditivo é necessário planejar um dosador	Não é recomendável utilizar o mesmo dosador para dois ou mais aditivos
<b>Capacidade dos dosadores e balanças</b>	Dimensionar os dosadores e balanças de acordo com a necessidade, de forma que sejam compatíveis entre si	Os aditivos podem apresentar dosagens bastante variadas
<b>Material dos conjuntos de mangueiras, tubos e conexões</b>	Utilizar somente conjuntos de mangueiras e tubos que resistam quimicamente aos aditivos	Verificar a resistência química dos equipamentos com o fabricante
<b>Bombas de dosagem</b>	Recomenda-se a utilização de bombas mecânicas	A viscosidade de alguns aditivos pode variar de acordo com a temperatura e composição
<b>Esvaziamento dos dosadores / balanças</b>	Recomenda-se esvaziar o dosador por bombeamento e não por gravidade	

## 4.2. Processo de adição e mistura dos aditivos no concreto

Aditivos atuam principalmente na interface cimento/água. Portanto, é fundamental que os aditivos sejam adicionados após a completa homogeneização do cimento, adições, agregados e água. A adição

dos aditivos líquidos aos materiais secos influencia negativamente seu desempenho, podendo acarretar prejuízos técnicos e econômicos. Os aditivos sólidos podem ser misturados aos materiais secos.

Os aditivos podem ser adicionados na central dosadora de concreto, como aditivos redutores de água tipo 1. Outros aditivos, como aditivos redutores de água tipo 2, são comumente adicionados ao concreto no momento de sua utilização. Neste caso, recomenda-se o uso de dosadores ou baldes graduados associados a um aparato capaz de dispensar o aditivo no fundo do balão do caminhão betoneira, como apresentado na Figura 1, e não nas facas próximas à boca do balão. Esse aparato consiste em um tubo de PVC de 2,50 m de comprimento e 100 mm de diâmetro, acoplado a um cotovelo de 45° em uma de suas extremidades. A adição deve ser feita com cuidado para evitar perdas durante a operação.

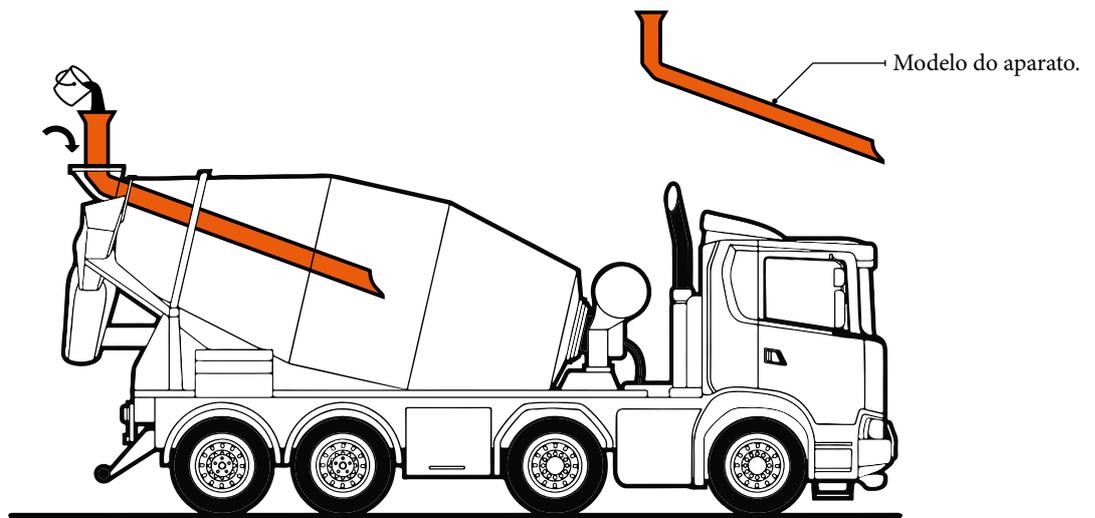


Figura 1 - Aparato para adição dos aditivos no fundo do balão do caminhão betoneira.

Quando forem utilizados dois ou mais aditivos, recomenda-se que sua adição seja feita separadamente, seguindo a sequência de dosagem determinada em ensaios de laboratório. Após a adição do aditivo, o concreto deve ser homogeneizado por, no mínimo, 8 min com velocidade de rotação entre 14 e 16 rpm. A homogeneização pode ser realizada seguindo outros procedimentos, conforme indicações do fabricante.

#### 4.3. Qualidade dos equipamentos de mistura

Alguns cuidados especiais devem ser tomados em relação às facas dos caminhões-betoneira e pás/braços dos misturadores, cujo estado de conservação deve ser verificado rotineiramente. Estes elementos possuem um importante papel na qualidade do concreto, e caso estejam desgastados, sujos ou com excesso de concreto endurecido aderido, sua eficiência de mistura é diminuída. Com isso, concretos produzidos nesses equipamentos não serão bem homogeneizados, podendo acarretar problemas em suas propriedades do estado fresco e endurecido.

