

DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL – AVALIAÇÃO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

DOSAGE OF CONVENTIONAL CONCRETE – EVALUATION OF SUPERPLASTICIZING ADDITIVES

SANTOS, Kaio Henryque Roseno¹; LIMA, Joarle Oliveira²; ALVES, Marcos Vinicius³; TENÓRIO, Helen Oliveira⁴.

RESUMO

A aplicação do aditivo superplastificante no concreto, tem como finalidade a redução da água de amassamento sem alterar o tempo de pega do concreto. O desenvolvimento dessa pesquisa tem o intuito de contribuir com NBR 14931:2023, essa investigação será desenvolvida para comparar diferentes tipos de aditivos, para fins comparativos de ensaio de Slump Test, Flow test e ensaio de resistência a compressão. Para fazer uma dosagem em concreto convencional tendo como objetivo aumentar a resistência do concreto e durabilidade com focado em obras de pequeno porte, isto é para determinar o efeito de utilizar aditivos ao nível do concreto convencional com a finalidade ser de aumentar a estabilidade e a resistência mecânica do material. De certa forma, o objetivo é averiguar em que medida a absorção afeta a perda da água e as mudanças nas propriedades do concreto. O experimento é baseado nos testes das amostras laboratoriais do concreto dependente da quantidade do superplastificante e daqueles concernentes à resistência e textura. Por outro lado, os resultados mostram que o uso correto do superplastificante pode diminuir a relação da água com o cimento sem afetar a água, e, portanto, aumenta a durabilidade do concreto. Por fim, a utilização dos superplastificantes facilita muitos os desenvolvimentos do concreto de alta qualidade, barato, e agradável ao meio ambiente, os aditivos obteve um grande ganho de resistência e não foi um resultado esperado na pesquisa.

Palavras-chave: Dosagem de concreto, Aditivos químicos e Sustentabilidade na construção.

ABSTRACT

The purpose of applying the superplasticizing additive to concrete is to reduce mixing water without altering the concrete's setting time. The development of this research is intended to contribute to NBR 14931:2023, this investigation will be developed to compare different types of additives, for comparative purposes of Slump Test, Flow test and compression resistance test. To make a dosage in conventional concrete with the aim of increasing the concrete's strength and durability with a focus on small works, that is to determine the effect of using additives at the level of conventional concrete with the aim of increasing stability and resistance mechanics of the material. In a way, the objective is to find out to what extent absorption affects water loss and changes in concrete properties. The experiment is based on tests of laboratory samples of concrete depending on the amount of superplasticizer and those concerning strength and texture. On the other hand, the results show that the correct use of superplasticizer can reduce the water to cement ratio without affecting the water, and therefore increases the durability of the concrete. Finally, the use of superplasticizers facilitates the development of high-quality, cheap, and environmentally friendly concrete. The additives achieved a great gain in resistance and this was not an expected result in the research.

Keywords: Concrete dosage, Chemical additives and Sustainability in construction.

¹ Graduando concluinte do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Faculdade Unida de Campinas - FacUnicamps. E-mail: marcosvps3636@gmail.com

¹ Graduando concluinte do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Faculdade Unida de Campinas - FacUnicamps. E-mail: joarleoliveiralima@gmail.com.

¹ Graduando concluinte do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Faculdade Unida de Campinas - FacUnicamps. E-mail: ccmaksudokaio@gmail.com.

¹ Professor orientador do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas - FacUnicamps. E-mail: helen.tenorio@facunicamps.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A composição do concreto tradicional é fundamental na engenharia civil porque garante que as misturas atendam às necessidades de resistência, durabilidade e maneabilidade para uma variedade de aplicações na construção. Este procedimento requer a mistura adequada de materiais como cimento, agregados (grãos e miúdos), água e, frequentemente, aditivos químicos. A performance do concreto depende da mistura adequada desses componentes. Os aditivos para concreto ou argamassa são importantíssimos para a modificação do produto, tendo como benefício algumas características específicas do aditivo que acelera ou retarda o tempo de pega, aumenta a durabilidade, reduz a quantidade de cimento utilizado, além de aumentar a plasticidade do concreto.

A não dosagem adequada do concreto pode resultar em problemas como insuficiência de resistência, baixa durabilidade e retração, que podem levar à formação de trincas. Além disso, a alteração na consistência do concreto pode impactar sua aplicação. O uso de aditivos, especialmente os superplastificantes, podem melhorar a resistência, a umidade e contribuir para a retenção de infiltrações futuras. Esses superplastificantes se destacam entre os aditivos, porque aumentam a fluidez da mistura permitindo a redução do conteúdo de água sem comprometer a trabalhabilidade. O cimento, que reage com a água e forma uma pasta que “segura” o concreto resultante, tem maior resistência e durabilidade. O produto da reação entre o cimento e a água, é a pasta que cobre e prende os agregados graves e finos, proporcionando resistência. A pasta deve ter suficiente água, mas muito, enfraquece o cimento. Os agregados grossos e finos são os gastos de 70% a 80% do volume total do concreto, e são separadamente agregados finos e grãos, que fornecem desgaste e defesa contra migração de umidade. A brita e a areia são os mais comuns e, portanto, sua claridade é vital.

A dosagem de aditivos é uma prática cada vez mais presente na construção de concretos, pelo fato de conferirem à mistura novas propriedades específicas, como aceleração ou retardamento do tempo de pega, aumento da plasticidade, ou mesmo diminuição da quantidade de cimento necessário para a obtenção da resistência desejada. Entre eles, o uso de superplastificantes é especialmente necessário. Além disso, eles permitem que o concreto tenha água, tornando-o particularmente útil para as características especiais, como novas betonagens ou estruturas altas.

No entanto, as dosagens dos componentes não devem ser inadequadas, porque neste caso, a qualidade do concreto é extremamente fraca, insuficientemente resistente, perdendo durabilidade e retração. É mais provável que irá trincar e rachar. Sua consistência muda no que é precisamente aplicado, e o efeito no qual é aplicado. Para produzir um concreto com as propriedades mecânicas corretas, que garantam uma estrutura durável e segura, a dosagem correta e combinação de todos os componentes em relação às propriedades desejadas e condições ambientais, são necessárias.

A dosagem de concreto convencional é um aspecto fundamental na engenharia civil, pois a forma como os materiais são combinados afeta diretamente a qualidade das estruturas. Com o avanço das técnicas de construção e a crescente demanda por materiais que ofereçam resistência e durabilidade, o uso de aditivos superplastificantes se tornou cada vez mais comum.

