

Estudo comparativo de traços de concreto de alta resistência com diferentes tipos de cimentos e aditivos polifuncionais

Comparative study of high strength concrete traces with different types of cements and polyfunctional additives

Estudio comparativo de trazas de hormigón de alta resistencia con diferentes tipos de cimentos y aditivos polifuncionales

Recebido: 01/07/2022 | Revisado: 14/07/2022 | Aceito: 16/07/2022 | Publicado: 23/07/2022

Vanessa Ayanna de Souza Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5463-6344>

Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil

E-mail: vasc@poli.br

Victor Henrique Vieira Braz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1255-0571>

Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil

E-mail: vhvb@poli.br

Francisco de Assis Berenguer Correia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4248-0674>

Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil

E-mail: eng_franciscoberenguer@outlook.com

Eliana Cristina Barreto Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0842-779X>

Universidade Católica, Brasil

E-mail: eliana@poli.br ou eliana.monteiro@unicap.br

Resumo

Nas últimas décadas, ocorreram grandes desenvolvimentos na área de tecnologia dos materiais de construção e com isso, obtiveram-se concretos que atingem altas resistências e proporcionam uma interessante durabilidade devido ao uso de aditivos e de uma reduzida relação água/cimento. A implantação de processos de controle tecnológico do concreto é de grande relevância para obter a qualidade esperada do material solicitado em projeto, visando ao mercado cada vez mais competitivo. Visto isso, é necessário conhecer as soluções mais econômicas e com melhor desempenho na área de construção civil. Nesse sentido, este estudo comparativo avalia inicialmente os agregados utilizados, realizando ensaios de caracterização. Em seguida foi escolhido um traço com base na demanda dos clientes e na necessidade de redução no consumo de cimento utilizado da usina de concreto onde fora realizado o presente estudo. Com isso, foram rodados 18 traços, utilizando três marcas de aditivos polifuncionais redutores de água e seis marcas ou tipos de cimento, sendo moldados 08 corpos de prova para cada traço rodado e analisada a resistência à compressão dos mesmos com idades de 1, 3, 7 e 28 dias. Em seguida, foi recomendado pelos fabricantes o teor de aditivo a ser utilizado nos traços, ficando em 0,8% no aditivo A, 0,85% no aditivo B e 0,7% no aditivo C. Os resultados conquistados colaboraram para uma maior assimilação quanto à interferência dos aditivos em distintas amostras de cimento em traços de concreto de alta resistência, tanto nas primeiras horas, quanto no decorrer das primeiras idades.

Palavras-chave: Concreto; Aditivo; Cimento; Resistência à compressão.

Abstract

In the last decades, there have been great developments in the area of technology of construction materials and with that, concretes were obtained that reach high resistance and provide an interesting durability due to the use of additives and a reduced water/cement ratio. The implementation of technological control processes for concrete is of great importance to obtain the expected quality of the material requested in the project, aiming at an increasingly competitive market. In view of this, it is necessary to know the most economical solutions and with the best performance in the area of civil construction. In this sense, this comparative study initially evaluates the aggregates used, performing characterization tests. Then, a trait was chosen based on customer demand and the need to reduce the consumption of cement used in the concrete plant where the present study was carried out. With this, 18 traces were rotated, using three brands of polyfunctional water-reducing additives and six brands or types of cement, with 08 specimens being molded for each trace rotated and their compressive strength analyzed at ages 1, 3, 7 and 28 days.

Then, the additive content to be used in the traces was recommended by the manufacturers, staying at 0.8% in additive A, 0.85% in additive B and 0.7% in additive C. The results achieved contributed to a greater assimilation as to the interference of additives in different cement samples in high strength concrete mixes, both in the first hours and during the first ages.

Keywords: Concrete; Additive; Cement; Compressive strength.