#### 4.4. Calibrações dos equipamentos

Os hidrômetros dos caminhões-betoneira e o dosador de água da central devem ser periodicamente calibrados. Hidrômetros fora de calibração podem acabar dosando uma maior ou menor quantidade de água, comprometendo a qualidade do concreto. A recomendação também é válida para as balanças e os dosadores de aditivos.

#### 4.5. Inspeção e limpeza dos reservatórios e equipamentos de dosagem

A inspeção dos reservatórios para armazenamento e equipamentos de dosagem de aditivos é indispensável para garantir seu correto funcionamento. Recomenda-se uma inspeção diária para verificar se existem vazamentos, se as tampas de acesso estão fechadas e se o respiro está em conformidade para evitar a entrada de contaminantes. Eventual sedimentação decorrente da classe e da composição dos aditivos pode ser normal. Entretanto, caso seja constatada sua presença, deve-se proceder com sua retirada.

Além disso, é importante realizar uma inspeção geral no reservatório antes de recebimentos de novos lotes de aditivo, para verificar a estabilidade e integridade do reservatório antes do novo carregamento. Por fim, recomenda-se uma inspeção semestral no reservatório vazio, para verificar se existem resíduos, material aderido nas paredes, sedimentos e infestação biológica. É de extrema importância documentar a condição dos reservatórios para acompanhamento.

Independentemente do observado na inspeção, os reservatórios de aditivos devem ser limpos semestralmente, no mínimo. A limpeza geral do reservatório vazio consiste em sua lavagem com água pressurizada para remoção de materiais aderidos nas paredes internas, seguido do enxágue com água em abundância para remoção total dos sedimentos. Após a limpeza do reservatório, verificar seu estado de conservação, analisando se existem manchas, fissuras, regiões corroídas e falhas na soldagem do tanque. Para finalizar, deve ser aplicado um biocida recomendado pelo fornecedor de aditivos nas paredes internas do reservatório, para evitar a formação de biofilme.

A limpeza geral deve ser feita imediatamente se forem constatadas sedimentações fortes e acúmulo de materiais aderidos nas paredes. Além disso, essa limpeza é recomendada quando houver a alteração do produto que será armazenado ou do fornecedor do aditivo. Em caso de uma alteração de produto sem mudança de fornecedor, e caso o reservatório esteja em condições adequadas de uso, a limpeza intensa pode ser dispensada. Neste caso, a compatibilidade dos novos produtos com os antigos deve ser analisada, pela consulta com o fornecedor dos produtos.

Se for constatada infestação biológica, o reservatório deve ser limpo imediatamente. A limpeza geral deve ser realizada, seguindo com a sua desinfecção com produtos específicos recomendados pelos fabricantes. Essa desinfecção tem a função de evitar uma nova contaminação dos tanques, instalações e equipamentos de dosagem. Após a limpeza e desinfecção, um novo lote de aditivo deve ser utilizado.

Os equipamentos de dosagem devem ser inspecionados, limpos e direcionados para manutenção semestralmente. As bombas e o conjunto de dosagem devem ser examinados para checar sua funcionalidade, o sequenciamento adequado de acordo com o sistema de automação e a condição das mangueiras e tubos. As balanças de aditivos e os dosadores cilíndricos devem ser inspecionados para avaliar sua funcionalidade, limpeza e controle do tempo de dosagem de acordo com o sistema de automação.

# 5 Fatores climáticos que influenciam o desempenho dos aditivos

O concreto endurecido apresenta boa resistência às intempéries. No entanto, durante a fase plástica e nas idades iniciais, o concreto tem suas características e propriedades fortemente alteradas por condições climáticas adversas, nas quais o frio, o calor, o vento e a umidade do ar podem produzir efeitos indesejáveis. Podem ocorrer alterações de tempo de pega, trabalhabilidade, evolução da resistência superficial e taxa de evaporação de água, além do aumento do potencial de fissuração por retração plástica e por secagem.

Problemas em concretagens devido às condições adversas de clima podem ocorrer em qualquer estação do ano. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados no verão, devido à elevadas temperaturas, e no inverno, pelas baixas temperaturas. Além disso, variações de umidade relativa do ar, gradiente térmico no mesmo dia e intensidade do vento são fatores importantes que devem ser considerados, de acordo com as condições climáticas de cada região do país.

Recomenda-se que a construtora, o fornecedor de concreto e o projetista se reúnam para definir claramente os termos e condições para a concretagem. É importante estar ciente que o desempenho esperado para um aditivo pode ser mascarado por variações climáticas. Em outras palavras, o efeito desejado pode ser alterado não por falta de eficiência do aditivo, e sim por variações de temperatura, umidade e vento, que interferem significativamente nas características e propriedades do concreto no estado fresco. Entretanto, existem medidas que podem ser adotadas para o controle dos efeitos indesejáveis, além da utilização de aditivos mais adequados a estas situações, que estão descritas nos itens 5.1 e 5.2.

## 5.1. Concretagem em clima quente

Problemas causados por concretagem em dias com alta temperatura podem ocorrer em qualquer época do ano em climas tropicais e secos, mas geralmente são intensificados durante o verão. O concreto pode ser aplicado normalmente em climas quentes quando são tomadas algumas medidas de precaução com relação à dosagem, produção, transporte, lançamento, adensamento e cura. Como parte destas precauções, ações devem ser tomadas para idealmente tentar controlar a temperatura do concreto fresco dentro de valores aceitáveis entre 5 e 32 °C.

