



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
ENGENHARIA CIVIL**

ALESSANDRA BRUNNQUELL GRUBER

**IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA PARA
OTIMIZAR O DESEMPENHO DO CONCRETO**

**LAGES- SC
2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALESSANDRA BRUNNQUELL GRUBER

**IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA PARA
OTIMIZAR O DESEMPENHO DO CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro universitário Unifacvest como parte dos requisitos para a obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^o Msc. Eng.^o Aldori Batista dos Anjos

LAGES-SC

2020

ALESSANDRA BRUNNQUELL GRUBER

**IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS REDUTORES DE
ÁGUA PARA OTIMIZAR O DESEMPENHO DO CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro universitário Unifacvest como parte dos requisitos para a obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^o Msc. Eng.^o Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC ___/___/2020. Nota _____

Prof. Msc. Eng.^o Aldori Anjos, coordenador do curso de Engenharia Civil.

**LAGES-SC
2020**

TERMO DE APROVAÇÃO

ALESSANDRA BRUNNQUELL GRUBER

IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA PARA OTIMIZAR O DESEMPENHO DO CONCRETO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Eng.º Aldori Anjos, coordenador do curso de Engenharia Civil.

Lages – SC, _____ de _____ de 2020

Professor Mestre Aldori Batista dos Anjos

Orientador

BANCA EXAMINADORA

UNIFACVEST

UNIFACVEST

Professor Mestre Aldori Batista dos Anjos

Professor de TCC

Professor Mestre Aldori Batista dos Anjos

Coordenador de Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado a bênção de conquistar esse sonho. Por ter iluminado meu caminho e guiado meus passos, contando sempre com sua proteção em toda essa trajetória. Proteção também do meu anjo de luz, minha amada avó Sibila, que hoje é uma estrela no céu, mas que tenho certeza que está cuidando e torcendo por mim.

Agradeço especialmente a meus pais Adilson e Adriana que não mediram esforços para que tudo isso fosse possível. Juntamente com meus irmãos Heliton e Emilly sempre foram minha base, meu maior apoio e incentivo. Minha principal inspiração, que me manteve firme neste propósito. Não tenho palavras para descrever tudo o que vocês representam para mim. A vocês todo o amor e a gratidão do mundo.

Agradeço também aos meus familiares e amigos, por todas as palavras motivadoras e pelas orações. Pessoas especiais em minha vida que sempre me incentivaram e me apoiaram de diversas formas durante esta caminhada.

Aos meus amigos da faculdade, que se tornaram minha segunda família, minha imensa gratidão pela parceria sempre presente ao longo destes anos. Juntos dividimos as emoções da vida acadêmica, momentos bons e outros nem tanto, mas que serviram para nos fortalecer e fortalecer os nossos laços de amizade. Amizade que se iniciou na sala de aula, e que agora se renova para um novo ciclo em nossas vidas.

Gratidão enorme às pessoas que encontrei durante esses anos e que foram verdadeiros anjos enviados por Deus, que me ajudaram e me deram oportunidades que foram fundamentais, fazendo toda a diferença para que eu conseguisse chegar até aqui. Pessoas queridas por quem tenho grande consideração.

Agradecimento especial também aos professores por toda dedicação e ensinamentos, essenciais em toda essa jornada acadêmica. Obrigada ao professor orientador Aldori, por todo direcionamento neste estudo.

Eu me sinto muito abençoada por ter em minha vida pessoas tão especiais.

Muito obrigada!

RESUMO

Na busca pela qualidade e otimização do desempenho do concreto e suas estruturas, a indústria química vem ao longo dos anos aperfeiçoando seus produtos e proporcionando soluções tecnológicas muito eficientes. Dentre essas soluções estão os aditivos redutores de água para concreto, que conferem benefícios extremamente importantes, tanto nos processos de produção e aplicação, como também no seu desempenho estrutural. O presente trabalho aborda as propriedades desses aditivos, seus mecanismos de ação, normatização, benefícios e vantagens. Apresentando uma revisão bibliográfica sobre o tema, que ressalta sua importância para a obtenção de um concreto de excelente qualidade, que possibilita mais facilidade de aplicação devido ao aumento de fluidez, sem comprometer sua eficiência no estado endurecido. Mas pelo contrário, com a redução de água sem perder a trabalhabilidade se obtêm um concreto com maior resistência, menor permeabilidade e assim maior durabilidade, que além de proporcionar qualidade superior, também é fundamental para propiciar os avanços dos métodos construtivos e para a sustentabilidade. Para complementar o estudo realizou-se ensaios laboratoriais com o objetivo de avaliar a redução de água e o desenvolvimento das resistências, de amostras de concreto com aditivo e sem o que gerou resultados muito satisfatórios e que reforçaram sua importância e a sua grande contribuição para a qualidade dos processos da construção civil.

Palavras-chave: Durabilidade. Resistência. Trabalhabilidade.

ABSTRACT

In the search for quality and optimization of the performance of concrete and its structures, the chemical industry has over the years been perfecting its products and providing very efficient technological solutions. One of these solutions is the water-reducing additives for concrete, which provide extremely important benefits, both in the production and application processes, as well as in their structural performance. The present work addresses the properties of these additives, their mechanisms of action, standardization, benefits and advantages. Presenting a bibliographic review on the theme, which highlights its importance for obtaining an excellent quality concrete, which allows easier application due to the increase in fluidity, without compromising its efficiency in the hardened state. On the contrary, with the reduction of water without losing workability, a concrete with greater resistance, less permeability and thus greater durability is obtained, which in addition to providing superior quality, is also essential to promote advances in construction methods and for sustainability. To complement the study, laboratory tests were carried out with the objective of evaluating the reduction of water and the development of resistances, of concrete samples with additive and without, which generated very satisfactory results and which reinforced its importance and its great contribution to the quality of civil construction processes.