Resumen

En las últimas décadas ha habido un gran desarrollo en el área de la tecnología de los materiales de construcción y con ello se obtuvieron hormigones que alcanzan altas resistencias y brindan una interesante durabilidad debido al uso de aditivos y una reducida relación agua/cemento. La implementación de procesos tecnológicos de control del hormigón es de gran importancia para obtener la calidad esperada del material solicitado en el proyecto, apuntando a un mercado cada vez más competitivo. Ante esto, es necesario conocer las soluciones más económicas y de mejor desempeño en el área de la construcción civil. En este sentido, este estudio comparativo evalúa inicialmente los áridos utilizados, realizando ensayos de caracterización. Luego, se eligió una característica en base a la demanda del cliente y la necesidad de reducir el consumo de cemento utilizado en la planta de concreto donde se realizó el presente estudio. Con esto, se rotaron 18 trazas, utilizando tres marcas de aditivos polifuncionales reductores de agua y seis marcas o tipos de cemento, moldeándose 08 especímenes por cada traza rotada y analizándose su resistencia a la compresión a las edades de 1, 3, 7 y 28 días. Luego, el contenido de aditivo a utilizar en las trazas fue recomendado por los fabricantes, quedándose en 0,8% en el aditivo A, 0,85% en el aditivo B y 0,7% en el aditivo C. Los resultados alcanzados contribuyeron a una mayor asimilación en cuanto a la interferencia de aditivos en diferentes muestras de cemento en mezclas de concreto de alta resistencia, tanto en las primeras horas como durante las primeras edades.

Palabras clave: Concreto; Aditivo; Cemento; Fuerza compresiva.

1. Introdução

O concreto de cimento Portland é um insumo fundamental na Engenharia Civil. Segundo Mehta e Monteiro (2014), ele é considerado o material de construção mais consumido no mundo. Dados do CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2022) mostram que, de 2018 a 2020, o consumo nacional anual de cimento apresentou um crescimento de aproximadamente 14,5%. Sendo assim, é necessária a formulação de novas soluções e opções ao mercado consumidor, de modo que se tenha um produto cada vez mais eficiente, versátil e seguro.

Tendo em vista que existem diversas características a serem verificadas para definir se um tipo de concreto possui a qualidade adequada para uma determinada obra, o ensaio mais comum a ser realizado é a verificação da resistência à compressão.

As obras que realizam esse controle tecnológico do concreto moldam os corpos de prova no seu estado ainda fresco. Após o processo de cura, é feito seu rompimento em laboratório em diversas idades, geralmente aos 07, 14 e 28 dias, tendo esta última fundamental importância, uma vez que se considera que nesta fase o concreto atinge a resistência de projeto solicitada.

Com a demanda cada vez maior de obras que necessitam ter uma maior durabilidade e elevada resistência de seus elementos, vem se tornando frequente o uso do concreto de alto desempenho (CAD). Nakamura (2022) cita que nos últimos anos, devido ao maior acesso às adições e aditivos, esse material aumentou suas aplicações, tanto em edificações, quanto em obras de infraestrutura.

Desta forma, com o objetivo de propor soluções que apresentem um melhor desempenho, será realizado um estudo comparativo de acordo com as resistências à compressão obtidas a partir de traços de concreto de alto desempenho com diferentes tipos de cimento e aditivos polifuncionais.

2. Metodologia

O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo em que foram realizados, em laboratório, ensaios de compressão de corpos-de-prova (CP) cilíndricos de concreto, regidos pela norma NBR 5739 (2018) apresentando ensaios de caracterização dos materiais utilizados para compor o concreto (agregados graúdos e miúdos).

A pesquisa é de ordem experimental e quantitativa (Azevedo; Ensslin; 2020) na qual foram realizados ensaios com o intuito de averiguar a resistência à compressão de primeira vida em traços de concreto bombeável, rodados com marcas e tipos de cimento variados e com aplicação de diferentes tipos de aditivos plastificantes polifuncionais redutores de água. Este estudo objetiva verificar qual traço apresenta melhor desempenho no quesito resistência à compressão aos 28 dias, como também qual aditivo que melhor se relaciona com um determinado tipo de cimento.

O desenvolvimento do programa experimental foi realizado no laboratório de tecnologia do concreto da usina de concreto denominada como “X”, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes, bairro da Muribeca, estado de Pernambuco.

A dosagem utilizada para os traços foi de um concreto com relação água / cimento = 0.40, brita 0 e brita 1, areia natural e aditivo polifuncional, levando em consideração que, na ocasião, este traço era um dos mais solicitados pelos clientes com obras em execução na região do estudo.