Os três principais fatores que influenciam a concretagem em tempo quente são:

- Meio externo, com ênfase à insolação, ao calor, ao vento e à umidade relativa do ar, além do tempo de transporte da usina até o local lançamento.
- Materiais constituintes do concreto, como o tipo e a finura do cimento, a temperatura dos materiais, e adições e aditivos que influenciem o tempo de pega do concreto e a redução do consumo de água.
- Dimensões do elemento a ser concretado, como seu volume e sua área superficial, além de como esse elemento estará exposto ao ambiente externo.

### **Efeitos no estado plástico**

A concretagem em clima quente pode gerar diversos problemas ao concreto no estado plástico, que podem acarretar efeitos adversos sobre as suas propriedades e vida útil. Os principais problemas encontrados são:

- Aumento na demanda do aditivo para o desempenho desejado.
- Piora na trabalhabilidade, com perda de abatimento mais rápida.
- Redução dos tempos de início e fim de pega.
- Dificuldades de lançamento, retrabalho, adensamento e acabamento do concreto.
- Aumento da tendência à retração plástica e da possibilidade de ocorrência de fissuras.
- Necessidade de antecipação da etapa da cura.

Com as altas temperaturas, é possível que o concreto demande maior consumo de água que o especificado para manter a consistência adequada de trabalho. Adições de água ao caminhão betoneira para melhorar a trabalhabilidade devem ser evitadas, para que não se altere a relação água/ligante do traço. É recomendado que a consistência do concreto seja controlada pela dosagem do aditivo, seguindo os resultados obtidos em ensaios de campo prévios e as recomendações do fabricante.

### **Efeitos no estado endurecido**

A concretagem em clima quente também pode acarretar problemas ao concreto no estado endurecido. Os principais problemas que podem ser potencializados são:

- Maior tendência à retração por secagem e fissuração.
- Redução da resistência mecânica e módulo de elasticidade, devido ao aumento da demanda de água de amassamento.
- Aumento da permeabilidade, com conseqüente redução da durabilidade.
- Má qualidade do acabamento da superfície e presença de defeitos.

### **Meios de controle**

Concretos submetidos à temperatura acima de 32 °C, à baixa umidade relativa do ar e aos ventos são condições comuns em climas quentes. A temperatura do concreto no momento da mistura é

influenciada pela temperatura ambiente, temperatura específica dos materiais e a quantidade de seus componentes. A temperatura aproximada do concreto pode ser estimada pela Equação 3 (ACI, 2010).

$$\text{Equação 3} \quad T = \frac{0,22(T_a M_a + T_c M_c) + T_w M_w + T_a M_{wa}}{0,22(M_a + M_c) + M_w + M_{wa}}$$

Onde:

**T:** temperatura do concreto recém-misturado (°C);

**T<sub>a</sub>:** temperatura dos agregados (°C);

**T<sub>c</sub>:** temperatura do cimento (°C);

**T<sub>w</sub>:** temperatura da água de mistura (°C);

**M<sub>a</sub>:** massa dos agregados secos (kg);

**M<sub>c</sub>:** massa do cimento (kg);

**M<sub>w</sub>:** massa da água de mistura (kg);

**M<sub>wa</sub>:** massa da água livre e absorvida pelos agregados (kg).

De todas as variáveis apresentadas na equação 3, a água é a que apresenta maior facilidade de controle de sua temperatura. Assim, a temperatura do concreto pode ser reduzida com a substituição da água de amassamento por água gelada ou gelo, tomando cuidado para não exceder a relação a/c estabelecida. Existem outras medidas que podem auxiliar no controle da temperatura do concreto no momento da dosagem ou durante o processo de hidratação do cimento, como as apresentadas no Quadro 18.

**Quadro 18** - Medidas para controle da temperatura do concreto.

<b>Estudos prévios dos materiais e traços a serem utilizados</b>	<b>Elaboração de um plano de concretagem</b>	<b>Medidas operacionais</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução do consumo de cimento.</li> <li>- Uso de cimentos com menor calor de hidratação, como CP III ou CP IV.</li> <li>- Uso de aditivos com efeito retardador de pega e/ou controlador de hidratação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concretagem noturna, se possível.</li> <li>- Em elementos de grande volume, como bloco de fundação, lançar o concreto em camadas de altura adequada para serem vibradas.</li> <li>- Uso de serpentinas de resfriamento.</li> <li>- Uso de nitrogênio líquido em concreto massa especial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspersão ou pulverização de água sobre os agregados.</li> <li>- Armazenamento dos agregados protegidos do sol.</li> <li>- Utilização de cimento estocado que já tenha atingido a temperatura ambiente.</li> </ul>

O uso de aditivos pode auxiliar a reduzir os efeitos indesejáveis causados pelo clima quente. A redução da demanda de água pelo uso de aditivos redutores de água possibilita a posterior redução do consumo de cimento e, conseqüentemente, a diminuição do calor liberado durante a hidratação. Além disso, podem melhorar a manutenção da trabalhabilidade durante a aplicação e podem alterar a cinética da reação de hidratação do cimento, reduzindo a taxa de liberação de calor.