Keywords: Durability. Resistance. Workability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1-** Lei de Abrams da relação água/cimento
- FIGURA 2-** Representação da repulsão eletrostática
- FIGURA 3.** Concretagem com descarga convencional
- FIGURA 4-** Concretagem e polimento de piso industrial
- FIGURA 5-** Mecanismos de ação da repulsão eletrostática e estérica
- FIGURA 6-** Ensaio de abatimento do CAA (*Slump Flow*)
- FIGURA 7-** Aplicação de concreto autoadensável (CAA)
- FIGURA 8-** Agregados e cimento utilizados
- FIGURA 9-** Aditivo polifuncional utilizado
- FIGURA 10-** Mistura na Betoneira
- FIGURA 11-** Abatimento amostra 1
- FIGURA 12-** Abatimento amostra 2
- FIGURA 13-** Abatimento amostra 3
- FIGURA 14-** Moldagem de corpo de prova
- FIGURA 15-** Tanque de cura
- FIGURA 16-** Ensaio de ruptura

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Impactos da relação a/c na permeabilidade

TABELA 2. Impactos do teor de vazios na resistência

TABELA 3. Parâmetros para preparação de concreto

TABELA 4. Dosagem dos materiais utilizados

TABELA 5. Resultados dos ensaios laboratoriais

TABELA 6. Análise de eficiência do aditivo polifuncional utilizado

TABELA 7. Análise do desenvolvimento das resistências

LISTA DE ABREVIações

ABNT- Associação brasileira de normas técnicas

ABCP- Associação brasileira de cimento Portland

a/c- Relação água/cimento

CAA- concreto autoadensável

CAD - concreto de alto desempenho

CP- Corpo de prova

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Metodologia da pesquisa.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Histórico.....	14
2.2 Aditivos redutores de água.....	15
2.2.1 Classificação.....	17
2.3 Redutor de água tipo 1 (RA1, RA1-R, RA1-A).....	18
2.3.1 Aplicação.....	19
2.4 Redutor de água tipo 2 (RA2, RA2-R, RA2-A).....	21
2.4.1 Aplicação.....	23
2.5 Durabilidade e a sustentabilidade.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Procedimentos.....	26
3.2 Análise dos resultados.....	32
4. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, representando um consumo mundial de 19 bilhões de toneladas por ano, cerca de 8 bilhões de metros cúbicos. Esse sucesso se deve às suas vantagens em critérios de custo, versatilidade, manutenção, resistência ao fogo, ventos fortes, ambientes quentes e úmidos. Estando presente na maioria das construções, desde a fundação até a cobertura.

Sendo basicamente a mistura de cimento, água, agregados graúdos e miúdos, aditivos e adições, a indústria do concreto está em constante evolução para desenvolver misturas com melhores características, atendendo as mais diversas necessidades existentes no mercado da construção civil. Dessa maneira os profissionais da tecnologia do concreto vêm ao longo dos anos estudando e buscando superar esses desafios.

Uns dos importantes contribuintes para o avanço tecnológico do concreto são os aditivos. Componentes essenciais para a otimização da qualidade e desempenho do concreto, nesse intuito a indústria química vem constantemente desenvolvendo produtos que possibilitam modificar as propriedades do concreto, conforme as necessidades dos usuários, para cada vez mais aprimorar o seu desempenho estrutural aliado a demanda de aplicação e acabamento, proporcionando muitos benefícios a curto e a longo prazo. A importância desses aditivos ganhou seu merecido reconhecimento, resultando em que atualmente a normativa internacional os considerem o quarto componente do concreto.

E sabendo que a qualidade do concreto é um dos fatores que têm influência extremamente relevante sob a vida útil das estruturas, o presente trabalho traz a abordagem deste importante produto, que tem a valiosa função de conferir tal qualidade e assim aprimorar o seu desempenho. Tendo como foco principal o estudo dos aditivos redutores de água, descrevendo suas propriedades e vantagens.

1.1 Justificativa

Considerando a importância do fato de que o concreto representa uma grande contribuição para o desenvolvimento do país e a melhoria da qualidade de vida. E que a qualidade do serviço de execução das estruturas de concreto, não está somente

relacionada ao seu comportamento mecânico na obra, mas também a sua interferência no desempenho de praticamente todos os demais elementos como: alvenaria, revestimentos, impermeabilizações, etc. E ainda, ressaltando que cerca de 80 a 90% do concreto produzido em países desenvolvidos possuem aditivos em sua composição, é de extrema importância que engenheiros civis atuantes na construção civil tenham conhecimento sobre suas propriedades, vantagens e os impactos que geram na qualidade e durabilidade das edificações.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como finalidade realçar a importância dos aditivos redutores de água para concreto, considerando sua influência nos fatores que determinam a otimização do desempenho do mesmo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Aprofundar os estudos sobre os aditivos redutores de água;
- Citar seus benefícios ao concreto no estado fresco e endurecido;
- Apontar suas vantagens;
- Avaliar a redução de água e a influência na resistência à compressão;
- Abordar sua contribuição para a sustentabilidade.