Foram, então, rodados 18 traços, utilizando três marcas de aditivos polifuncionais redutores de água e seis marcas / tipos de cimento, sendo moldados 08 corpos de prova para cada traço rodado e analisada a resistência à compressão dos mesmos com idades de 1, 3, 7 e 28 dias. Em seguida, foram apresentados os resultados em gráficos e tabelas.

2.1 Materiais

Os constituintes do concreto são muito importantes para a obtenção da resistência final projetada, como também para outras propriedades e características. Assim, a resistência à compressão do concreto apresenta uma aleatoriedade natural devido à variabilidade característica dos seus materiais constituintes, sendo aumentada ainda mais devido ao processo produtivo: pesagem, mistura, manipulação, entre outros (Magalhães et. al, 2018)

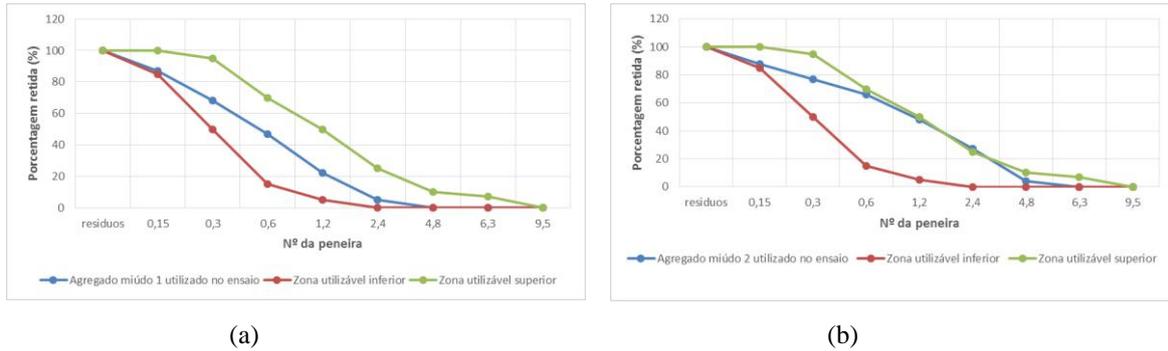
Sendo o concreto um material homogêneo composto por água, cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, ar, podem ser adicionadas aditivos químicos ou minerais com a finalidade de modificar ou melhorar as suas propriedades básicas (Silva et. al, 2019).

2.1.1 Agregados

Os agregados preenchem o maior volume do concreto, aproximadamente 75% do volume total (ScandiuZZi; Andriolo, 1986), sendo definido como materiais granulares que têm sua importância uma vez que influenciam na resistência à compressão, garantindo estabilidade e influenciando na trabalhabilidade por constituírem o esqueleto do concreto (Ribeiro, 2019).

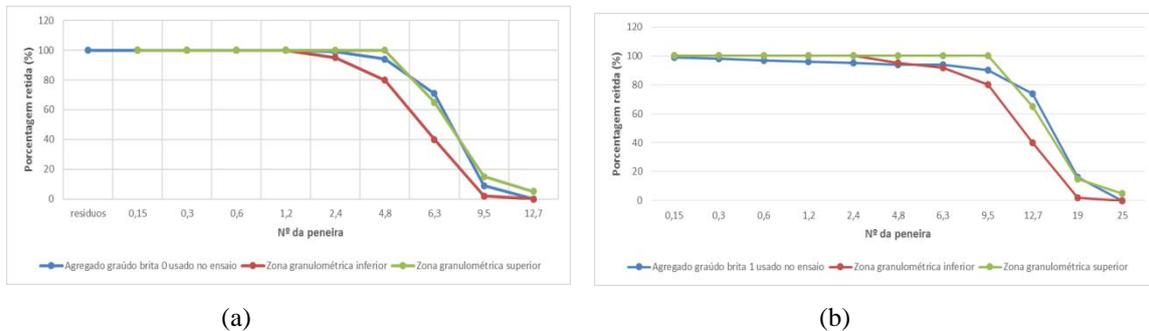
Os agregados utilizados nesta pesquisa provieram de uma pedreira conhecida e localizada no município de Goiana-PE. Foram empregados dois agregados miúdos distintos: areia natural (agregado miúdo 1) e pó de pedra (agregado miúdo 2) e duas dimensões de agregado graúdo (brita): brita 0 (agregado graúdo 1) e a brita 1 (agregado graúdo 2). As amostras foram secas ao sol e posteriormente utilizadas na composição dos traços. Os ensaios de granulometria apresentaram os resultados dispostos nas Figuras 1 e 2. Os procedimentos levaram em consideração as NBR NM 52 (2009) e NBR NM 248 (2003).

