

CLUSTER: ConstruTech & Indústria 4.0

CURSO: Graduação em Engenharia Civil da IMED

ESTUDO DA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO SOB AÇÃO DE SULFATOS

Flavio J. B. Lorini¹; Francieli Tiecher²

1 Aluno na graduação em Engenharia Civil. Faculdade Meridional – IMED.
flaviojrlorini@gmail.com

2 Orientador(a). PhD, Professora em Engenharia Civil. Faculdade Meridional – IMED.
francieli.bonsembiante@imed.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A durabilidade e o desempenho do concreto podem ser afetados por vários processos, entre eles o ataque externo de sulfatos. Os sulfatos e os aluminossilicatos (componentes do cimento) reagem quimicamente e, a partir da reação, forma-se a etringita, que promove tensões internas no concreto. O objetivo da pesquisa é comparar a resistência à tração e à compressão, bem como a variação de massa e comprimento de corpos de prova moldados com diferentes tipos de cimento (CP II-Z, CP IV-RS e CP V-ARI).

2 METODOLOGIA

2.1 – Materiais

Para a confecção das argamassas, foram utilizados como aglomerantes os cimentos CP V-ARI, CP IV-RS e CP II-Z; como agregado, utilizou-se areia média.

A avaliação do ataque externo de sulfatos foi feita por meio de corpos de prova de argamassa, cujo traço foi de 1:4,5 (cimento:areia) e fator de água/cimento de 0,82.

2.2 – Métodos

Para atingir o objetivo proposto, que é avaliar a resistência ao ataque externo de sulfatos na presença de diferentes tipos de cimento, foi elaborado um programa experimental onde corpos de prova foram submetidos a duas condições: imersos em solução saturada de sulfatos; imersos em água.

Para caracterização da areia (usada como agregado miúdo) foram realizados ensaios de massa unitária, conforme a NBR 16972 (ABNT, 2021); massa específica, de acordo com a NBR 16916 (ABNT, 2021); granulometria, conforme a NBR 7181 (ABNT, 2018); teor de material pulverulento, segundo a NBR 16973 (ABNT, 2021).

A avaliação do ataque externo de sulfatos foi feita a partir de corpos de prova cilíndricos, de dimensão (5 x 10) cm, e prismáticos de dimensão (2,5 x 2,5 x 28,5) cm. Nos corpos de prova cilíndricos foi avaliada a resistência à compressão, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018) e a resistência à tração, em concordância com a NBR 7222 (ABNT, 2011). As propriedades mecânicas foram avaliadas ao longo de 6

meses, nas seguintes idades: 28, 56, 84, 112, 140, 168 e 196 dias. Os corpos de prova prismáticos foram utilizados para avaliar variação de massa e de comprimento, semanalmente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO

As propriedades físicas da areia empregada no presente estudo foram obtidas através da metodologia descrita no item 2 deste trabalho. Os resultados obtidos foram:

- Massa unitária: 1,493 g/cm³;
- Massa específica: 2,615 g/cm³;
- Material pulverulento, obtido por lavagem: 4,7%.

Do ensaio de granulometria, pode-se observar que se trata de um material bem graduado, conforme a curva granulométrica da Figura 1. O módulo de finura do agregado é de 1,96 e a dimensão máxima característica de 2,4 mm.