O ajuste da perda de trabalhabilidade pode ser realizado com aditivos redutores de água tipo 2 ao invés da adição de água ao concreto, o que contribui para não prejudicar as propriedades mecânicas do concreto. É importante salientar que os aditivos podem ter seu desempenho modificado quando há alteração significativa da faixa de temperatura usual. Com isso, pode haver necessidade de aumentar sua dosagem ou substituí-lo por outro aditivo mais adequado às novas condições ambientais.

Algumas medidas antes, durante e depois da execução do concreto podem auxiliar no controle da sua temperatura. Podem ser utilizadas barreiras quebra-vento para reduzir a taxa de evaporação de água e

para proteger o concreto contra a insolação direta sobre sua superfície. Além disso, pode ser realizada a cura úmida durante os primeiros 7 dias após a concretagem e/ou pode ser aplicada a cura química sobre a superfície do elemento produzido.

## 5.2. Concretagem em clima frio

Problemas causados por concretagem em dias com alta temperatura podem ocorrer em qualquer época do ano em climas tropicais e secos, mas geralmente são intensificados durante o verão. O concreto pode ser aplicado normalmente em climas quentes quando são tomadas algumas medidas de precaução com relação à dosagem, produção, transporte, lançamento, adensamento e cura. Como parte destas precauções, ações devem ser tomadas para idealmente tentar controlar a temperatura do concreto fresco dentro de valores aceitáveis entre 5 e 32 °C.

Problemas causados por concretagem em dias com baixas temperaturas podem ocorrer em qualquer época do ano em climas temperados, porém são intensificados durante o inverno. A velocidade de hidratação do cimento é retardada em baixas temperaturas, o que gera reduções na taxa de desenvolvimento de resistência mecânica do concreto. Tal efeito é observado principalmente em idades iniciais.

O clima frio pode ser definido como um período em que, por mais de 3 dias consecutivos, a temperatura ambiente média diária seja inferior a 15 °C e a temperatura ambiente não seja superior a 10 °C por mais de 12 h seguidas. Define-se a temperatura ambiente média como a média entre a temperatura mais alta e a mais baixa que ocorrem durante o período de 24 h.

Analogamente à concretagem em clima quente, o concreto pode ser aplicado em climas frios tomando-se algumas medidas de precaução com relação à dosagem, produção, transporte, lançamento, adensamento e cura. Como parte destas precauções, ações também devem ser tomadas para manter temperatura do concreto dentro dos limites recomendados, acima de 5 °C. Para essas aplicações, não se recomendam utilizar cimentos com pega lenta, como CP III e CP IV.

Os três principais fatores que influenciam a concretagem em clima frio são:

- Meio externo, com ênfase à insolação, ao calor, ao vento e à umidade relativa do ar, além do tempo de transporte da usina até o local de lançamento.
- Materiais constituintes do concreto, como o tipo e a finura do cimento, a temperatura dos materiais, adições e aditivos que influenciem o tempo de pega do concreto e a redução do consumo de água.
- Dimensões do elemento a ser concretado, como seu volume e sua área superficial, além de como esse elemento estará exposto ao ambiente externo.

### Efeitos no estado plástico

A concretagem em tempo frio também pode gerar alguns problemas no estado plástico do concreto, que podem acarretar efeitos sobre as suas propriedades e vida útil. As principais consequências, principalmente quando as temperaturas ambientes sejam inferiores a 15 °C, são:

- Em temperaturas inferiores a 5 °C, a cinética de hidratação do cimento é muito lenta. Com isso, concreto exposto à baixa temperatura permanece em estado fresco por maior tempo, ficando mais suscetível à retração plástica.

- Retardo de início e fim de pega, podendo ocorrer exsudação, caso o concreto tenha alta fluidez.
- Perda de água de amassamento devido à baixa umidade relativa do ar e à elevada velocidade do vento, causando fissuras por retração plástica.
- Retardo no processo de acabamento superficial do concreto.
- Atraso do início da operação da cura do concreto devido ao retardo da pega, podendo acarretar problemas de retração e perda da resistência superficial devido à evaporação da água.
- Aumento da tendência à ocorrência de fissuras devido ao concreto demorar mais para atingir uma resistência inicial suficiente para resistir às solicitações mecânicas.

Em pisos industriais e lajes com formas plásticas ou metálicas, a área exposta ao ambiente é grande. Portanto, o concreto pode apresentar alta taxa de exsudação e perda de água por evaporação, causando retração na superfície. Além disso, a consistência do concreto superficial pode dificultar as operações de acabamento.

Temperaturas abaixo de 10 °C diminuem significativamente a solubilidade de algumas fases do cimento em água. Com isso, aditivos inorgânicos, como os aceleradores de pega para concreto projetado, podem ter sua eficiência bastante reduzida. Devido a esse efeito, tende-se a aumentar sua dosagem, levando a diversos problemas na matriz, como o aumento de porosidade, a diminuição da resistência mecânica em idades avançadas, a diminuição da durabilidade a ataques químicos e ao aumento do custo.