Figura 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo 1 (a) e do agregado miúdo 2 (b) em relação aos limites inferior e superior da zona utilizável conforme a NBR 7211/2009 (2009).



Fonte: Autores (2017).

Figura 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo 0 (a) e do agregado graúdo 1 (b) em relação aos limites inferior e superior da zona utilizável conforme a NBR 7211/2009 (2009).



Fonte: Autores (2017).

2.1.2 Aditivos

Os principais tipos de aditivos utilizados em concreto são: incorporadores de ar, redutores de água (superplastificantes e plastificantes), aceleradores de pega e retardadores de pega. A norma que rege os aditivos para concreto é a NBR 11768 (2019), na qual define aditivo como sendo “produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições”.

Quando o concreto está no estado fresco, o uso dos aditivos pode alterar a trabalhabilidade/abatimento, a manutenção do abatimento, a velocidade de hidratação, o teor de ar incorporado e os tempos de início e fim da pega. Já para o concreto no estado endurecido, os aditivos podem melhorar a durabilidade frente à agentes agressivos e a resistência mecânica. Desta forma, os materiais constituintes do concreto podem influenciar de alguma forma o desempenho do aditivo, entretanto, o que governa é a sua interação com o cimento (IBI, 2021).

Fazendo uso do procedimento experimental utilizado por Maciel et.al. (2020), buscou-se inicialmente reconhecer e caracterizar todos os materiais que serão utilizados na produção do concreto. Desta forma, foram escolhidos os aditivos nomeados neste trabalho por “aditivo A”, “aditivo B” e “aditivo C”, sendo explicitadas no Quadro 1 suas propriedades.

Quadro 1 - Propriedades dos aditivos utilizados no estudo.

Nomenclatura	Descrição	Propriedades
Aditivo A	Plastificante multifuncional retardador de pega.	<ul style="list-style-type: none"> - Pronto para usar; - Reduz a tensão superficial de água de mistura; - Boa dispersão das partículas de cimento e melhora da trabalhabilidade; - Permite uma manutenção da trabalhabilidade adequada nos ambientes quentes; - Permite um pequeno retardo no tempo de pega.
Aditivo B	Plastificante polifuncional redutor de água	<ul style="list-style-type: none"> - Boa redução de água de amassamento para uma mesma consistência; - Facilita o adensamento e o lançamento; - Aumenta a fluidez com manutenção desta por tempo prolongado; - Proporciona altas resistências mecânicas iniciais e finais; - Reduz a permeabilidade.
Aditivo C	Aditivo plastificante polifuncional	<ul style="list-style-type: none"> - Compatível com todos os tipos de cimento Portland; - Incremento da manutenção do slump; - Facilita o lançamento e o adensamento; - Permite a redução do fator água / cimento; - Aditivo com características polifuncionais podendo ser dosado em uma ampla faixa, propiciando efeitos diferentes de acordo com a aplicação do concreto; - Permite a redução da permeabilidade.

Fonte: Autores.

Os aditivos plastificantes utilizados possuem características semelhantes, contudo por possuírem componentes químicos e densidades diferentes, podem se adequar mais a um tipo de cimento do que a outro, acarretando maiores resistências ao fim do estudo, como também podendo gerar retardo nas primeiras horas de moldagem. No Quadro 2, são informados pelos fabricantes alguns dados técnicos dos aditivos utilizados.

Quadro 2 - Especificações dos aditivos utilizados nos ensaios.

Nomenclatura	Cor Predominante	Massa específica G / cm ³ (nbr 10908)	dosagem (em relação Ao peso do cimento)
Aditivo A	Marrom	1200-1220	0,2% a 1,0%
Aditivo B	Marrom escuro	1160-1220	0,5% a 1,0%
Aditivo C	Marrom	1130-1170	0,6% a 1,0%

Fonte: Autores.