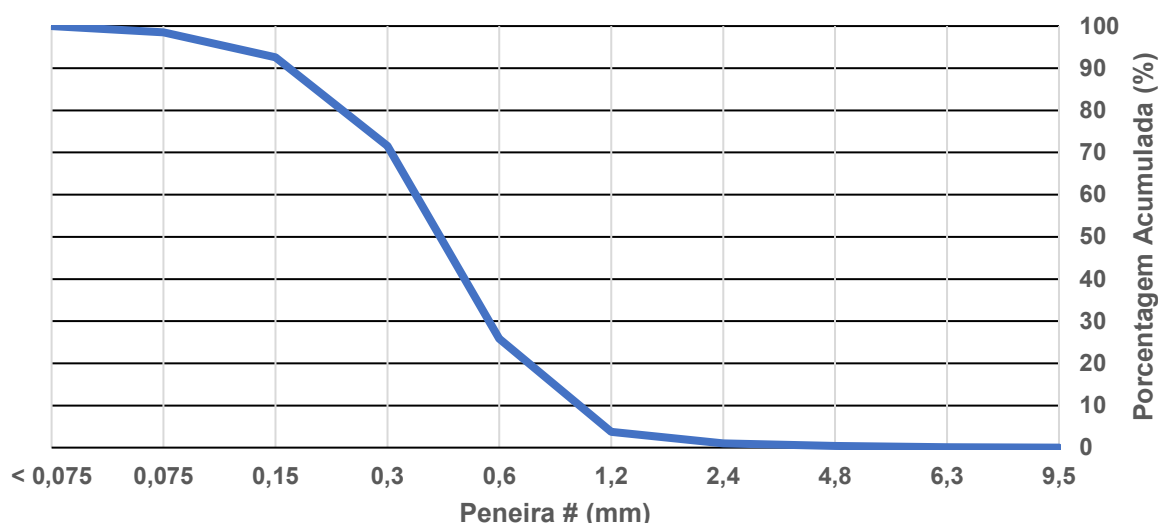


Figura 1: curva de distribuição granulométrica do agregado

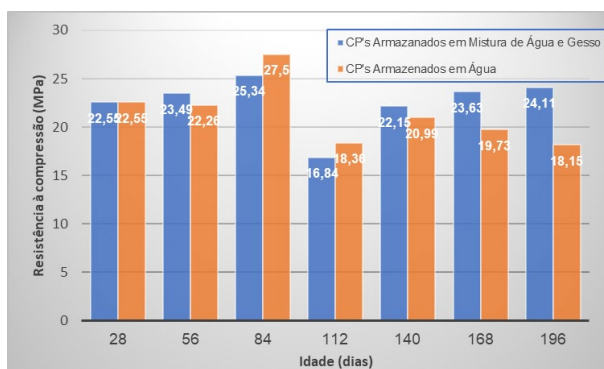
3.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O gráfico (a), da figura 2, diz respeito às resistências à compressão dos corpos de prova confeccionados com o cimento CP V-ARI. Como se pode observar, não houve diferenças substanciais entre as partes em suas respectivas idades de avaliação, até 140 dias. Na idade de 168 e 196 dias observa-se que os corpos de prova armazenados na mistura de água e gesso se tornaram mais resistentes em relação aos que estavam somente na água. Em 168 dias, a resistência a compressão possui uma diferença próxima de 19,76%, enquanto na idade de 196 dias, a diferença é de aproximadamente 32,84%. Em um contexto geral, os corpos de prova tiveram menos resistência na idade de 112 dias, tanto os que estavam em mistura de água e gesso, quanto os que estavam somente na água. Entre a idade de 28 dias e 196 dias

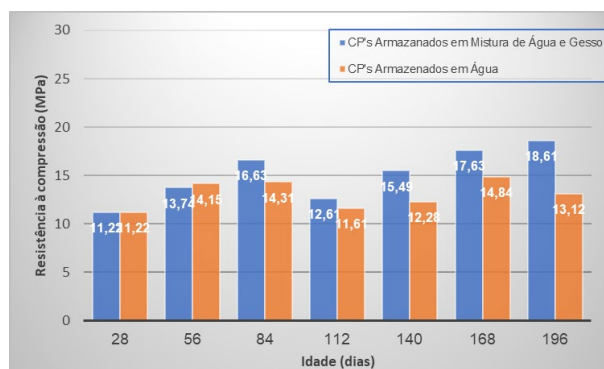
(final), os corpos de prova armazenados somente em água perderam $\cong 24,24\%$ de resistência à compressão.

No gráfico (b), da figura 2, encontram-se os resultados obtidos da resistência à compressão dos corpos de prova moldados com cimento CP IV-RS. Pode-se observar que apenas na idade de 56 dias no gráfico que os CP's armazenados em água foram mais resistentes que os armazenados em água e gesso. A maior diferença de resistência foi verificada na idade de 196 dias, onde a mistura imersa na água com gesso foi 41,84% mais resistente que àquela apenas em água.

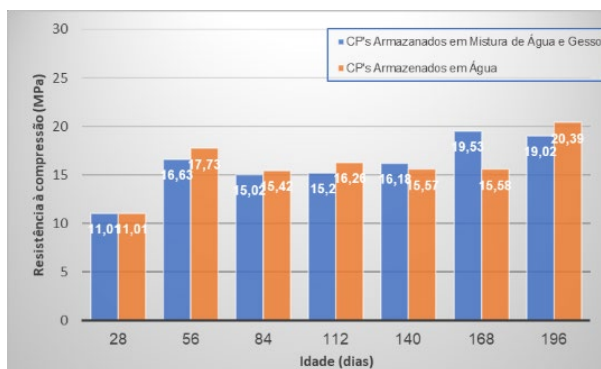
Ainda na figura 2, observa-se o gráfico (c), que representa os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova moldados com o cimento CP II-Z, onde nota-se um comportamento diferente dos demais, uma vez que as resistências médias obtidas foram muito semelhantes, exceto aos 168 dias, tendo uma diferença de 25,35%, aproximadamente, de suas resistências.