1.3 Metodologia

O presente trabalho foi fundamentado em pesquisas bibliográficas utilizando fontes literárias de renomados escritores e especialistas na área do concreto e suas tecnologias, além de artigos, teses e sites com relevância científica sobre o estudo dos aditivos redutores de água.

Assim como também a realização de ensaios laboratoriais que objetivaram analisar o efeito do aditivo redutor de água, avaliando a redução de água e os impactos no desenvolvimento da resistência à compressão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a obtenção de um concreto de qualidade é fundamental a utilização de aditivos redutores de água, que proporciona importantes benefícios para o mesmo.

2.1 Histórico

As primeiras versões do concreto tiveram origem aproximadamente entre 7 e 9 mil anos a.C, onde a cal já era misturada com pedras para a construção de pisos de concreto. Os gregos e romanos foram grandes desenvolvedores do uso de concreto feito com pozolanas e cal, em seus grandes monumentos e edificações, e algumas dessas subsistem até os tempos atuais, com quase 3 milênios de história. Os Romanos foram os primeiros a criar espaços com grande amplitude e altura, graças ao desenvolvimento e uso do concreto como material estrutural, um grande avanço técnico para a época. Após a queda do Império romano no século VII, o concreto foi inexplorado, até o descobrimento do cimento Portland pelo inglês Joseph Aspdin em 1824, seguido da invenção do concreto armado 30 anos depois (Isaia, 2005).

Nessa época, período de pós-guerra, com a necessidade de reconstrução, o concreto armado possibilitou o desenvolvimento de novos sistemas construtivos, que viabilizaram maior produtividade e menor custo. O que a princípio solucionou o problema, contudo as novas estruturas começaram a apresentar deteriorações, causando enormes custos em seus reparos. Assim surgindo a necessidade de estudar as propriedades e fatores relacionados à durabilidade do concreto (Andrade, 2005).

Assim o interesse pelo estudo da tecnologia do concreto reapareceu na segunda metade do século XX. Com a aplicação de técnicas mais aprimoradas de investigação e conhecimentos adquiridos pela ciência da microestrutura do concreto, o grau de compreensão do seu comportamento teve grande elevação, ampliando suas aplicações, e resultando nas grandes obras que conhecemos hoje (Isaia, 2005).

Os aditivos são tão antigos quanto o cimento sendo empregados desde a época do império romano, onde usavam sangue e clara de ovo na mistura do concreto a base de cal e pozolanas. A clara de ovo também foi utilizada na construção das Muralhas da China. Esses elementos eram usados para proporcionar mais trabalhabilidade ao concreto (Martin, 2005).

Porém, somente no século XX que os aditivos que conhecemos hoje começaram a ser desenvolvidos, como destacado a seguir:

O desenvolvimento de aditivos específicos para modificação das propriedades reológicas de misturas à base de cimento Portland data do início da década de 1930. A primeira patente para o uso de um aditivo plastificante à base de lignosulfonato foi obtida na Inglaterra, no início do século XX. Já a primeira patente que contemplou a fabricação e a utilização de superplastificantes à base de naftaleno sulfonato foi aprovada nos Estados Unidos em 1938 (ISAIA, 2011, p.348).

Após o reconhecimento da importância desse material, a indústria de aditivos tem tido nos últimos 60 anos um elevado crescimento. E em países desenvolvidos cerca de 80 a 90% do concreto produzido é aditivado (Metha e Monteiro, 2014).

Martin (2005) ressalta que o concreto é um dos materiais fundamentais da sociedade. E fazendo uma seleção correta dos componentes e um estudo eficiente de dosagens, as propriedades do concreto podem ser profundamente alteradas.

2.2 Aditivos redutores de água

Segundo a ABNT NBR 11768 (2019), aditivos são produtos adicionados ao concreto durante a sua produção, em quantidade de até 5% em relação à massa do cimento, com o intuito de modificar suas propriedades no estado fresco e/ou endurecido. Aditivos para concreto projetado e redutores de retração podem apresentar dosagens maiores. Suas dosagens são especificadas pelo fabricante, por essa razão se faz necessária a realização de ensaios para avaliar a compatibilidade e comportamento do aditivo com o cimento e com os demais materiais utilizados na composição do concreto. Além de não ser recomendado exceder a dosagem especificada, pois poderá causar anomalias ao concreto.

Metha e Monteiro (2014) descrevem que os aditivos apresentam uma composição variada, desde surfactantes e sais solúveis, até polímeros e minerais insolúveis. Sendo utilizados no concreto para:

- Melhorar a trabalhabilidade;
- Acelerar ou retardar o tempo de pega;
- Controlar o desenvolvimento da resistência;
- Aumentar a durabilidade.

Martin (2005) ainda destaca que o uso de aditivos também possibilita obter:

- Estabilidade na produção do concreto ou argamassa e principalmente na sua qualidade;
- Aumenta as possibilidades de aplicação do concreto;
- Diminui o custo da produção, com a redução do cimento;
- Aumento do rendimento;
- Facilidade na colocação em obra;
- Redução no tempo para a retirada de formas.

Permitindo assim, aperfeiçoar a relação qualidade/preço na formulação de concretos.