### Efeitos no estado endurecido

A concretagem em tempo frio pode gerar principalmente o problema de retardo na evolução das resistências mecânicas em idades iniciais, podendo contribuir com maiores resistências nas idades superiores. Quando o concreto permanece por muito tempo no estado fresco devido ao clima frio, sem cura apropriada, o acabamento superficial pode ser comprometido, favorecendo uma maior ocorrência de fissuras. Se o concreto estiver exposto a ciclos de congelamento e descongelamento, a relação a/c deve ser limitada a 0,45 e um aditivo incorporador de ar deve ser utilizado.

### Meios de controle

Existem medidas que podem atenuar os efeitos da baixa temperatura nas propriedades do concreto. Recomenda-se analisar a previsão do tempo e tomar precauções para evitar comportamentos indesejados. Se houver previsão de geada, o concreto recém-lançado deve ser protegido do congelamento nas primeiras 24 h. Tal proteção não garante uma taxa de ganho de resistência mecânica satisfatória, principalmente se ocorrer um período prolongado de clima frio. Essa proteção deve ser realizada por tempo suficiente até que o ganho de resistência cumpra os requisitos estabelecidos no projeto.

Quando possível, recomenda-se que a temperatura do concreto seja mantida acima dos limites apresentados no Quadro 19, em função da espessura do elemento produzido.

**Quadro 19** - Limites de temperatura mínima do concreto em função da espessura do elemento.

Menor aresta do elemento (mm)	Temperatura mínima do concreto (°C)
< 300	13
300 a 900	10
900 a 1800	7
1800	5

O uso dos aditivos pode auxiliar a reduzir os efeitos indesejáveis causados por climas frios. Aditivos aceleradores de pega e resistência podem promover a aceleração da velocidade de hidratação do cimento e, conseqüentemente, de desenvolvimento de resistência mecânica nas idades iniciais. Aditivos incorporadores de ar contribuem para reduzir a possibilidade de fissuração de concreto exposto a ciclos de congelamento e descongelamento.

Da mesma maneira que em concretos produzidos em climas quentes, o desempenho do aditivo pode ser alterado quando a temperatura ambiente estiver abaixo dos 15 °C. Neste caso, pode ser necessária uma menor dosagem do aditivo ou até sua substituição por outro aditivo mais adequado às novas condições.



# 6 Realização de pedidos de compra de aditivos

Para proceder com o pedido de compra de aditivos, existe uma série de procedimentos que devem ser seguidos para facilitar o processo. As principais instruções para realizar pedidos estão descritas no item 6.1. Além dessas instruções, recomendações para o recebimento, amostragem e armazenamento dos aditivos estão apresentadas nos itens 6.2, 6.3 e 6.4, respectivamente.

## 6.1. Instruções para pedidos de compra de aditivos

- Indicar o nome completo do produto e sua aplicação final, como industrialização ou uso e consumo.
- Indicar a quantidade exata requerida, em kg.
- Indicar a embalagem mais adequada para o pedido, como tambores de 200 L, contêineres de 1000 L ou entregas a granel. No caso de pedido a granel, o cliente deve atentar-se para que seu tanque de armazenamento tenha volume suficiente para a descarga total do pedido, porque o excesso de produto não pode permanecer no caminhão-tanque.

OBS.: Para a contratação do transporte a granel, seja pelo cliente ou fornecedor, deve-se garantir que o tanque que irá transportar o produto esteja higienizado e livre de possíveis contaminações. Deve-se atentar ao tipo de produto utilizado para a higienização, para que eventuais resíduos não sejam incompatíveis com o produto a ser transportado.

- Informar a data requerida para entrega, observando os prazos necessários para o processamento do pedido e o tempo de entrega.

## 6.2. Recomendações para recebimento

### Documentação para recebimento dos aditivos

No ato do recebimento dos aditivos, devem ser fornecidos a nota fiscal, o certificado de análise do lote

em questão e a ficha de emergência do produto. O fornecimento da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) no ato da entrega do produto é opcional, porém o fornecedor deve disponibilizá-la quando solicitada. Recomenda-se que a FISPQ seja solicitada e mantida em local de fácil acesso para consulta, a fim de que as informações necessárias ao manuseio dos produtos e à segurança das pessoas sejam de conhecimento de todos.