Avaliar como os superplastificantes influenciam na dosagem do concreto convencional, requer uma análise cuidadosa de vários fatores, como a resistência à compressão, a durabilidade e o desempenho em condições adversas. Além disso, esses aditivos podem afetar o tempo de pega do concreto, o que possibilita ajustes na mistura de acordo com as necessidades de cada projeto.

1.1. Objetivo Geral:

Este estudo tem como propósito analisar como três tipos diferentes de aditivos influenciam no desempenho do concreto, utilizando um traço mestre como base para as comparações. A pesquisa se concentrou na avaliação das propriedades mecânicas, como a resistência à compressão, e na trabalhabilidade do concreto, buscando compreender como cada aditivo afeta essas características. O objetivo é identificar qual dos aditivos proporciona os melhores resultados e, assim, oferecer orientações práticas para a formulação de misturas de concreto mais eficientes. Além disso, espera-se que as conclusões desta pesquisa ajudem profissionais da construção civil a selecionar os aditivos mais apropriados para suas necessidades, contribuindo para a qualidade e durabilidade das obras.

1.2. Objetivos específicos:

- **Adição e Teste de Aditivos** - Incorporar os três aditivos escolhidos ao traço mestre de concreto e realizar uma série de testes, incluindo ensaios de rompimento dos corpos de prova, ensaio de abatimento (slump test). Esses testes ajudarão a entender como os aditivos alteram as características do concreto.

- **Comparação dos Desempenhos – (Nesta etapa)** avaliar o desempenho de cada aditivo, coletando dados sobre a resistência a compressão e a trabalhabilidade do concreto. Isso permitirá uma comparação clara sobre o impacto de cada aditivo nas propriedades do material.
- **Interpretação dos Resultados** – Consiste em analisar os resultados dos testes e discutir como cada aditivo se comportou em relação ao desempenho do concreto. Essa análise considera tanto as vantagens quanto as desvantagens de cada um, além de como essas características podem afetar o uso do concreto em obras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Concreto

O concreto é um tipo de concreto mais utilizado em construção, composto essencialmente por cimento, água, areia e brita, e em alguns casos, com as especificações de projetos pode-se incluir a adição de alguns possíveis aditivos. Ele é muito utilizado na construção civil, por apresentar uma resistência a compressão e versatilidade, sendo o mais prático e fácil de ser aplicado, sendo adequado para aplicação de diversos tipos de obras como fundações, lajes, pilares, vigas e tampa para poço de visita. Sua característica padrão o torna o tipo de concreto mais prático para execução de construções padrões, sendo suficiente para construções comuns. (Kellermann; 2019).

A dosagem do concreto é o processo de definição da proporção dos materiais que compõem o concreto, buscando alcançar um equilíbrio entre resistência, trabalhabilidade, durabilidade e economia. A proporção entre cimento, água, agregados e aditivos é ajustada para atender às necessidades estruturais e características específicas do projeto. (Negr, p. 1-16, 2023.)

Materiais do Concreto

- Cimento – É um agente ligante, que em contato com a água, inicia o processo de hidratação e endurecimento do concreto base. A quantidade de cimento pode influenciar diretamente e indiretamente na resistência e durabilidade do concreto.
- Água – É o elemento essencial para a realização do concreto. Com ele pode-se hidratar o cimento, mas a aplicabilidade dele deve ser cuidadosa, já que seu excesso pode comprometer a resistência. A relação água/cimento é um fator crítico para a qualidade do concreto.
- Areia – É o material responsável por preencher e dar volume ao concreto.
- Brita – É o material que agrega volume e fornece uma resistência estrutural, sendo vital para reduzir a quantidade de cimento necessário no traço de concreto base.
- Aditivos - São agentes químicos, que podem ser plastificantes, superplastificantes e aditivos alto adensável, entre outros, que podem ser usados para melhorar a trabalhabilidade, a durabilidade ou para reduzir o consumo de água.

2.1.1. Etapas da Dosagem

De acordo com o manual de aditivos químicos para concreto, do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (2021), relata que ao identificar o traço base, se obtém as propriedades necessárias para a realização do concreto. Com ele já traçado, se tem a resistência característica, trabalhabilidade, durabilidade e com isso, já pode-se implantar em vários tipos de estrutura. A correlação da aplicação de água e cimento, estabelece a resistência e a forma de trabalhar necessária. Em geral, com a aplicação de aditivo, a aplicação de água no concreto diminui e aumenta a resistência e durabilidade.

Os agregados serão escolhidos e estabelecidos conforme a necessidade da estrutura, e isso, só será possível, ao saber a estrutura do traço de concreto, conforme a granulometria e a densidade, para reduzir o consumo de cimento e otimizar a mistura. Aditivos químicos podem ser adicionados para facilitar o processo de mistura, melhorar a aplicação na obra, assim, podendo chegar a uma melhor resistência e uma melhor forma de trabalho. (Negre; 2023.)

A dosagem do concreto deve ser realizada na escolha de materiais como agregados, cimento, sílica, aditivos, entre outros. Essa escolha deve ser feita para que o traço de concreto atenda requisitos específicos como melhor resistência, melhor trabalhabilidade, melhor durabilidade, entre outros. (Paulino e Gomes, 2015). Existem parâmetros que podem influenciar

diretamente no traço base do concreto, e esse pode ser para atender e desenvolver uma melhor:

- **Resistência**

É a capacidade do concreto moldado e aplicado em diversas estruturas, de suportar uma determinada carga sem ocorrer o rompimento. Normalmente ela é medida pelo processo de resistência da compressão, que no Brasil e em outros países, geralmente é dada em MPa.

A resistência desejada influencia a quantidade de cimento no concreto, pois o cimento é o material que proporciona maior resistência. Para uma resistência mais alta, é necessário um teor de cimento maior, e com isso, é relacionado uma proporção adequada de água, que evita excessos que podem reduzir a resistência final.

- **Trabalhabilidade**

É o processo realizado na adaptação e criação de um traço de concreto que possibilita uma melhor facilidade e manuseio na aplicação do concreto na obra. É necessário que esse traço seja prático o suficiente para o transporte, lançamento e adensamento em cada obra.

Para garantir uma melhor facilidade na aplicação do concreto, deve-se ajustar a quantidade de água e o tipo de areia e brita, como o canteiro de obra ou um local de fácil acesso para o caminhão de concreto. Para obra que tem algum local de difícil acesso, ao local de aplicação do concreto na estrutura, é necessário concreto mais fluido (o que talvez, possibilitará um aditivo alto adensável).