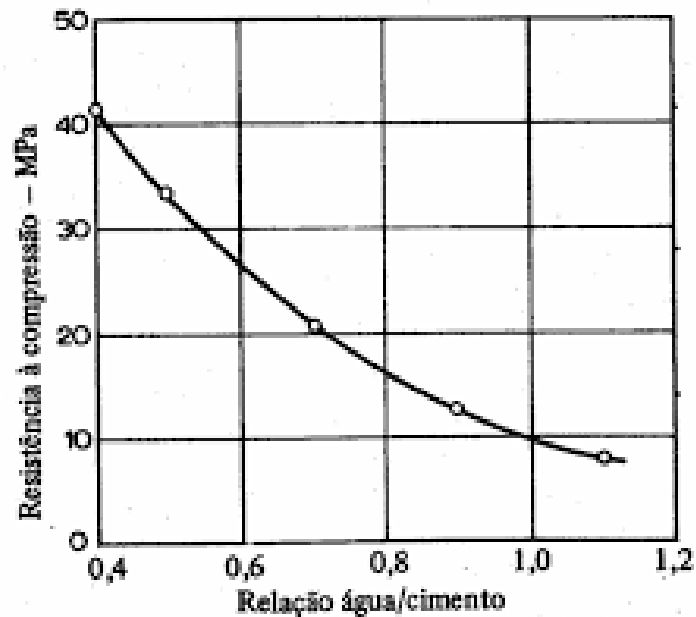
Paulo Helene (2017) destaca a trabalhabilidade como uma das propriedades mais apreciadas do concreto. A qual influencia diretamente nos esforços necessários para realizar a mistura, lançamento, adensamento e acabamento, o que resulta em estruturas mais homogêneas e com menor número de vazios.

A trabalhabilidade do concreto pode ser melhorada com a adição de água, porém não conserva essa característica por tempo suficiente, além de causar queda na resistência mecânica do mesmo.

Quando cimento e água são misturados, as partículas finas do cimento em hidratação têm tendência a flocular devido à natureza polar da molécula de água e em consequência das forças de atração de Van der Waals entre as partículas (forças eletrostáticas entre regiões de cargas elétricas opostas na superfície do cimento, que resultam do processo de moagem do clínquer ou adições de minerais tipo escória, pozolanas ou calcário). As forças atrativas entre as moléculas de água e os grãos de cimento em hidratação formam uma ligação forte, fazendo com que a estrutura floculada permaneça intacta mesmo durante o processo de mistura do concreto. Alternativamente, o concreto terá um excesso de água para uma dada trabalhabilidade, resultando em um aumento desnecessário da porosidade e de redução da durabilidade. A estrutura floculada também reduz a área específica das partículas de cimento disponível para as reações de hidratação. (ISAIA, 2011, p. 355)

Sendo o a/c influência direta na resistência do concreto de acordo com a lei de Abrams, aumentando o teor de água teremos a/c maior e como consequência menor resistência. E o aumento de cimento causa maior custo, mais retração, maior calor de hidratação, etc., (Freitas Jr., 2020).

Figura 1: Lei de Abrams da relação água/cimento



Fonte: (ABCP, 2000)

Assim não sendo possível obter um concreto bom e com resistência a compressão desejada, somente alterando o teor de água e cimento, por essa razão a solução é a utilização de aditivos redutores de água ou plastificantes.

A função dos aditivos redutores de água é dispersar as partículas de cimento em hidratação, liberando a água presa entre os grãos de cimento, aumentando, assim, a fluidez da mistura. Os redutores de água absorvem na superfície das partículas do cimento em hidratação, produzindo uma repulsão entre grãos adjacentes de cimento devido a uma combinação de forças eletrostáticas e/ou estérica, resultando em defloculação. Como consequência, a água aprisionada dentro dos flocos é liberada, reduzindo a viscosidade da mistura. (ISAIA, 2011, p. 355)

Os aditivos redutores de água são componentes fundamentais, para se obter um concreto com alto padrão de qualidade e desempenho (Construchemical, 2014).

2.2.1 Classificação

A NBR 11768 (2019) classifica os aditivos redutores de água como:

- Redutor de água tipo 1 (RA1, RA1-R, RA1-A);
- Redutor de água tipo 2 (RA2, RA2-R, RA2-A).

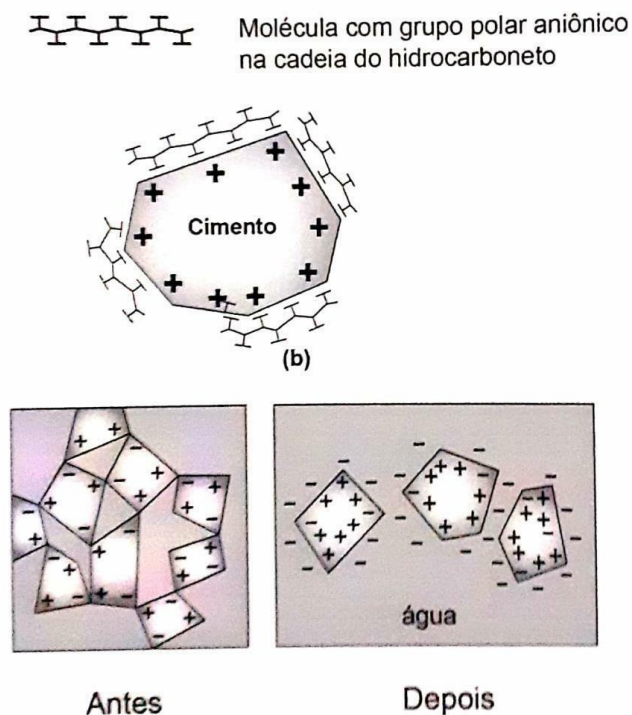
2.3 Redutor de água tipo 1 (RA1, RA1-R, RA1-A)

O aditivo Redutor de água tipo 1 ou também chamado comercialmente de aditivos plastificantes ou polifuncionais, de acordo com a NBR 11768 (2019) são aditivos capazes de alterar a consistência do concreto fresco sem alterar a quantidade de água, ou diminuir a quantidade de água sem causar alteração na consistência do concreto. Deve apresentar uma redução de água de no mínimo 8%, sem causar perda de resistência mecânica.