### **Informações sobre o descarregamento dos aditivos**

A área de descarregamento do produto deve suportar o peso dos caminhões e deve ser isolada e afastada de áreas comuns. Com relação aos procedimentos executados nesta área, especialmente para o caso de descarregamento do material a granel, recomenda-se:

- O responsável pelo descarregamento deve estar usando todos os equipamentos de proteção individual necessários. De maneira geral, é obrigatório o uso de botas impermeáveis e com bico de aço, luvas impermeáveis e óculos de proteção. O cliente deve consultar a FISPQ do produto para identificar quais são os demais equipamentos de proteção indicados.
- Antes de efetuar o descarregamento, o responsável pelo recebimento deve conferir que o compartimento do caminhão em que o material está armazenado esteja lacrado. A massa do produto declarada na nota fiscal deve ser conferida, para certificar que a quantidade de aditivo solicitada foi efetivamente recebida. Essa operação pode ser realizada com o uso de balanças para caminhão, que devem ser aferidas e rastreáveis.
- Após as conferências, o local de destino e armazenamento do produto deve ser conferido, para evitar que o produto seja descarregado em local inadequado.
- Efetuar o aterramento do veículo (quando necessário).
- Conectar o mangote no engate do tanque e ligar a bomba de transferência, efetuando um descarregamento de cada vez. Caso o operador precise entrar na caixa de contenção para engatar o mangote ou acionar a bomba, os procedimentos de segurança do local devem ser seguidos e respeitados.

OBS.: Antes de conectar o mangote no engate do tanque, de forma a evitar uma possível contaminação, deve-se garantir que o mangote esteja higienizado, livre de restos de aditivos, sujidades etc. Essa contaminação, caso ocorra, poderá alterar as propriedades físico-químicas do aditivo, resultando desde uma simples alteração visual (coloração) até a perda/alteração de desempenho.

- O nível do tanque de estocagem deve ser controlado, para que não ocorra transbordamento.
- O responsável pelo recebimento deve certificar que o compartimento do caminhão que transportou o aditivo ficou totalmente vazio após o descarregamento.
- Em caso de vazamento, o operador deve isolar a área e utilizar o kit de emergência contido no veículo, seguindo as instruções da ficha de emergência. Caso exista, a equipe de emergência interna deve ser imediatamente acionada.

### **6.3. Recomendações para amostragem**

Embora os fornecedores de aditivos proporcionem o laudo de análise dos produtos, recomenda-se que o cliente colete uma amostra do aditivo no momento do seu recebimento, seguindo as instruções

apresentadas subsequentemente. Essa amostra pode ser utilizada para a caracterização dos aditivos e comparação com os dados fornecidos pelos fabricantes, para garantir que não tenham ocorrido problemas durante o transporte do produto que possam ter comprometido sua qualidade. Para assegurar que o lote recebido apresente as características e propriedades pertinentes, é necessário compará-las com a amostra coletada de lotes anteriores de referência, que estejam dentro do prazo de validade.

#### **Amostragem de aditivos recebidos a granel**

- Antes da descarga do aditivo, uma amostra de 500 mL deve ser coletada pelo acesso superior do tanque do veículo e a uma profundidade entre 1,0 e 1,5 m.
- A embalagem que será utilizada para coleta e armazenamento da amostra deve estar limpa e não pode ter sido usada anteriormente.
- A amostra deve ser identificada com o nome do produto, número de identificação do lote, data de validade do lote amostrado, número da nota fiscal, nome do responsável pela amostragem, data e local de coleta.
- O prazo de validade da amostra é o mesmo que o prazo de validade do produto descrito no laudo de análise, desde que as amostras sejam armazenadas em condições adequadas.

#### **Amostragem de aditivos recebidos em embalagens fechadas (contêineres, tambores e bombonas plásticas)**

- O produto deve ser homogeneizado para garantir uniformidade em sua composição. Esta operação pode ser realizada pela agitação do líquido com uma haste limpa ou com ar comprimido utilizando mangueiras que tenham filtro de óleo. Tambores e bombonas plásticas podem ser deitados cuidadosamente no chão e rolados diversas vezes até homogeneização completa.
- Uma amostra de 500 mL deve ser coletada na metade da altura da embalagem.
- A embalagem que será utilizada para coleta e armazenamento da amostra deve estar limpa e não pode ter sido usada anteriormente.
- A amostra deve ser identificada com o nome do produto, número de identificação do lote, data de validade do lote amostrado, número da nota fiscal, nome do responsável pela amostragem, data e local de coleta.
- O prazo de validade da amostra é o mesmo que o prazo de validade do produto descrito no laudo de análise, desde que as amostras sejam armazenadas em condições adequadas.

### **6.4. Recomendações para o armazenamento de aditivos**

#### **Armazenamento de aditivos recebidos a granel**

Existem reservatórios de diversas capacidades e formatos disponíveis no mercado. O mais adequado é aquele que atenda a demanda da central de concreto ou do canteiro de obra. O tamanho do reservatório deve permitir uma reserva para que a atividade plena seja mantida por 40 dias, considerando regiões próximas e de fácil acesso para o recebimento, ou por 90 dias em regiões mais remotas. Quanto ao formato dos reservatórios, recomenda-se que possuam fundo cônico ao invés de fundo chato.