2.2. Aditivos químicos para concreto

Segundo Monteiro em 2014 aditivos superplastificantes, são compostos químicos, acrescentados ao concreto, que tem como objetivo principal melhorar a fluidez e a forma de trabalhar, reduzindo a necessidade de acrescentar uma alta quantidade de água. Este processo é de vital importância, já que com ele, pode-se garantir que o concreto atenda aos requisitos de resistência e durabilidade, que são especificados em projeto e necessários em determinadas estruturas, pois em um concreto que tem um teor excessivo de água pode resultar em perda de resistência, aumento da porosidade e menor durabilidade.

Principais Características que os Superplastificantes podem beneficiar no traço de concreto:

- **Redução da Água** - Superplastificantes permitem que em determinado traço de concreto seja reduzida a quantidade de água em cerca de 30%. Assim, o concreto se mantém com a mesma resistência, melhora a durabilidade e trabalhabilidade.
- **Aumento da Resistência** - Ao reduzir a quantidade de água no traço de concreto, a

proporção de água e cimento também é alterada, mas com a adição de algum aditivo pode-se aumentar a resistência mecânica e a durabilidade do concreto.

- **Facilidade de Bombeamento** - Com um concreto que tem uma melhor homogeneização, o concreto será mais facilmente bombeado e lançado e será também mais fácil de bombear e de lançar em estruturas de difícil acesso, já que com ele mais fluido a bomba de determinado equipamento não se esforça demais, garantindo preenchimento completo de fôrmas sem espaços vazios com densidade de armaduras.

Plastificantes vs. Superplastificantes

Plastificantes - Melhoram a forma de trabalhar, mas com redução de água limitada em cerca de 15%. São utilizados em concretos comuns que não exigem alta fluidez.

Superplastificantes - Reduzem a água em mais de 30% por cento e são usados em concretos com um alto desempenho, como traços de concretos autoadensáveis, que é necessária uma alta fluidez e mantêm resistência mais elevada que em traços de concreto padrão.

2.3. Aditivos Redutores de Retração

São usados geralmente para diminuir a contração do volume do concreto durante o tempo de cura, que pode reduzir o risco de fissuras, rachaduras e trincas. Como elas não afetam diretamente a retração, ao controlar a quantidade de água utilizada no concreto, isso poderá contribuir indiretamente para a redução da fissuração nas estruturas.

Essa proporção da adição do aditivo pode variar dependendo das características específicas do concreto que é desejado e da qualidade dos materiais disponíveis no local da obra. A dosagem deve ser realizada de acordo com testes de resistência e trabalhabilidade para atender aos requisitos do projeto.

2.4. A importância dos superplastificantes na produção de concretos de alta resistência e alto desempenho.

2.4.1. Redução da Relação Água/Cimento (a/c)

Em concretos de alta resistência, é essencial que a relação seja baixa para diminuir a porosidade e aumentar a resistência e durabilidade. (METHA; MONTEIRO, 2014; WANG, et al., 2012). Superplastificantes permitem diminuir consideravelmente a quantidade de água necessária para manter uma melhor forma de trabalho, mantendo uma relação de água e cimento mais baixo sem comprometer a fluidez da mistura.

De acordo com Aïtcin e Flatt (2016) essa redução da água e cimento é vital para ter a

possibilidade de ter uma resistência muito elevada que pode ser superior a 50 Mpa, uma resistência comum em concretos de alta resistência e concretos de alto desempenho.

2.4.2. Melhoria na Trabalhabilidade sem Perda de Resistência

Um estudo realizado por Yang e outros (2018) diz que para concretos de alta resistência e concretos de alto desempenho é necessário uma alta concentração de cimento e, geralmente, uma mistura rica em agregados finos. Superplastificantes tornam a mistura mais maleável, o que facilita no transporte do concreto, lançamento e adensamento, mesmo em fôrmas com uma maior dificuldade de realizar a concretagem ou densamente armadas, sem adicionar água que prejudicaria a resistência final.

Os superplastificantes ajudam a obter uma mistura mais homogênea e consistente, com menos espaços vazios. Com eles reduzindo a porosidade do concreto, aumentando sua resistência a agentes agressivos como cloretos e sulfatos, o que é fundamental para a durabilidade de Concreto autoadensável (CAD) em ambientes severos. (Paulino e Gomes, 2015)

Ainda neste mesmo contexto, em outro estudo, Wang e colaboradores (2012) apontam que em muitos projetos de CAD, como estruturas de grande altura ou com formas complexas, é preciso que o concreto seja bombeável e alcance locais de difícil acesso.

Segundo Freitas Jr. (2017) a redução na quantidade de água e, em alguns casos, de cimento, proporcionada pelos superplastificantes também contribui para a sustentabilidade. Concretos mais densos e duráveis, necessitam de menos manutenção e apresentam maior vida útil, o que reduz o consumo de recursos a longo prazo.

2.5. Efeitos dos Superplastificantes na Dosagem de Concreto Convencional

Os superplastificantes, adicionados e utilizados em concretos convencionais, permitem um controle mais eficaz sobre a dosagem e melhoram significativamente as propriedades do concreto fresco e endurecido. Abaixo estão os principais efeitos dos superplastificantes na dosagem de concreto convencional. (Irevista tecnologia, 2013)

2.5.1. Redução da Relação Água/Cimento (a/c)

Segundo Freitas Jr. (2017) os superplastificantes permitem reduzir a quantidade de água necessária para atingir a trabalhabilidade desejada, mantendo uma boa consistência. Isso ocorre porque eles dispersam melhor as partículas de cimento, permitindo maior fluidez sem adicionar mais água. Uma menor relação a/c resulta em um concreto mais denso e com menor porosidade. Essa redução de porosidade aumenta a resistência à compressão, mesmo em concreto

convencional.

Os superplastificantes aumentam a fluidez da mistura, facilitando o transporte, o lançamento e o adensamento do concreto fresco. Esse efeito é especialmente útil em locais de difícil acesso ou em estruturas com armaduras densas, onde uma mistura mais fluida permite melhor preenchimento das fôrmas. (Nelville; Brooks, 2013).

2.5.2. Impacto na Durabilidade

Conforme Barros (2016) ao permitir uma dosagem de concreto com menor relação a/c , os superplastificantes resultam em uma estrutura menos porosa e mais resistente, à penetração de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos. Ao reduzir a relação água/cimento e melhorar a compactação do concreto, os superplastificantes contribuem para um ganho de resistência mais rápido nas primeiras idades do concreto. Isso é vantajoso em obras convencionais onde se busca um tempo de desforma mais curto.