Composto por substâncias chamadas agentes tensoativos ou surfactantes que ao serem adsorvidas pelos grãos de cimento, causam efeito plastificante, pela redução da tensão superficial da água, ou seja, diminui a coesão entre as moléculas de água. Ou ainda o efeito pode ser causado por mudanças na carga elétrica das partículas de cimento, pela repulsão eletrostática (Martin, 2005).

As moléculas do aditivo possuem extremidades de carga negativa, um lado atrai os grãos de cimento que possuem carga positiva e o outro fica livre, e a repulsão entre as cargas negativas gera o afastamento dos grãos de cimento, o que facilita a trabalhabilidade (Freitas Jr.,2020).

Figura 2: Representação da repulsão eletrostática.



Fonte: (Metha e Monteiro, 2014)

Os plastificantes são capazes de garantir maior trabalhabilidade e com elevado tempo de manutenção e redução do fator água/cimento, o que resulta além do aumento da resistência e a redução de custos com a dosagem menor de cimento, redução da retração, do calor de hidratação (causador de fissuras) e da permeabilidade, impactando na durabilidade do concreto (Martin, 2005).

Aditivos redutores de água ainda proporcionam melhora nas resistências iniciais, devido a dispersão das partículas de cimento na água ser maior, aumentando o potencial de hidratação dessas partículas. Além da redução muito significativa dos vazios e da porosidade (Metha e Monteiro, 2014).

2.3.1 Aplicação

Esse tipo de aditivo é bastante usado pelas usinas de concreto por seu ótimo custo-benefício, conseguindo reduzir água e conseqüentemente cimento (componente mais caro), atingindo a trabalhabilidade desejada para aplicação, sem gerar nenhum prejuízo às características mecânicas do concreto. É usado para produção de concreto de até 40fck e abatimento geralmente de 120 mm (Freitas Jr.,2020).

Segundo a NBR 11768 (2019) esse aditivo pode ter somente a função plastificante sem interferir no tempo de pega do concreto ou pode apresentar funções secundárias sobre a pega do concreto, dividida em dois tipos

- RA1-A: Aditivo que além de plastificante redutor de água, é também acelerador, diminuindo o tempo de início e fim da pega do concreto.
- RA1-R: Aditivo que além de plastificante redutor de água, é também retardador, aumentando o tempo de início da pega do concreto.

O uso do aditivo com funções secundárias depende do tipo de aplicação e necessidade de cada obra, e do clima da região. Aditivos do tipo RA1-R são geralmente usados em obras convencionais com finalidade de estender o tempo de trabalhabilidade do concreto, ou seja, reduzir a perda de abatimento, para que a execução da obra não seja prejudicada, devido a vários fatores e adversidades que podem ocorrer, como por exemplo, condição climática, tempo de deslocamento do caminhão betoneira da central até a obra, tempo de duração da aplicação do concreto, etc. E aditivos do tipo RA1-A são muito usados em concretos para obras que demandam de rapidez na finalização, como por exemplo, em concretos para piso industrial (Camargo Química, 2020).

Figura 3. Concretagem com descarga convencional



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 4. Concretagem e polimento de piso industrial



Fonte: (Autora, 2020)

2.4 Redutor de água tipo 2 (RA2, RA2-R, RA2-A)

O aditivo redutor de água tipo 2, comercialmente chamado de superplastificantes, hiperplastificantes ou mid-range, segundo a NBR 11768 (2019), tem o mesmo objetivo que o aditivo redutor de água tipo 1, porém apresenta maior eficiência, com redução de água no traço prevista de no mínimo 15%.

Desenvolvidos na década de 1970, os superplastificantes ou aditivos redutores de água de alta eficiência conseguem reduzir a água do traço até 4 vezes mais em comparação ao aditivo plastificante, na ordem de 20 a 30%, e também propiciar alta fluidez. Pelo fato de serem formados por surfactantes aniônicos de cadeia longa, de alta massa molecular com um grande número de grupos polares na cadeia de hidrocarbonetos, que quando envoltos nos grãos de cimento, causam uma intensa carga negativa, que diminui muito a tensão superficial da água e assim aumentando a fluidez do concreto (Metha e Monteiro, 2014).

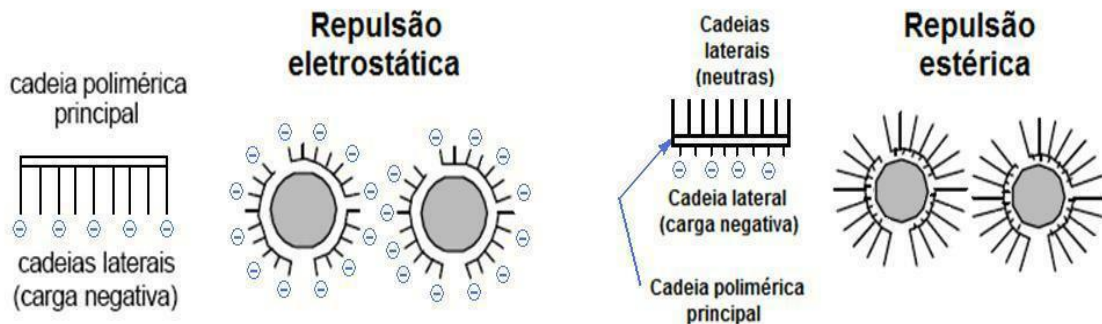
Além de o aumento na resistência do concreto ser proporcional à redução do fator água/cimento, no concreto mais fluido a velocidade de hidratação do cimento se eleva, sendo assim possível atingir resistências iniciais altas com um, três e sete dias. Por essa razão esse tipo de concreto é muito utilizado na indústria de pré-moldados, onde se faz necessário a retirada das formas em um espaço curto de tempo. Com o alto consumo de cimento se consegue obter resistências altas mais rapidamente, mas sem alterar as resistências finais (Metha e Monteiro, 2014).