(a)



(b)



(c)

Figura 2: resistência à compressão, onde (a) CP V-ARI; (b) CP IV-RS; (c) CP II-Z

3.3 – ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Na figura 3 (a), apresentam-se os resultados de resistência à tração para os corpos de prova confeccionados com cimento CP V-ARI. Visualiza-se que não houve alteração substancial para essa propriedade ao longo do tempo, o que é um indicativo de que não houve ataque de sulfatos na mistura.

As resistências à tração dos corpos com cimento CP IV-RS (figura 3 (b)) aumentaram com o passar do tempo, provavelmente devido à presença da adição

pozolânica do cimento. Não foi possível estabelecer um padrão de comportamento em relação à imersão em gesso ou em água, o que permite dizer que até a última idade de ensaio não ocorreu o ataque de sulfatos na mistura.

Apesar de haver pequenas variações nas resistências à tração dos corpos de prova moldados com o cimento CP II-Z, figura 3 (c), não houve aumento ou redução significativa de resistência à tração após os 28 dias.

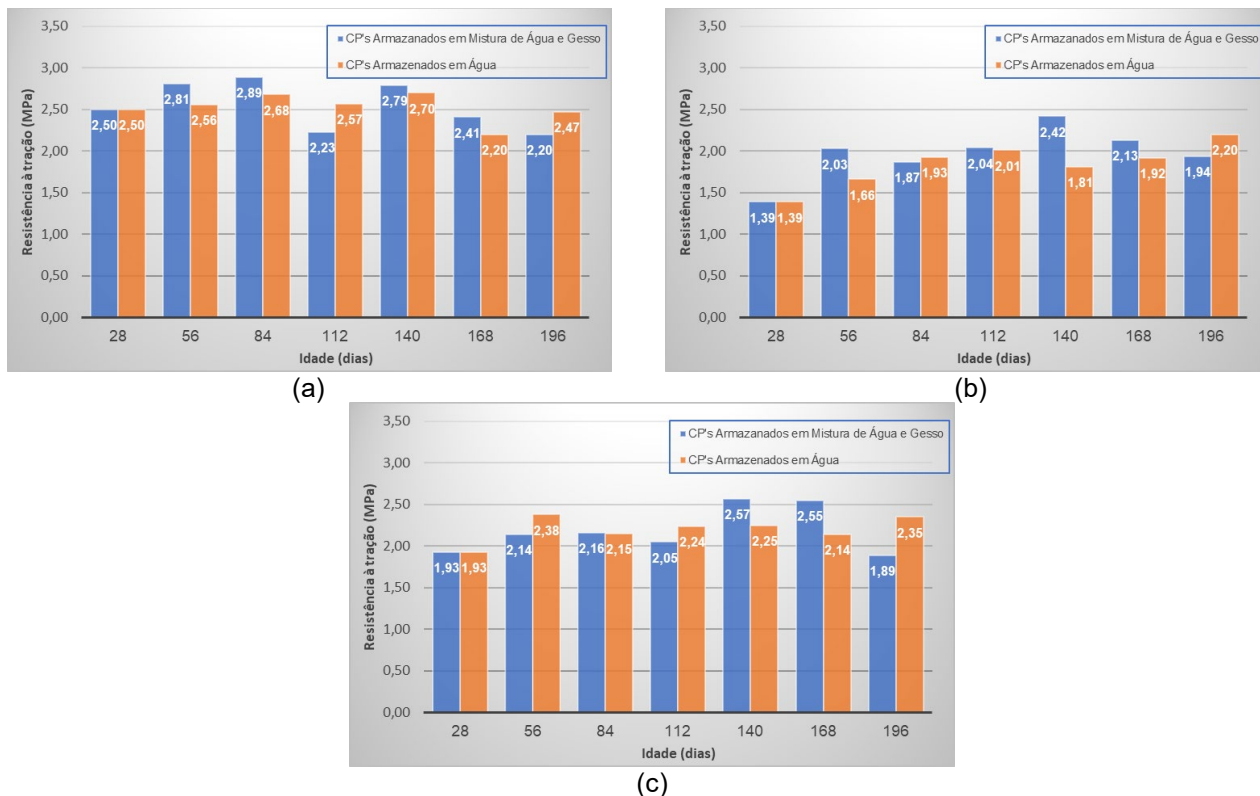


Figura 3: resistência à tração, onde (a) CP V-ARI; (b) CP IV-RS; (c) CP II-Z

3.4 – VARIAÇÃO DIMENSIONAL E VARIAÇÃO DE MASSA

Na figura 4 (a), estão representados os dados coletados da variação dimensional dos 3 tipos de cimento utilizados nas argamassas (CP V-ARI, CP IV-RS, CP II-Z). Nota-se que nos três casos houve variações de forma oscilante para variação dimensional. Nota-se que o cimento que mais expandiu ao longo do tempo foi o CP V-RS, entretanto, ao longo do tempo tais expansões mantiveram-se em patamar de estabilidade, em torno de 0,11%, o que indica não ter ocorrido a formação de produtos expansivos na mistura. O cimento CP V, mais puro entre os três avaliados, apresentou as menores expansões, seguido do CP II-Z, as quais ficaram muito próximas de zero.