2.6. Efeito na Economia de Materiais

Em muitos casos, o uso de superplastificantes pode permitir uma redução na quantidade de cimento, uma vez que a resistência desejada pode ser alcançada com uma menor relação a/c . Isto contribui para a economia de materiais, redução de custos e menor impacto ambiental através de um menor consumo de cimento. (JUNIÓR. 2017)

2.7. Influência na Trabalhabilidade do Concreto Fresco

Os Superplastificantes melhoram a fluidez do concreto, facilitando o manuseio e a aplicação da mistura. Isso é feito por meio da redução da tensão superficial entre as partículas do cimento e dos agregados, facilitando o fluxo do concreto e assim causando a melhoria na fluidez. Os superplastificantes ajudam a garantir uma distribuição uniforme dos materiais na mistura. Isto é fundamental para evitar a segregação dos agregados e garantir que o concreto atinja todas as áreas da fôrma e principalmente em locais com armaduras densas. (Yang e outros. 2018)

2.8. Influência na Resistência do Concreto Endurecido

A principal função dos superplastificantes é permitir uma redução na quantidade de água sem comprometer a trabalhabilidade. Essa redução resulta em uma menor relação água/cimento, o que é crucial para aumentar a resistência do concreto. Um concreto com menor relação água/cimento, apresenta menos espaços vazios, o que aumenta a densidade do material.

Essa densidade reduz a permeabilidade, tornando o concreto mais resistente a agentes agressivos (como cloretos e sulfatos) que podem causar degradação. (ARCE, MÔNEGO e

MOURA, 2017).

Os superplastificantes podem permitir que o concreto alcance resistência inicial mais rapidamente, devido a melhor compactação e a menor quantidade de água. Isso é vantajoso em projetos onde o tempo de desforma e o ciclo de construção são fatores importantes. Em resumo, os superplastificantes têm um papel fundamental na melhoria da trabalhabilidade do concreto fresco, tornando-o mais fluido e fácil de manusear. (ARCE, MÔNEGO e MOURA, 2017)

2.9. Vantagens e Desvantagens no Uso de Superplastificantes

Os superplastificantes oferecem muitas vantagens na produção de concreto, incluindo aumento da resistência, melhoria da trabalhabilidade e sustentabilidade. No entanto, seu uso deve ser gerenciado com cuidado devido ao custo, potencial de retração e necessidade de controle rigoroso na dosagem. O equilíbrio entre as vantagens e desvantagens deve ser considerado em função das exigências específicas do projeto e do ambiente em que o concreto será utilizado. (Barros, 2016)

Vantagens do Uso de Superplastificantes

- Permitem uma significativa redução na quantidade de água necessária para a mistura, o que resulta em concreto mais denso e resistente.
- Com a menor relação água/cimento e a redução da porosidade, os superplastificantes contribuem para aumentar a resistência na compressão do concreto, melhorando sua durabilidade.
- Aumentam a fluidez do concreto, facilitando o transporte, lançamento e adensamento, especialmente em locais de difícil acesso ou em estruturas com armaduras densas.
- O ganho de resistência inicial mais rápido, possibilita que o concreto seja desenhado e utilizado em um menor tempo, aumentando a eficiência da obra.
- Podem ser usados em diversos tipos de concreto, incluindo concreto autoadensável, concreto de alto desempenho e em projetos que exigem propriedades específicas, como resistência a ataques químicos.
- Ao permitir uma menor utilização de água e cimento, contribuem para a sustentabilidade na construção civil, reduzindo o impacto ambiental.

Desvantagens do Uso de Superplastificantes

- O uso de superplastificantes pode aumentar o custo total da mistura, já que esses aditivos são mais caros do que os componentes tradicionais do concreto.

- Se não forem utilizados corretamente, os superplastificantes podem aumentar a retração do concreto, resultando em fissuras e comprometendo a durabilidade da estrutura.
- A dosagem de superplastificantes deve ser cuidadosamente controlada. Quantidades excessivas podem levar a um concreto excessivamente fluido, que pode ser difícil de manejar e pode causar segregação dos materiais.
- A eficácia dos superplastificantes pode ser afetada por fatores como temperatura e umidade, o que pode exigir ajustes na dosagem e no processo de aplicação.

Em alguns casos, o uso de superplastificantes pode afetar a durabilidade a longo prazo, se não forem adequadamente compatíveis com outros materiais utilizados na mistura.

2.10. Impacto Ambiental e Sustentabilidade

O uso de superplastificantes na produção de concreto pode ter um impacto significativo na sustentabilidade da construção civil, contribuindo para a economia de cimento e na redução da emissão de CO₂. Abaixo estão algumas maneiras em que esses aditivos promovem a sustentabilidade. (Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 2019)

Economia de Materiais e Recursos

A utilização de superplastificantes resulta em menor necessidade de água na mistura, o que é benéfico tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Esta redução no consumo de água é especialmente importante em regiões onde a escassez hídrica é uma preocupação. A capacidade de produzir concreto com alto desempenho e resistência significa que as estruturas podem ser mais esbeltas e leves, reduzindo a quantidade de materiais necessários para a construção, como aço e outros componentes. (Barros, 2016)

Metodologia:

Método Utilizado

Para a realização deste trabalho, optou-se por rodar o concreto em campo, tendo como objetivo realizar o traço base e a dosagem do concreto com 3 tipos de aditivos. O traço foi desenvolvido de acordo com o traço fornecido pela empresa do canteiro de obra. Esse traço será usado como base de comparação de acordo com os aditivos que serão utilizados no concreto.

O método utilizado para o traço de concreto cumpriu a seguinte ordem: areia, brita, cimento, sílica ativa, água e o Superplastificante. Após bater o concreto por 10 (Dez) Minutos,

foi realizado o ensaio de Slump-Test de 0 e 30 minutos conforme a NBR NM 67:1998 e moldagem do corpo de prova conforme a NBR 5738/2015 por fim, após 24 horas da moldagem se inicia o rompimento de corpo de prova.

Logo após o ensaio de compressão destes corpos de prova foi obtido os resultados e com eles foi possível realizar a comparação destes concretos com adição de aditivos diferentes, para a condução do estudo. O concreto foi produzido e testado diretamente em campo, possibilitando um maior controle das condições de execução e a verificação na prática. A produção do concreto seguiu o seguinte método.