A Figura 2 apresenta um layout recomendado para as instalações dos reservatórios. Nessas instalações, devem ser observados os seguintes pontos:

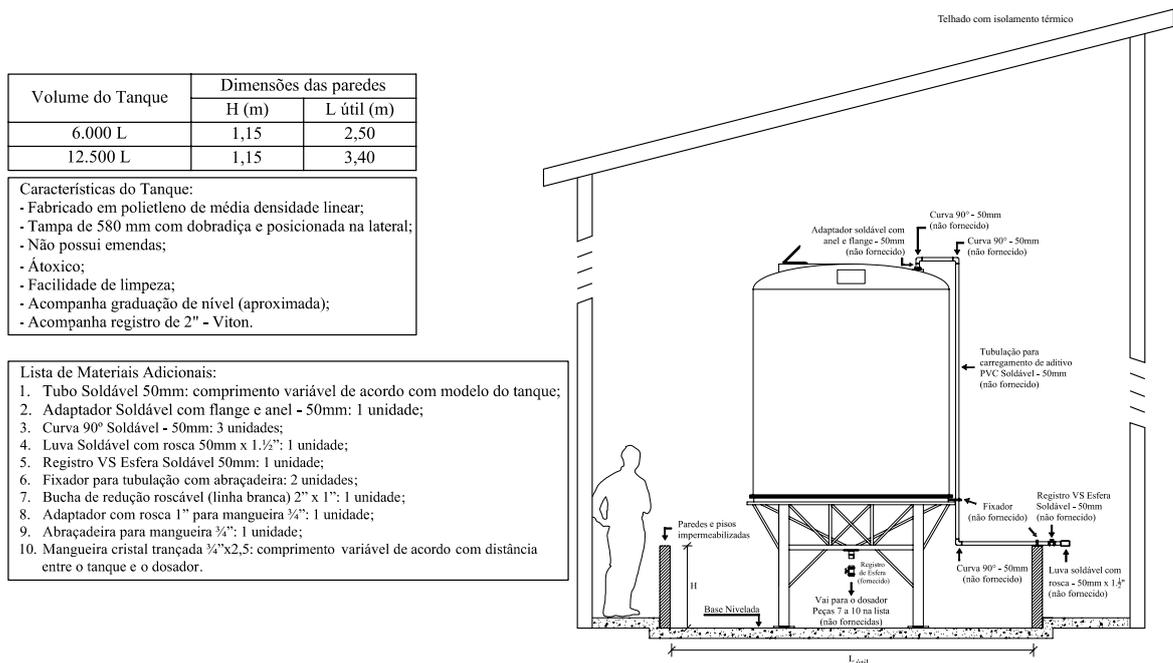


Figura 2 - Layout de instalação de tanques para armazenamento de aditivos.

- Todos os materiais empregados para a fabricação dos reservatórios, tubulações, registros e conexões devem ter alta resistência química aos aditivos.
- Os reservatórios devem ser instalados em local coberto com boa acessibilidade para manutenção e para o descarregamento do produto de forma limpa e segura. Além disso, devem estar localizados o mais próximo possível da central de concreto, para evitar longas linhas de tubulação para transporte do aditivo.
- O local de instalação deve estar distante de córregos, vias públicas e áreas permeáveis. O distanciamento entre tanques, das áreas vizinhas, de circulação e da comunidade deve cumprir as regras estabelecidas pela legislação local vigente.
- Os reservatórios devem ser mantidos fechados e protegidos de intempéries (luz do sol e chuva) para evitar contaminações e infestações biológicas no aditivo.
- A caixa de contenção de derramamentos deve ser estrutural, impermeável e deve comportar um possível vazamento do volume total do tanque.
- O reservatório deve ser identificado com o nome comercial do aditivo para evitar mistura de produtos, tanto para o recebimento de um novo lote quanto para utilização na central de concreto.
- A escala de nível contida no reservatório é apenas orientativa. O material que compõe o reservatório é deformável e não garante uniformidade das paredes, o que pode comprometer a leitura do volume real de produto.
- Para que o aditivo esteja homogêneo antes do uso, é necessária a instalação de um sistema de recirculação nos tanques, principalmente para os aditivos que são compostos por elevado teor de sólidos e para aditivos que permaneçam em repouso por mais de 30 dias.

**Armazenamento de aditivos recebidos em embalagens fechadas (contêineres, tambores e bombonas plásticas)**

Os aditivos recebidos em embalagens fechadas devem ser armazenados em local coberto, protegido de intempéries e que permita o manuseio dos recipientes com equipamentos adequados para descargas. O local deve ser identificado e não deve conter recipientes de outros materiais, como óleo diesel e produtos de limpeza, para evitar troca acidental de materiais. Como os aditivos têm prazo de validade limitado, recomenda-se que os lotes mais antigos sejam armazenados de forma a facilitar sua utilização antes de lotes mais recentes.

Antes da utilização, o aditivo deve ser homogeneizado para garantir uniformidade em sua composição. Esta operação pode ser realizada pela agitação do líquido com uma haste limpa ou com ar comprimido utilizando mangueiras que tenham filtro de óleo. Tambores e bombonas plásticas podem ser deitados cuidadosamente no chão e rolados diversas vezes até homogeneização completa.