Os dados da variação de massa podem ser observados na figura 4 (b), também representando os resultados dos três cimentos. Observa-se que a argamassa que mais ganhou massa foi a composta de cimento CP II-Z, tendo um acréscimo de aproximadamente 7,12%. As argamassas com cimento CP V-ARI e CP IV-RS apresentaram comportamentos parecidos, ganhando em massa 3,56% e 3,76%, respectivamente. Os resultados também indicam que o maior ganho em menos tempo

foi na idade de 7 dias, com acréscimos de 2,43% e 2,54%, na devida ordem. Tal ganho de massa é oriunda das reações pozolânicas presentes no CP II-Z.

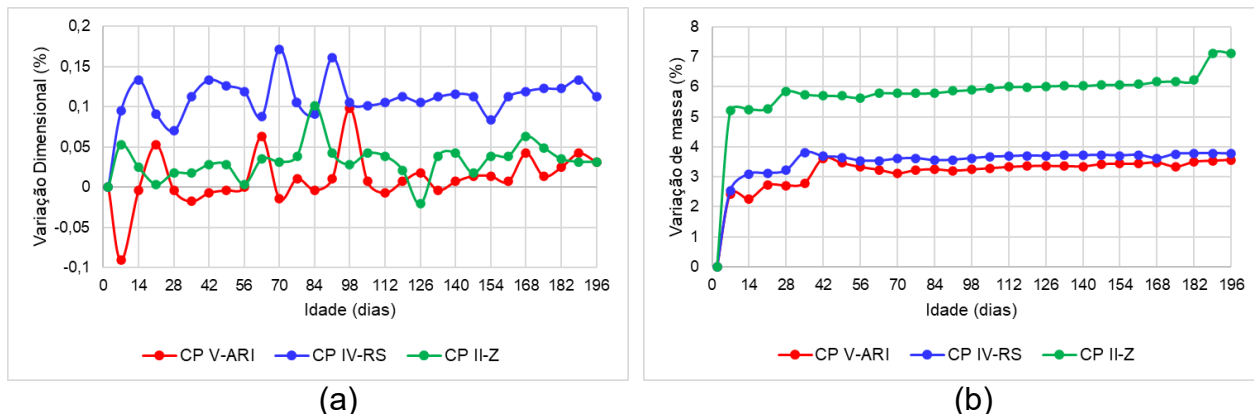


Figura 4: variações dos corpos de prova prismáticos, onde (a) variação dimensional; (b) variação de massa

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados alcançados se conclui que os corpos de prova não sofreram ataques por sulfatos. A tese se sustenta analisando-se a variação dimensional, em que todos os corpos de prova apresentaram variações próximas a zero. Referente às variações de massa, conclui-se que as argamassas compostas pelo cimento CP II-Z ganharam mais massa pela presença de adição pozolânica, porém o ganho permaneceu em patamar estável ao longo do período de ensaio. Em relação às propriedades mecânicas, não foi possível observar diferença entre as condições avaliadas, podendo-se afirmar que não foram afetadas pelo ataque de sulfatos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**. Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**. Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16973**. Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 μ m por lavagem. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**. Concreto e Argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.