As primeiras composições de superplastificantes tinham tempo de eficiência muito curto, assim tendo que ser adicionado ao concreto sempre na obra e não na usina. Isso ocorria devido ao aumento na velocidade de hidratação do cimento, o tempo de trabalhabilidade do concreto também se reduzia, perdendo consistência muito rapidamente. Esse fator dificultou inicialmente a aceitação desse aditivo no mercado da construção civil (Metha e Monteiro, 2014).

Os superplastificantes mais utilizados atualmente são os a base de melaninas sulfonadas, naftalenos sulfonados e policarboxilatos. O aditivo a base de policarboxilatos é o mais eficiente, com manutenção do abatimento em uma hora e meia. Isso ocorre devido sua ação de dispersão dos grãos de cimento ser por repulsão esférica. Na repulsão estérica o polímero adsorve o grão de cimento e forma uma

capa protetora bem espessa, impossibilitando o contato entre os grãos de cimento e com efeito mais duradouro (Freitas Jr.,2020).

Figura 5. Mecanismos de ação da repulsão eletrostática e estérica



Fonte: (Freitas Jr., 2020)

Com aditivos superplastificantes à base de policarboxilato, os efeitos estéricos são as principais forças de repulsão. A repulsão estérica resulta da adsorção da cadeia do polímero na superfície do cimento e da extensão das cadeias laterais do polímero a partir da superfície do cimento. Devido a essa arquitetura, os policarboxilato mostram um forte efeito dispersante, já que as partículas de cimento não podem se aproximar umas das outras. Além disso, os PCEs podem proporcionar tempos mais longos de retenção de abatimento se comparados com outras tecnologias de redução de água, como os lignosulfonatos, o NSFC e o MSFC, pois as cadeias laterais continuam salientes durante a formação dos produtos iniciais de hidratação, mantendo, assim, a dispersão das partículas de cimento. Devido ao fato de as forças de repulsão estéricas serem significativamente mais fortes que as interações 10 eletrostáticas, a dosagem dos aditivos de base PCE é normalmente bem inferior às dosagens de superplastificantes dos tipos NSFC e MSFC (50% a 75% redução na massa de ativos). (ISAIA, 2011, p. 356)

Os aditivos à base de policarboxilatos oferecem grande eficiência, porém são produtos relativamente caros em comparação às demais bases químicas de redutores de água, não sendo viável sua utilização para finalidade de redução de custos (Freitas Jr., 2020).

Por outro lado, o superplastificante vem tendo avanço no mercado brasileiro nos últimos anos, na medida em que se propaga o conhecimento de suas propriedades e é feita uma avaliação do seu custo-benefício a longo prazo, através da melhoria do concreto e também dos processos de construção, comparando assim o custo final da obra e não somente se limitando ao custo do aditivo.

2.4.1 Aplicação

Essa importante evolução na tecnologia dos redutores de água gerou o desenvolvimento de concretos para usos especiais, como o concreto autoadensável (CAA) e o concreto de alto desempenho (CAD), que por sua vez possibilitaram grandes avanços nos métodos construtivos (Construchemical, 2014).

Figura 6: Ensaio de espalhamento do CAA (*Slump Flow*)



Fonte: (IBRACON)

Figura 7: Aplicação de concreto autoadensável (CAA)



Fonte: (ABESC)

2.5 Durabilidade e a sustentabilidade

O desenvolvimento de novas tecnologias possui não somente o propósito de aprimorar o desempenho do concreto em suas estruturas, como também o compromisso com a sustentabilidade. De modo que, a utilização de aditivos plastificantes e superplastificantes além de gerar uma significativa redução de recursos naturais na produção do concreto, proporcionam através da redução da relação água/ cimento e seu conseqüente aumento de resistência a possibilidade de utilizar materiais alternativos na produção do concreto, como os agregados reciclados.

Outra importante vantagem da redução do a/c é a alta redução da permeabilidade do concreto, que torna a estrutura menos propensa a deterioração, reduzindo o número de manifestações patológicas. Evitando assim reparos ou condenações dessas estruturas, o que posteriormente gerariam mais gastos econômicos, e principalmente de recursos naturais. Ou seja, uma estrutura mais durável significa um processo de construção mais sustentável (Construchemical, 2014).

A durabilidade do concreto é caracterizada pela capacidade de proteção da armadura contra os agentes externos. Apesar de o concreto ser um material potencialmente durável, com o passar do tempo, as constantes interações com o ambiente acabam causando redução dessa capacidade (Andrade, 2005).

Dessa maneira o desafio é aumentar ao máximo esse tempo de eficiência da durabilidade. Nas tabelas a seguir ficam evidentes os benefícios obtidos com a utilização dos aditivos redutores de água. Que ao possibilitar a redução do a/c, diminuição do teor de vazios e de porosidade, impacta positivamente na resistência e permeabilidade do mesmo, o que por sua vez gera mais durabilidade.