## **7** Segurança no manuseio de aditivos

### **7.1. Descarte dos aditivos e da água de lavagem dos reservatórios e sistemas de dosagem**

Os resíduos de aditivos e a água de lavagem de reservatórios e equipamentos devem ser separados e armazenados individualmente em contêineres ou tambores até a sua destinação final. Deve-se atentar para as recomendações da FISPQ do produto, para que a manipulação e o transporte deste material sejam feitos com segurança, com o uso adequado dos equipamentos de proteção individual. Além disso, a maneira correta de disposição e descarte deve atender às legislações ambientais locais, estaduais ou federais vigentes. Da mesma maneira, as embalagens não devem ser descartadas como lixo comum ou utilizadas para outros fins, e sim encaminhadas para recuperadoras credenciadas para disposição final.

### **7.2. Vazamentos**

Em caso de vazamentos, derramamentos ou fugas acidentais do produto, manter afastado de águas superficiais e subterrâneas e da rede de esgoto. Em caso de grandes vazamentos ou contaminação de áreas externas, a equipe de emergência interna e o órgão ambiental competente devem ser imediatamente acionados. Todos os equipamentos de proteção individual devem ser utilizados pelos responsáveis pela operação de contenção dos vazamentos.

## Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 9**: Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15558**: Concreto - Determinação da exsudação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Versão corrigida: 2019. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 12821**: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009c.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 10787**: Concreto endurecido - Determinação da penetração de água sob pressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 10342**: Concreto - Perda de abatimento - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7681-2**: Calda de cimento para injeção. Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 8522**: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018a.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018b.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16607**: Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2018c.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 11768-1**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 11768-3**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 2: Ensaio de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 11768-2**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 2: Ensaio de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2019c.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16889**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020a.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16887**: Concreto - Determinação de ar em concreto fresco - método pressométrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2020b.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 305-R10**: Guide to hot weather concreting. Farmington Hills: ACI, 2010.

ASSOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-EN 480-11**: Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods. Part 11: Determination of air void characteristics in hardened concrete. Madrid: AENOR, 2006.

AİTCIN, P.-C. The importance of the water-cement and water-binder ratios. In: AİTCIN, P.-C.; FLATT, R. J. (Eds.). **Science and Technology of Concrete Admixtures**. 1<sup>st</sup>. ed. London: Woodhead Publishing, 2016. p. 3–13.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM C 157/C 157M - 17**: Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete. West Conshohocken: ASTM, 2017.

GELARDI, G. et al. Chemistry of chemical admixtures. In: AİTCIN, P.-C.; FLATT, R. J. (Eds.). **Science and Technology of Concrete Admixtures**. 1<sup>st</sup>. ed. London: Woodhead Publishing, 2016. p. 149–218.

KANTRO, D. L. Influence of water-reducing admixtures on properties of cement paste - A miniature Slump Test. **Cement, Concrete and Aggregates**, v. 2, n. 2, p. 95–102, 1 jan. 1980.

WADSÖ, L. et al. Calorimetry. In: SCRIVENER, K.; SNELLINGS, R.; LOTHENBACH, B. (Eds.). **A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials**. 1<sup>st</sup>. ed. London: CRC Press, 2016. p. 37–74.

YAHIA, A.; MANTELLATO, S.; FLATT, R. J. Concrete rheology: A basis for understanding chemical admixtures. In: AİTCIN, P.-C.; FLATT, R. J. (Eds.). **Science and Technology of Concrete Admixtures**. 1<sup>st</sup>. ed. London: Woodhead Publishing, 2016. p. 97–127.

## Conselho Deliberativo do IBI

### GESTÃO 2020/2022

**Presidente:** Jaques Pinto – MC-Bauchemie Brasil Ind. e Com. Ltda

**Vice-Presidente Administrador-Financeiro:** Sergio Guerra – Denver Impermeabilizantes Ltda – Soprema Group

**Vice-Presidente Técnico:** Firmino Siqueira Filho – Impermeabilizações Isolar Ltda

**Vice-Presidente de Marketing:** Marcelo Ming – Sika S.A

**Vice-Presidente de Desenvolvimento:** Dimitri Nogueira – Saint-Gobain do Brasil Prod. e para Constr. Ltda

### DEMAIS MEMBROS DO CONSELHO

Paulo Henrique Vasconcelos – Brasprefer – Indústria e Com. Ltda

Josué Garcia Quini – Masterpol Tecnologia em Adesivos Ltda

Rolando Infanti Filho – Otto Baumgart Ind. e Com. Ltda

Valporê Mariano – Viapol Ltda

### DIRETOR EXECUTIVO

José Miguel Morgado – josemiguel@ibibrasil.org.br

### GESTOR EXECUTIVO

Wilson Neves – wilson@ibibrasil.org.br



# Manual de utilização de aditivos químicos para concreto

## Câmara de Aditivos

ADITIBRAS

MASTER®  
BUILDERS  
SOLUTIONS

MATCHEM

MC  
CONSTRUIR É CUIDAR

NOVAKEM

Jika®  
BUILDING TRUST

Viapol



Instituto de  
Impermeabilização

### Instituto Brasileiro de Impermeabilização

Av. Queiroz Filho, nº 1700, 5º andar - sala 507

Torre "D" - Sunny Tower - Condomínio Villa Lobos Office Park

Vila Leopoldina - CEP: 05319-000 - São Paulo - SP

Fone: (11) 3255-2506

[www.ibibrasil.org.br](http://www.ibibrasil.org.br)