2.1.3 Cimento

Segundo Petrucci (1998), o cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Estes materiais quando queimados à temperatura de clinquerização, é gerado o clínquer moído. Em determinadas obras, é necessário utilizarmos um concreto onde se obtenha uma alta resistência nas primeiras idades, com isso é muito importante observarmos a finura do cimento, pois a superfície específica está ligada diretamente a velocidade de reação da hidratação, reduzindo a segregação e a exsudação, obtendo-se um concreto com as seguintes vantagens: coesão e trabalhabilidade, impermeabilidade e diminui a expansão em autoclave (Isaia,1988). A Tabela 1 descreve os seis tipos/marcas de cimentos diferentes utilizados no presente trabalho.

Tabela 1 - Tipos de cimentos utilizados.

Cimento	Tipo
A	CP II F 40
B	CP II F 32
C	CP II F 40
D	CP IV 32
E	CP II F 40
F	CP II F 40

Fonte: Autores.

Todas as amostras de cimento foram do tipo “a granel” provenientes das suas respectivas fábricas. Todos os materiais utilizados foram fornecidos espontaneamente por seus fabricantes e utilizados sem quaisquer modificações em suas características.

2.1.4 Dosagem dos materiais

A escolha do traço a ser utilizado na execução deste estudo levou em consideração a demanda de clientes, produzido na usina de concreto “x” e a necessidade de redução no consumo de cimento utilizado. Aliado a isso, foram selecionados os aditivos polifuncionais utilizados na quantidade indicada pelos seus respectivos fabricantes. A Tabela 2 traz os parâmetros fixados pelo setor de tecnologia do concreto da usina de concreto “x” para dosagem do traço.

Tabela 2 - Parâmetros para a dosagem do traço fixados pelo setor da usina.

Parâmetro	Descrição
Abatimento	100 mm \pm 20 mm
Aditivo	Cada traço utilizava apenas um aditivo por vez. Os mesmos foram empregados com as respectivas porcentagens em relação ao peso do cimento: aditivo A: 0,8%, aditivo B: 0,85%, aditivo C: 0,7%
Água	Começando com fator água / cimento de 0,41
Resistência mínima esperada aos 28 dias	40,0 MPa

Fonte: Autores.

O teor de argamassa é essencial no estudo de dosagem porque influencia diretamente na qualidade do concreto. Caso o teor seja inferior ao necessário, o concreto poderá se tornar mais permeável, reduzindo sua resistência final. Por outro lado, se o teor de argamassa for superior ao necessário, apesar de se obter um concreto melhor, o custo é mais elevado e aumenta-se o risco de fissurações tanto de retração quanto por calor de hidratação (Helene,1993). Com isso, ficou definido o teor de argamassa no estudo como sendo de 51%. A Quadro 3 especifica o traço unitário utilizado na dosagem desta análise.

Quadro 3 - Parâmetros para a dosagem do traço fixados pelo setor da usina.

Materiais	Dosagem (kg/ m³)	Dosagem do ensaio 15 (l)	Und.
Cimento	476	7,1	Kg
Brita 1	809	12,1	Kg
Brita 0	204	3,1	Kg
Areia Natural	475	7,1	Kg
Pó de pedra	204	3,1	Kg
Aditivo Polifuncional (A)	3,81	57,1	g
Aditivo Polifuncional (B)	3,81	60,7	g
Aditivo Polifuncional (C)	3,81	50	g
Água	195	2,9	Kg

Fonte: Autores.

2.1.5 Método de execução dos traços

Para termos uma uniformidade na mistura dos traços ensaiados, foi seguido o procedimento descrito no Quadro 4, de colocação dos materiais na betoneira, para que fosse possível observar a quantidade ideal de água e aditivo. O cuidado com a quantidade de aditivo é para evitar uma possível exsudação ou perda de consistência do concreto e consequentemente atingir objetivo do abatimento de $100\text{mm} \pm 20\text{mm}$. O abatimento foi executado levando-se em consideração a NBR NM 67 (1998). A mistura dos materiais foi realizada em uma betoneira (Figura 3), com capacidade de 120 litros.

Quadro 4 - Etapas do procedimento experimental.