Tabela 1: Impactos da relação a/c na permeabilidade

CONCRETO RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO DETERMINANTE NA PERMEABILIDADE					
Relação água/cimento	0,40	0,50	0,60	0,70	> 0,70
Idade em dias	3	7	28	360	Nunca

Fonte: (Cimento Itambé)

Tabela 2: Impactos do teor de vazios na resistência

REDUÇÃO DE RESISTÊNCIA PELO TEOR DE VAZIOS						
Teor de Vazios	1%	2%	3%	4%	5%	6%
Redução de resistência	8%	17%	24%	31%	37%	60%

Fonte: (Cimento Itambé)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Objetivando complementar o estudo bibliográfico, foi realizado um ensaio laboratorial com preparação de amostras de concreto, para verificação do percentual de redução de água do aditivo tipo RA1 e avaliar os resultados de desenvolvimento das resistências à compressão das mesmas.

3.1 Procedimentos

Foram ensaiadas três amostras de concreto seguindo a recomendação de parâmetros da NBR 11768 (2019) conforme a tabela a seguir:

Tabela 3: Parâmetros para preparação de concreto

RELAÇÃO A/C	ABATIMENTO INICIAL	ABATIMENTO FINAL
0,4- 0,5- 0,6	100 mm	-

Fonte: Adaptado (ABNT NBR 11768/2019)

O traço de concreto utilizado para o ensaio já com a correção da umidade dos agregados finos e o ajuste de volume, está descrito na tabela a seguir:

Tabela 4. Dosagem dos materiais utilizados

DOSAGEM DO TRAÇO (KG/M³)	UMIDADE (%)	AJUSTE KG/ 0,015 M³
CIMENTO	290	4,350
AREIA FINA	419	6,533
PÓ DE BRITA	442,3	6,694
BRITA 1	567	8,500
BRITA 0	551,6	8,273
ÁGUA	175	2,320
ADITIVO POLIFUNCIONAL	2,9	0,044

Fonte: (Concrevias Concreto e Serviços, Lages- SC, 2020)

As amostras foram preparadas com o mesmo quantitativo de cimento e agregados. Somente a água e o aditivo foram os componentes alterados, a fim de conferir às amostras características específicas e distintas, para posteriormente analisá-las, sendo elas:

- Amostra 1: Concreto aditivado com aditivo RA1 ou polifuncional;
- Amostra 2: Concreto sem aditivo mantendo a relação a/c;
- Amostra 3: Concreto sem aditivo corrigindo o abatimento com adição de água.

Os materiais de cada amostra foram pesados e preparados em sequência na betoneira.

Figura 8: Agregados e cimento utilizados



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 9: Aditivo polifuncional utilizado



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 10: Mistura na Betoneira



Fonte: (Autora, 2020)

Após a mistura ser colocada na betoneira e homogeneizada, realizou-se o ensaio de abatimento (*Slump test*) conforme ABNT NBR NM 67, para verificar o abatimento de 10 cm.

Figura 11: Abatimento amostra 1



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 12: Abatimento amostra 2



Fonte: Autora (2020)

Figura 13: Abatimento amostra 3



Fonte: (Autora, 2020)

A amostra 3 atingiu *slump* de 4cm com o quantitativo do traço original, sendo então adicionada água, em doses fracionadas, até atingir o abatimento de 10 cm, ao todo a mistura necessitou da adição de 0,435kg (0,435 litros) de água.

Em sequência ao ensaio de abatimento foram moldados os corpos de prova, 6 de cada amostra. Desmoldados após 24h e submergidos em tanque de cura, até a data do ensaio de ruptura, com idades de 3, 7 e 28 dias, quando foram retirados do tanque dois CP de cada amostra por data, retificados e rompidos na prensa hidráulica de ensaio de resistência à compressão axial.

Figura 14: Moldagem de corpo de prova



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 15: Tanque de cura



Fonte: (Autora, 2020)

Figura 16: Ensaio de ruptura



Fonte: (Autora, 2020)

A tabela a seguir contém a média dos resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 5: Resultados dos ensaios laboratoriais

RESULTADOS OBTIDOS					
ENSAIO	SLUMP (CM)	RELAÇÃO A/C	RESISTÊNCIA (Mpa)		
			3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
AMOSTRA 1	10	0,60	31	39	46
AMOSTRA 2	4	0,60	23	29	41
AMOSTRA 3	10	0,70	19	22	28

Fonte: (Autora, 2020)

3.2 Análise dos resultados

Com base nos resultados obtidos nos ensaios, foi possível calcular:

- O percentual de redução de água com a utilização do aditivo redutor de água tipo 1;
- O percentual do aumento da trabalhabilidade com a utilização do aditivo redutor de água tipo 1 (abatimento);
- O percentual de redução da resistência das amostras sem aditivo.

Os resultados estão organizados nas tabelas a seguir:

Tabela 6: Análise de eficiência do aditivo polifuncional utilizado

DESEMPENHO AMOSTRA 1	
GANHO DE ABATIMENTO	60%
REDUÇÃO DE ÁGUA	18,75%

Fonte: (Autora, 2020)

Verifica-se uma redução de água bastante expressiva, considerando o tipo de aditivo usado, atendendo perfeitamente à NBR 11768/19, que estabelece redução de água no mínimo 8%. É válido lembrar que o efeito do aditivo depende da compatibilidade com cada cimento e também os demais materiais constituintes do traço, podendo variar a sua eficiência. Por isso a importância da realização de ensaios de desempenho.