1- Dosagem do concreto

Inicialmente, definiu-se um traço base para o concreto, contendo areia, brita, cimento, sílica ativa, água e aditivos. A ordem de adição dos materiais foi planejada para garantir uma mistura homogênea e otimizar a ação dos aditivos. O procedimento de dosagem do concreto foi executado seguindo as proporções pré-definidas para cada aditivo, garantindo a consistência e precisão entre os ensaios.

2 - Mistura e Tempo de Amassamento

Após a dosagem dos materiais, o concreto foi misturado em uma betoneira durante 10 minutos. Esse tempo de mistura foi considerado adequado para promover uma incorporação completa dos aditivos e assegurar a homogeneidade da massa de concreto na betoneira.

3- Realização do Slump Test

Ensaio de Abatimento de Concreto (slump-test) conforma a norma NBR NM 67:1998. O objetivo desse ensaio é avaliar a trabalhabilidade e a fluidez do concreto, características essenciais para a qualidade da mistura e facilidade de aplicação. O teste de abatimento permite observar a consistência do concreto, indicando o grau de fluidez a partir da medida do abatimento em centímetros. Quanto maior o abatimento, mais fluido e fácil de manusear é o concreto, o que facilita seu uso em aplicações que exigem boa acomodação da mistura.

4 - Moldagem do corpo de prova

Em seguida, o concreto foi moldado em corpos de prova cilíndricos, respeitando as normas técnicas para ensaios de compressão. Os corpos de prova foram mantidos em condições controladas de cura durante as primeiras 24 horas.

5 - Ensaio de Rompimento

O Ensaio de Rompimento dos corpos conforme a NBR 5739:2018, foi realizado nos intervalos de 1, 3, 7 e 14 dias, escolhidas estrategicamente para monitorar tanto o desenvolvimento inicial, quanto o intermediário da resistência do concreto. Em cada uma dessas idades, a resistência a compressão foi medida por meio de uma máquina de ensaio de compressão devidamente calibrada e específica para esse tipo de teste, registrando-se a carga máxima suportada por cada corpo de prova até o rompimento.

As informações foram obtidas através dos ensaios:

Avaliação da Influência dos Aditivos na Resistência da Compressão - Cada aditivo foi incorporado ao concreto em proporções padronizadas, visando garantir a uniformidade e permitir comparações precisas entre as misturas. O efeito de cada aditivo sobre a resistência da compressão e a trabalhabilidade do concreto foi cuidadosamente monitorado e registrado, proporcionando uma análise aprofundada do desempenho de cada aditivo ao longo do período de 14 dias. A análise comparativa também permitiu avaliar o impacto dos aditivos no comportamento da mistura em diferentes períodos de cura, oferecendo uma visão completa de seu desempenho ao longo do tempo.

Para atingir os objetivos da pesquisa, foram prolongados testes que possibilitaram examinar como o concreto se comportaria ao ter diversos tipos de aditivos adicionais. Os estágios e testes realizados foram os seguintes:

A Tabela 1.6 apresenta o método utilizado para a realização da pesquisa em campo.

Etapa	Descrição	Detalhes Adicionais
Preparação da Mistura	Preparação da mistura com materiais: areia, brita, cimento, sílica ativa, água e superplastificante.	Ordem de adição dos materiais: areia, brita, cimento, sílica, água e superplastificante.
Mistura na betoneira	Mistura dos componentes do concreto em betoneira durante 10 minutos.	Tempo de mistura: 10 minutos para garantir homogeneidade.

Etapa	Descrição	Detalhes Adicionais
Ensaio de Abatimento (Slump Test)	Medição do abatimento (Slump), em 0 minutos e 30 minutos para avaliar a consistência e trabalhabilidade em duas etapas do concreto.	Cone de concreto é levantado do molde e medido o abatimento em cm.
Moldagem dos Corpos de Prova	O concreto é moldado em corpos de prova cilíndricos.	Os corpos de prova seguem as normas de ensaio de compressão.
Cura Inicial (24 horas)	Corpo de prova moldado em canteiro de obra.	Após a cura inicial, os corpos de prova são imersos em água para cura contínua.
Ensaio de Compressão	Rompimento dos corpos de prova para medir a resistência da compressão nos períodos de 1, 3, 7 e 14 dias.	Cada período avalia o desenvolvimento da resistência ao longo do tempo.
Análise dos Resultados	Comparação dos desempenhos dos diferentes aditivos em resistência da compressão e trabalhabilidade.	Avaliação detalhada da eficácia de cada aditivo nas propriedades do concreto.

Fonte: Próprios autores

Materiais utilizados:

Tabela 1.1 apresenta o traço utilizado para 1 m³ de concreto usado no canteiro de obra.

Material	Quantidade para 1 kg/m ³
Cimento CP II-F-32	393,70kg/m ³ .
Areia (agregado miúdo)	787,40kg/m ³
Brita 0 (agregado graúdo)	1179kg/m ³
Água	137,8 L
Sílica ativa	(5% a 10% do peso do cimento)
Aditivo plastificante	97 ml a 100 ml (0,2% a 1% do peso do cimento)

Fonte: Construtora do canteiro

Tabela 1.2 representa a especificações do Cimento Portland CP II-F 32.

• CP II-F-32	Especificações ABNT	
ENSAIOS FÍSICOS		
Blaine (cm ² /g)	>2600	NBR NM 76
Tempo de início de pega (h:min)	>1	NBR NM 65
Tempo de fim de pega (h:min)	<10	NBR NM 65
Finura na peneira # 200 (%)	<12,0	NBR 11579
Finura na peneira # 325 (%)	—	NBR 9202
Expansibilidade a quente (mm)	<5,0	NBR 11582
Consistência normal (%)	—	NBR NM 43
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	—	NBR 7215
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	>10,0	NBR 7215
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	>20,0	NBR 7215
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	>32,0	NBR 7215
ENSAIOS QUÍMICOS		
Perda ao fogo (%)	<6,5	NBR 5743
Resíduo insolúvel (%)	<2,5	NBR 5744

• CP II-F-32	Especificações ABNT	
ENSAIOS FÍSICOS		
Trióxido de enxofre – SO ₃ (%)	<4,0	NBR 5745
Óxido de cálcio livre – CaO Livre (%)	–	NBR 7227
Óxido de magnésio – MgO (%)	<6,5	NBR 9203
Óxido de alumínio – Al ₂ O ₃ (%)	–	NBR 9203
Óxido de silício – SiO ₂ (%)	–	NBR 9203
Óxido de ferro – Fe ₂ O ₃ (%)	–	NBR 9203
Óxido de cálcio – CaO (%)	–	NBR 9203
Equivalente alcalino (%)	–	–

Fonte: (Ciplan Cimento Planalto Sa, 2024)

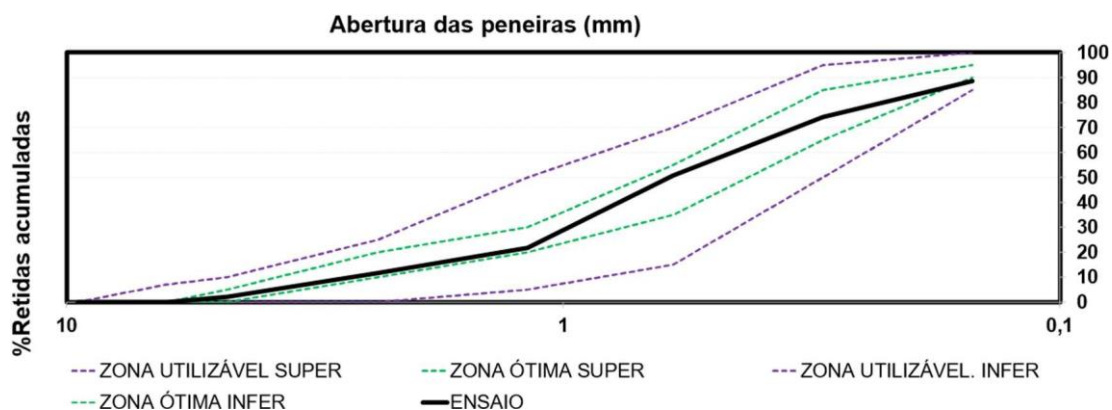
tabela 1.3 apresenta o ensaio de granulometria do agregado miúdo: areia natural lava e seca

NBR17054 DE 06/2022 - Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio					
Peneiras com aberturas de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	MASSA RETIDA (g)				
	M1 (g)	M2 (g)	Média (g)	Porcentagem retida individual	Porcentagem retida acumulada
9,5	0	0	0,0	0,0	0,0
6,3	0	0	0,0	0,0	0,0
4,75	21,45	20,55	21,0	2,1	2,1
2,36	97,61	95,62	96,6	9,6	11,7
1,18	100,77	101,55	101,2	10,1	21,8
0,600	291,49	289,63	290,6	28,9	50,7
0,300	232,12	240,25	236,2	23,5	74,2
0,150	143,04	144,25	143,6	14,3	88,5
FUNDO:	114,71	115,25	115,0	11,5	100,0

Massa Amostra:	1001,19	1007,10	Responsável ensaio:	Arthur Nathanael	
TOTAIS:	1001,19	1007,10	1004,1	100,0	
Módulo de Finura (NBR NM 248):	3,49		Dimensão máx. Característica (NBR 7211):	4,75	Mm
NBR17054 DE 06/2022 - CURVA GRANULOMÉTRICA					

Fonte: Construtora do canteiro

Tabela 1.3 - Ensaio de Granulometria da areia.



Fonte: (Contech, 2023)

- A tabela 1.4 apresenta o ensaio de granulometria do agregado graúdo: Brita 0 com granulometria adequada para o concreto:

Brita 0
Ref.: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira de 75 μm , por lavagem (NBR NM 46).
O material mais fino que a abertura da malha de 75 μm pode ser separado das partículas maiores de forma mais eficiente e completa por peneiramento úmido do que através do uso de peneiramento seco. Portanto, quando se deseja fazer determinações precisas do material mais fino que 75 μm em agregado miúdo ou graúdo, este método de ensaio deve ser utilizado previamente ao peneiramento seco para análise granulométrica do agregado. O resultado obtido foi o seguinte:
Teor de material pulverulento (%)
0,4
Quando o material fino que passa através da peneira 75 μm por lavagem, conforme procedimento de ensaio estabelecido na NBR NM 46, for constituído totalmente de grãos gerados durante a britagem da rocha, os valores podem ser alterados de 3% para 10% (para concreto submetido a desgaste superficial) e de 5% para 12% (para concreto protegido do desgaste superficial), desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica realizada de acordo com a NBR 7389, que os grãos constituintes acima da peneira de 150 μm não geram finos que interferem nas propriedades do concreto.

Fonte: (Laboratório Carlos Campos, 2019)

- Na figura 1.1 apresenta o aditivo Superplastificantes: CQ Flow 1850 SP tipo RA2, utilizado no concreto.



Fonte: (Camargo Química)

Função	Superplastificante para concreto
Base Química	Éter Policarboxilato
Aspecto	Líquido dourado
pH	3,7 – 5,7
Densidade	1,040 – 1,060 g/cm ³

- Na figura 1.2 apresenta o aditivo superplastificante ADVA Flow 880, utilizado no concreto.

Cor	Âmbar a Marrom
Aspecto	Líquido
Massa Específica	1,060 - 1,100

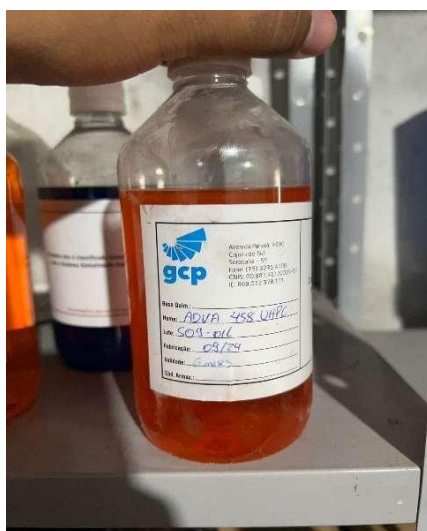
Figura 1.2 – Aditivo Superplastificante ADVA Flow 880



Fonte: (Chryso)

- Na figura 1.3 apresenta o aditivo superplastificante ADVA 458 UHPC, utilizado no concreto.

Cor	Laranja
Aspecto	Líquido
Massa Específica	1,075 - 1,115



Fonte: (Chryso)

Tabela 1.5 – Especificação da Sílica Ativa

• Elemento	Unidade	Valores
SiO ₂	%	mín.:85,0
H ₂ O	%	máx.:3,0
Perda ao fogo (975°C)	%	máx.:6,0
Índice de atividade pozolânica aos 7 dias	%	mín.:105
Partículas >45 um (325 mesh)	%	máx.:10,0
Elkem Microsilica 920-U		
Elemento	Unidade	valores
Densidade aparente	kg/m ³	<350
Elkem Microsilica 920-D		
Elemento	Unidade	valores
Densidade aparente	kg/m ³	>350

Fonte: (Elkem Microsilica)

- Água potável sem impurezas
- Na figura 1.4 apresenta a Betoneira utilizada no canteiro de obra.