Etapa	Descrição
Etapa 01	Limpar a betoneira com jato de água, visando evitar interferência de quaisquer outros resíduos de traços anteriores
Etapa 02	Reservar 800ml da água do traço e adicionar o restante à betoneira;
Etapa 03	Adicionar as britas e as areias na betoneira e homogeneizar por 01 minuto
Etapa 04	Adicionar do cimento e mistura por mais 01 minuto
Etapa 05	Raspar o material aderido às paredes da betoneira em 01 minuto com o equipamento desligado
Etapa 06	Acrescentar o aditivo e o restante da água sobre o concreto com a betoneira ainda desligada seguido de mais 05 minutos de homogeneização
Etapa 07	Retirar o slump inicial, anotar e recolocar o concreto na betoneira
Etapa 08	Cobrir a betoneira com um pano úmido por 20 minutos
Etapa 09	Ligar a betoneira por 01 minuto, retirar o slump e anotar. Caso o abatimento após esse período não se encontre dentro dos parâmetros $100\text{mm} \pm 20\text{mm}$, deve adicionar água até atingir o slump máximo permitido e anotar.

Fonte: Autores.

Figura 3 - Betoneira de 120 Litros usada nos ensaios.



Fonte: Autores.

Ao todo foram rodados 18 traços, realizando o combinação de cada tipo / marca de cimento com um respectivo aditivo. De cada traço foram moldados manualmente 08 corpos de prova de diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm em formas metálicas (previamente umedecidas com líquido desmoldante), conforme a NBR 5738 (2004), que foram rompidos com 01, 03, 07 e 28 dias de idade, totalizando 144 CP's. Os CP's foram deixados protegidos em local coberto e em temperatura ambiente por 24 horas. Após esse tempo, todas as amostras foram retiradas das formas (Figuras 4) e depositadas em um tanque cheio com água e com temperatura controlada (Figura 5) (exceto os que foram rompidos com 01 dia) até a data de rompimento.

Figura 4 - Corpo de prova após a desforma (a) e a sua respectiva etiqueta de identificação com código de barra (b).



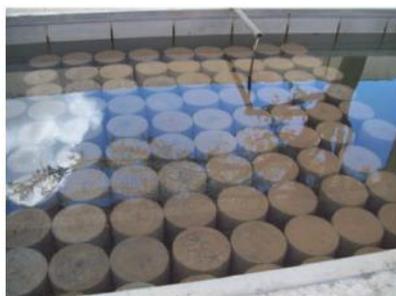
(a)



(b)

Fonte: Autores.

Figura 5 - Tanque com os corpos de prova submersos (a) com a temperatura controlada através de um termômetro (b).



(a)



(b)

Fonte: Autores.

2.1.6 Retificação e rompimento dos corpos de prova

Após serem retirados do tanque com água, os corpos-de-prova (CP) foram retificados com o auxílio do equipamento próprio para tal, tendo como objetivo o nivelamento através de cortes realizados por disco nas faces do CP, proporcionando um perfeito apoio do mesmo com a base da prensa na qual será rompido.

As rupturas foram realizadas em prensa elétrica do laboratório da usina de concreto “x” respeitando os parâmetros da NBR 5739 (2018), em suas respectivas idades anteriormente mencionadas e os dados obtidos encontram-se na seção 3 deste artigo.

3. Resultados e Discussão

Com o auxílio do software Microsoft Excel, foram geradas tabelas e gráficos a fim de resumir os resultados obtidos visando elucidar os dados para a sua posterior discussão.

3.1 Resistências à compressão do concreto

Os dados obtidos foram compilados nos Quadros 5, 6 e 7 a seguir com a observação que todos tiveram abatimento $100\text{mm} \pm 20\text{mm}$ e relação água/cimento 0,410.

Quadro 5 - Resistência à compressão dos corpos de prova com aditivo A, com teor de 0,8 % com 01, 03, 07 e 28 dias.

Cimento	Resistência (MPa) com 1 dia	Resistência (MPa) com 3 dias	Resistência (MPa) com 7 dias	Resistência (MPa) com 28 dias
A – CP II F 40	20,8	35,2	45,5	58,6
B – CP II F 32	19,1	38,5	47,6	55,6
C – CP II F 40	16,7	32,7	35,4	44,8
D – CP IV 32	10,1	26,9	40,1	43,6
E – CP II F 40	26,2	48,7	49,1	54,7
F – CP II E 40	24,9	45,5	46,4	50,5

Fonte: Autores.

Quadro 6 - Resistência à compressão dos corpos de prova com aditivo B, com teor de 0,8 % com 01, 03, 07 e 28 dias.