Tabela 7: Análise do desenvolvimento das resistências

ENSAIO	PERCA DE RESISTÊNCIA EM COMPARAÇÃO À AMOSTRA 1		
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
AMOSTRA 2	25,80%	25,64%	10,86%
AMOSTRA 3	38,70%	43,59	39,13%

Fonte: (Autora, 2020)

A amostra 2 apresentou lentidão no desenvolvimento das resistências iniciais, o que reafirma a ideia de que concreto mais fluido desenvolve resistências iniciais mais altas. Apesar de ter apresentado resistência final com um pequeno percentual de redução, sua desvantagem é bastante relevante na questão da consistência obtida. Apresentando baixa trabalhabilidade, o que reduz muito sua aplicabilidade. Concreto de difícil lançamento, adensamento e acabamento.

Como já prevista pela lei de Abrams com o aumento da relação água/cimento, a resistência da amostra 3 sofreu uma queda considerável na sua resistência, em comparação à amostra 1 e 2. Ressaltando que essa não é a melhor alternativa para obter boa trabalhabilidade do concreto.

4 CONCLUSÃO

As vantagens do uso de aditivos redutores de água se apresentaram de forma incontestável. Pois proporcionam diversos benefícios para o setor construtivo, através da melhoria da trabalhabilidade, da redução de custos e do ganho de desempenho estrutural do concreto, com a redução da relação a/c que é uma poderosa propriedade capaz de definir importantes características ao concreto. Além da proposta sustentável em sua utilização, que certamente é um ponto de grande relevância nos tempos atuais.

Considerando a grande ramificação de serviços que são integrados aos processos construtivos. A conscientização do setor da construção civil sobre a resistência e a durabilidade das estruturas é de grande importância, tanto para aspectos relacionados à segurança e custos financeiros, como também a impactos ambientais. Pois reformas e retrabalhos, geram além de desperdícios de material e de recursos naturais, a necessidade constante da exploração desses recursos. E o fluxo de todos esses processos que envolvem a construção civil acaba contribuindo ainda mais para o aumento da poluição ao meio ambiente. Então é fundamental assegurar a qualidade do concreto, para que seu desempenho esteja dentro dos parâmetros esperados.

A durabilidade do concreto não pode ser medida e nem estimada com exatidão, devido aos diversos fatores que podem influenciar nesta propriedade. Portanto estabelecer a qualidade do concreto como requisito básico e extremamente importante, é o primeiro passo para garantir maior tempo de durabilidade do mesmo. Nesse sentido, os aditivos redutores de água se mostraram grandes aliados da qualidade do concreto. Considerando a importância que a qualidade tem para a construção civil, compreende-se a grande contribuição do objeto de estudo para otimizar o desempenho do concreto no estado fresco e endurecido, possibilitando assim que diversos processos sejam melhorados, e também novas tecnologias sejam desenvolvidas, proporcionando a evolução dos métodos construtivos em nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HELENE, P. & ARAGÃO, G. **No prumo**, 1º Edição, 2017.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

PASSUELO, A., et. al. **Concreto ensino pesquisas e realizações**, Vol.1, IBRACON 2005.

ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Editora Arte Interativa, 2011. v. 1.

FREITAS JR, José de Almendra. **Materiais de construção (TC-031): aditivos e adições minerais para concreto**. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2020/08/TC-031-Aditivos-2020.pdf>. Acessado em: 08 de julho de 2020.

IBI, Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**. 2015.v. 1.

ABESC, Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil. **Manual concreto dosado em central**. São Paulo, Abril, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:

_____.NBR 11768-1: **Aditivos para concreto de cimento Portland**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2019.

_____.NBR 12654 - **Controle tecnológico. Procedimento**.

_____.NBR 5738: **Concreto. Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos. Método de ensaio**.

_____.NBR 12655: **Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação** — Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____.NBR 7223 -MB 256- NM 67: **Concreto- determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone**. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 5739: **Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

_____.NBR 7212 - **Concreto. Execução do concreto em Central**. Procedimento.

Rio de Janeiro, 1984.

CAMARGO QUIMICA. Disponível em: <https://camargoquimica.com.br/blog/>

Acessado em: 19 de setembro de 2020.

GCP APPLIED TECHNOLOGIES. Disponível em: <https://gcpat.com.br/pt-br>.

Acessado em: 22 de setembro de 2020.

REVISTA CONSTRUCHEMICAL, **Hiperplastificantes e superplastificantes para concreto: alta performance com apelo sustentável**. São Paulo: Agnelo, 2014.

Disponível em:

<https://www.construchemical.com/edicao/16/files/assets/common/downloads/publication.pdf> . Acesso em: 08 novembro. 2020.

IBRACON. Seminário sobre pesquisas e obras em concreto auto adensável.

Disponível em: <http://ibracon.org.br/eventos/58cbc/Palestras/05Cristyan.pdf>.

Acessado em: 13 de novembro de 2020.

CIMENTO ITAMBÉ. **Concreto com Cimento Portland: o segundo material mais consumido no mundo**. Disponível em:

<https://www.cimentoitambe.com.br/atendimento-360o/palestras/>. Acessado em: 06 de outubro de 2020.

KURTZ, Clóvis. **Aditivos químicos redutores de água para concreto de cimento portland**. Kurtz Empreendimentos, Florianópolis, 2017.