Fonte: Os autores Kaio

- A figura 1.5 apresenta os cilindros de corpo de prova usado para moldar o concreto.



Fonte: Os autores Kaio

- A Figura 1.6 apresenta o Kit de Slump test utilizado para o ensaio de abatimento.

Figura 1.6 – Kit para ensaio de Slump



Fonte: Os autores Kaio

1. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados de cada traço de concreto, tanto com, como sem a adição de aditivos químicos, aplicando o método descrito na seção de metodologia. O traço base foi mantido inalterado para servir como referência, enquanto os traços que receberam aditivos foram preparados com a adição controlada de 100 ml de aditivo.

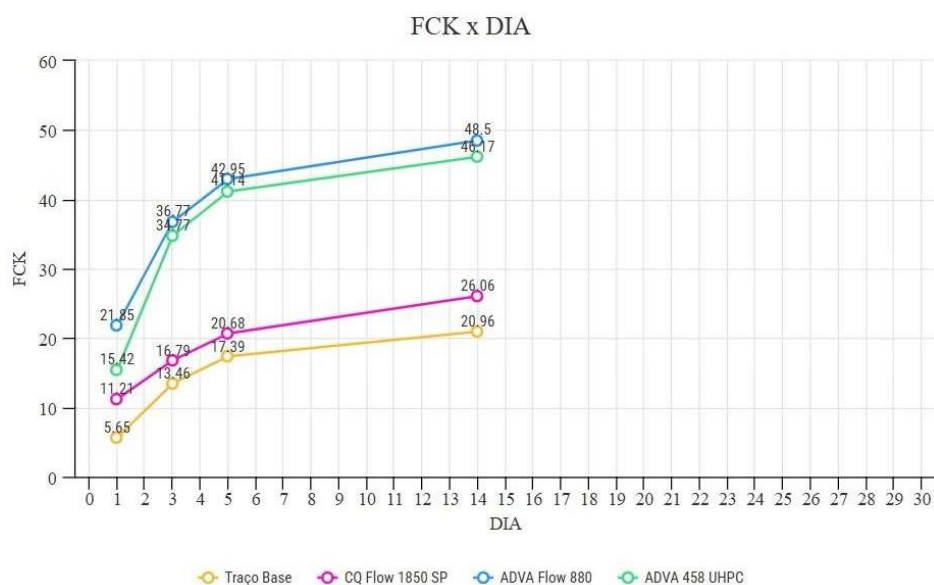
A Tabela 1.7 e a figura 1.8 apresentam os resultados dos ensaios de compressão realizados em corpos de prova cilíndricos, de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 5739/2018. Esses ensaios foram conduzidos para avaliar a resistência da compressão dos traços I, II, III e IV, permitindo uma análise comparativa entre as diferentes misturas de concreto. Os resultados obtidos refletem o desempenho de cada traço em relação a resistência mecânica, proporcionando dados essenciais para a avaliação das propriedades estruturais de cada composição testada.

Tabela 1.7 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

AMOST. N°	N° NF.:	VOL. (M³):	SLUMP (MM):	MOLD.:	ID.:	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL (MPa)			
						1 DIAS	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS
3478-1	CP1-1	NI	9 CM	15:40	Base	5,62	13,46	17,39	20,96
3478-2	CP1-2	NI	9 CM	15:40	Base	5,68	13,44	17,42	20,97
MEDIA						5,65	13,45	17,41	20,97
3479-1	CP2-1	NI	19,5 CM	16:19	CQ Flow 1850 SP	11,21	16,79	20,68	26,06
3479-2	CP2-2	NI	19,5 CM	16:19	CQ Flow 1850 SP	11,22	16,81	20,66	26,08
MEDIA						11,22	16,8	20,67	26,07
3480-1	CP3-1	NI	9,5 CM	16:49	ADVA Flow 880	21,85	36,77	42,95	48,5
3480-2	CP3-2	NI	9,5 CM	16:49	ADVA Flow 880	21,86	36,78	42,96	48,59
MEDIA						21,85	36,78	42,96	48,55
3481-1	CP4-1	NI	10,5 CM	17:56	ADVA 458 UHPC	15,42	34,77	41,14	46,17
3481-2	CP4-2	NI	10,5 CM	17:56	ADVA 458 UHPC	15,42	34,79	41,12	46,19
MEDIA						15,42	34,78	41,13	46,18

Fonte: Os autores Kaio

Figura 1.8 – Gráfico das resistências a compressa FCK x DIA.



Fonte: Os autores Marcos

Tabela 1.9 - Resultado de abatimento.

Ensaio de Slump-Test		
	0 min	30 min
Base	9 Cm	7 Cm
CQ Flow 1850 SP	19,5 Cm	16 Cm
ADVA Flow 880	9 Cm	7,8 Cm
ADVA 458 UHPC	10,5 Cm	8 Cm

Fonte: Os autores Marcos

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos através dos ensaios de rompimento de corpos de prova, conforme a norma **ABNT NBR 5739**, e no Slump Test, seguindo a norma **ABNT NBR 7223**, foi realizada uma análise dos dados experimentais obtidos.

Os dados obtidos por meio do ensaio de rompimento de corpos de prova, realizados de acordo com a norma **ABNT NBR 5739**, indicaram que os traços de concreto com adição de aditivos químicos apresentaram resistência da compressão significativamente superior em comparação ao traço base, que não recebeu aditivos.

Os resultados obtidos através do ensaio de slump test seguindo a norma **ABNT NBR 7223**, indicaram que com a adição dos aditivos químicos se obteve uma melhora em comparação ao traço base. Sendo essa melhora de cerca de até 10 % nos traços com o aditivo **ADVA 458 UHPC** e do **ADVA Flow 880**, já no traço com a adição do aditivo **CQ Flow 1850 SP** se obteve um resultado 2 vezes melhor em comparação ao traço base, visto que esse aditivo é um aditivo auto adensável.

Os resultados obtidos por meio do Slump Test, conduzido de acordo com a norma **ABNT NBR 7223**, demonstraram melhorias significativas na trabalhabilidade do concreto com a adição de aditivos químicos em comparação ao traço base. Observou-se um aumento de até 10% na consistência dos traços com a adição dos aditivos **ADVA 458 UHPC** e **ADVA Flow 880**. Já o traço contendo o aditivo **CQ Flow 1850 SP** apresentou um desempenho ainda mais expressivo, registrando uma melhoria na trabalhabilidade em relação ao traço base.

O traço base (sem aditivo), apresentou uma resistência progressiva, alcançando um valor máximo de **20,96 MPa** aos 14 dias. A trabalhabilidade desse traço foi avaliada por meio do Slump Test, revelando um desempenho adequado para uso em comparação com os traços que receberam aditivos. Esse traço serve como referência para análise dos demais, pois sua consistência já está dentro dos parâmetros aceitáveis, permitindo uma avaliação precisa dos ganhos de resistência e trabalhabilidade proporcionados pela adição de aditivos químicos.

O **aditivo CQ Flow 1850 SP** proporcionou um aumento na resistência do concreto, atingindo **26,06 MPa** aos 14 dias. Esse desempenho superior ocorreu devido às características autoadensáveis do aditivo, que contribuíram para a redução de vazios na estrutura do concreto, resultando em uma resistência cerca de 20% maior em comparação ao traço base. Além da melhora na resistência, o aditivo também otimizou a trabalhabilidade da mistura, conferindo ao concreto uma consistência mais plástica e fluida. Essa propriedade é especialmente vantajosa em aplicações onde há dificuldade de acesso para equipamentos de vibração, facilitando a aplicação em áreas de obras com geometrias complexas ou de difícil acesso. Dessa forma, o uso do CQ Flow 1850 SP não apenas aprimora a resistência mecânica, mas também melhora a eficiência operacional e a qualidade das estruturas concretadas.

O **aditivo ADVA 458 UHPC** proporcionou um aumento na resistência do concreto, atingindo 46,17 Mpa aos 14 dias. Esse aditivo apresentou uma melhoria de 10% no desempenho do traço base e em sua resistência. O referido aditivo proporcionou uma resistência elevada em comparação ao traço base, o que não era esperado, visto que esperávamos um resultado além do alcançado, assim, esse aditivo é um Redutor de água tipo 2, acelerador de pega RA2-A e Acelerador de resistência – AR. Em suma, esse superplastificante melhorou a resistência a um nível superior e também uma melhora na trabalhabilidade.

O **aditivo ADVA Flow 880** apresentou excelente desempenho, atingindo resistência de 48,50 MPa aos 14 dias, principalmente devido a sua maior fluidez e trabalhabilidade. Esse aditivo, classificado como redutor de água Tipo 2, proporcionou uma excelente resistência no concreto, sendo capaz de aumentar os valores obtidos nas misturas sem aditivos. Na pesquisa realizada mantivemos a relação A/C com isso a resistência deste teste era para ter proporcionado uma resistência um pouco melhor e maior trabalhabilidade, esse aditivo não otimiza apenas a resistência estrutural do concreto, mas também a eficiência e os custos do trabalho.

Desta forma, os resultados obtidos não alcançaram plenamente as expectativas estabelecidas no início deste estudo. O nível obtido do estudo revela um desempenho muito

superior em comparação com o artigo publicado pela revista matéria realizado por Lucas Damas 2019 que neste realizou uma pesquisa com o tema “Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência” e com base neste artigo as variáveis analisadas se provaram extremamente diferentes do esperado. diante desse cenário, considera-se pertinente a repetição do experimento, a replicação da pesquisa permitirá validar os resultados preliminares e garantir melhor explicações, além de possibilitar uma análise mais aprofundada das variáveis envolvidas.

3. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: informação e documentação - Concreto -Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em:

<https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-05739-94-Ensaio-de-Compress%C3%A3o-de-Corpos-de-Prova-Cil%C3%ADndricos-de-Concreto.pdf> Acesso em 28 de outubro de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67:1998: informação e documentação - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Disponível em:

https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%20NM%2067%20-%2098_aula.pdf Acesso em 05/10/2024

MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf

<https://www.phd.eng.br/wpcontent/uploads/2014/07/05.05.02Capi%CC%81tulo15Dosagem.pdf>

<https://tecnomor.com.br/qual-e-a-funcao-dos-aditivos-superplastificantes-para-concreto-plastico/>

Aditivos para concreto. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/>

Manual de aditivos para concreto. Disponível em: <https://aditibras.com.br/wp-content/uploads/2021/07/MANUAL-ADITIVOS-PARA-CONCRETO.pdf>

Comparação de aditivos superplastificante dosagem de concreto autoadensável com 20% de metacaulim. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46283/1/EMERSON%20FELIX%20DONATO%20PAULINO%20E%20RAMON%20SOARES%20GOMES%20-%20A%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20DE%20TR%C3%8AS%20ADITIVOS%20SUPERPLASTIFICANTES%20NA%20DOSAGEM%20DE%20CONCRETO%20AUTOADENS%C3%81VEL%20COM%2010%25%20DE%20METACAILIM.pdf>

Concreto convencional. Disponível em: <https://www.supermix.com.br/produto/concreto-convencional/#:~:text=O%20Concreto%20Convencional%20%C3%A9%20composto,e%20a%20resist%C3%Aancia%20do%20concreto..>

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais, 1. ed. São Paulo: PINI, 2014. 573p.

YANG, S. L.; MILLARD, S. G.; SOUTSOS, M. N.; BARNETT, S. J.; LE, T. T. Influence of aggregate and curing regime on the mechanical properties of ultra-high performance fibre

reinforced concrete (UHPFRC). *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 06, p. 2291–2298, 2009.

YANG, Y.; ZHANG, Y.; SHE, W. Characterization of Surface Hardness and Microstructure of High-Performance Concrete. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater*, v. 33, n. 01, p. 124–132, fev. 2018.

KURTZ, C. Aditivos químicos redutores de água para concreto de cimento portland. Florianópolis: Kurtz Empreendimento, 2016. 21 p.

FREITAS JUNIÓR, J. A. Aditivos e adições minerais para concreto. 2017.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. *Tecnologia do concreto*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p

Barros, L. M (2016). *Concreto de alta resistência a partir de matérias-primas amazônicas e vidro reciclado*. Tese de Doutorado apresenta. São Carlos.

ARCE, Marcela de Paulo; MÔNEGO, Leticia Rodrigues; MOURA, Ronald Rolim de. Utilização de modelo matemático para dosagem de concretos com materiais disponíveis na região de Bagé-RS. In: CONGREGA URCAMP, 14^a, 2017, Bagé. Anais da 14^a mostra de iniciação científica – CONGREGA UNICAMP, Bagé: 2017, p. 771-772.