Cimento	Resistência (Mpa) com 1 dia	Resistência (Mpa) com 3 dias	Resistência (Mpa) com 7 dias	Resistência (Mpa) com 28 dias
A – CP II F 40	17,5	41,0	47,9	57,8
B – CP II F 32	22,4	39,3	44,7	55,7
C – CP II F 40	0,0	23,8	33,0	45,6
D – CP IV 32	20,5	40,5	47,7	50,0
E – CP II F 40	24,7	49,6	56,6	56,8
F – CP II E 40	19,1	39,5	43,8	54,8

Fonte: Autores.

Quadro 7 - Resistência à compressão dos corpos de prova com aditivo C, com teor de 0,8 % com 01, 03, 07 e 28 dias.

Cimento	Resistência (MPa) com 1 dia	Resistência (MPa) com 3 dias	Resistência (MPa) com 7 dias	Resistência (MPa) com 28 dias
A – CP II F 40	19,9	40,0	45,1	51,3
B – CP II F 32	12,9	39,9	44,7	54,9
C – CP II F 40	0,0	27,2	37,2	48,3
D – CP IV 32	19,8	45,0	45,0	50,8
E – CP II F 40	23,5	48,5	49,4	54,0
F – CP II E 40	24,4	40,3	45,6	52,5

Fonte: Autores.

3.2 Discussão

Com relação aos traços rodados com o aditivo A, observa-se que tiveram resultados bastante satisfatórios com praticamente quase todas as amostras de cimento utilizadas, excetuando as amostras de cimento do tipo D - CP IV 32 e o C - CP II F 40 que apresentaram os resultados abaixo da média geral.

Com relação aos traços de concreto rodados com o aditivo B, observa-se que tiveram resultados ainda mais satisfatórios quando comparado ao aditivo A, uma vez que os desempenhos das amostras que haviam sido bons se mantiveram no mesmo patamar e a amostra de cimento D – CP IV 32 atingiu a resistência à compressão de 50,0 MPa superando em 6,4 Mpa, se comparado ao aditivo A.

Já os traços rodados com o aditivo C, apesar de obterem resultados de resistência à compressão um pouco mais baixos que os aditivos anteriores, apresentaram resultados bastante equilibrados entre todas as amostras.

Contudo, levando em conta as características diferentes entre o tipo dos cimentos C e D, pode ser considerado que o cimento que menos se adequou ao aditivo A, foi a amostra de cimento C - CP II F 40, produzido em João Pessoa, no estado da Paraíba. A amostra de cimento que obteve um melhor desempenho aos 28 dias foi o A – CP II F 40, também produzido no estado da Paraíba. Já a amostra de cimento C - CP II F 40, também oriundo da Paraíba, não havia entrado em pega após 24 horas e por fim manteve a resistência mais baixa entre todas as amostras, ficando com uma resistência muito próxima do que foi obtido com o aditivo A.

Após análise dos dados expostos anteriormente, é possível observar que a amostra de cimento que melhor se saiu foi o B – CP II F 32, fabricado em Sergipe. De maneira geral, a amostra que apresentou o pior resultado foi a C - CP II F 40, fazendo a ressalva de que foi com o aditivo C que esta amostra apresentou seu melhor resultado.

4. Conclusão

A análise realizada permitiu um maior conhecimento do desempenho no que diz respeito às características de traços de concreto em suas primeiras idades e o quanto a influência de aditivos aplicados a eles podem modificar as suas características.

Foi possível observar também o quanto os aditivos podem interferir nas resistências não apenas aos 28 dias, mas também em suas primeiras horas, podendo acarretar desde boas resistências, como também possibilitar em retardo de pega quando o cimento não se adequa às características químicas do aditivo empregado.

Observou-se também o quanto os diversos fatores podem interferir no produto final do concreto, indo desde o preparo das matérias-primas que foram utilizadas, até o momento de retificar corretamente as bases dos corpos de prova visando minimizar ao máximo quaisquer desvios nos resultados das rupturas.

Contudo, visto os inúmeros itens que se envolvem na produção de concreto, faz-se necessário a qualificação dos

profissionais envolvidos, em prol da obtenção de produtos de alta qualidade para o consumidor final e com o menor custo para a produção. Após a realização de todos os ensaios propostos, foi constatado que os resultados obtidos foram suficientes. A análise desses dados possibilitou mais esclarecimentos de como as amostras de cimento providas de diferentes fábricas e tipos se comportam durante a produção e da influência de diferentes aditivos. Com isso, foi possível escolher a melhor opção de mercado, desde o cimento até o aditivo, com o intuito de fornecer um produto de alta qualidade com um custo-benefício competitivo e com uma maior durabilidade para o cliente final.

Sendo assim, tais estudos comparativos são de suma importância para o setor e levando em consideração que o presente estudo considerou o traço mais comum de uma determinada região, a saber Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco, faz-se necessários futuros trabalhos afim de se verificar o desempenho do concreto também de outras regiões contribuindo para a discussão do tema propondo novos estudos sobre aditivos cooperando para melhoria dos processos na Construção Civil. Ademais, também é possível vislumbrar estudos com relação às interações físico-químicas que permitem tais resultados, podendo a discussão que iniciada no presente estudo tomar proporções ainda mais interessantes e enriquecedoras.

Referências

- ABNT. (2004). NBR 5738: *Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. 6p. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2018). NBR 5739: *Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2019). NBR 7211: *Agregados para concreto – Especificação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2019). NBR 11768: *Aditivos de concreto para cimento Portland*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2009). NBR NM 52: *Agregados – Definição da massa específica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1998). NBR NM 67: *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2003). NBR NM 248: *Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- Azevedo, R.C. & Ensslin, L. (2020). *Metodologia da pesquisa para engenharias*. PPGEC/CEFET. 196 p. ISBN: 978-65-00-10268-0. Minas Gerais.
- Helene, P. R. L., & Terzian, P. (1993). *Dosagem e controle dos concretos de cimento Portland*. Ed. Pini.
- IBI. (2021). *Manual de utilização de aditivos químicos para concreto: aditivos para concreto*. Instituto Brasileiro de Impermeabilização. (2ª ed.) ISBN 978-65-995538-0-6. São Paulo. <https://aditibras.com.br/wp-content/uploads/2021/07/MANUAL-ADITIVOS-PARA-CONCRETO.pdf>.
- Isaia, G. C. (1998). *Controle de Qualidade das Estruturas de Concreto Armado*. Edições UFSM.
- CBIC. (2022). Câmara Brasileira da Indústria da Construção. *Boletim Estatístico* (Indicadores Econômicos Gerais). Banco de Dados. <http://www.cbicdados.com.br/menu/indicadores-economicos-gerais/boletim-estatistico>.
- Maciel, L. D.; Coelho A. R., & Perieira, H. R. S. (2020). Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência. *Revista Matéria*. 25(4), Centro Universitário Católica de Santa Catarina, Santa Catarina. 14 fev. 2020.
- Magalhães, F. C., Real, M. de V., & Silva Filho, L. C. P. da. (2018). Efeitos das operações de controle tecnológico do concreto na avaliação da confiabilidade de pilares de concreto armado. *Revista Matéria*, [s.l.], 23(3), p.1-9, FapUNIFESP, Rio de Janeiro. 18 out.2018.
- Mehta, K. & Monteiro P. J. M. (2014). *Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais*, (4ª ed.) ISBN / ISSN: 978-85-98576-21-3. IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto.
- Nakamura, J. (2022). Concreto de alto desempenho viabiliza estruturas mais esbeltas e duráveis. *Revista AECweb*. <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/concreto-de-alto-desempenho-viabiliza-estruturas-mais-esbeltas-e-duraveis/19433>.
- Petrucchi, E. G. R. (1998). *Concreto de cimento Portland*. ISBN 85-250-0225-9. São Paulo. Ed. Globo.
- Ribeiro, D. M. B. (2019). *Avaliação da durabilidade quanto ao ataque por cloretos em concretos produzidos com substituição parcial do agregado miúdo natural por pó de pedra*, Monografia para Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte.
- Scandiuzzi, L., & Andriolo, F. R. (1986). *Concreto e seus materiais: propriedades e ensaios*. Ed. Pini.
- Silva, A. A. da. (2019). *Análise do controle tecnológico do concreto em obras de pequeno porte no município de Pau dos Ferros/RN*, Monografia de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte.