INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO PORTLAND COM DIFERENTES TEORES DE ADITIVO REDUTOR DE ÁGUA NA FLUIDEZ DE PASTAS CIMENTÍCIAS AO LONGO DO TEMPO

Karina Simas da Rosa Carvalho[1], Maria Eduarda Rosa Marcelina[2], Caio Rogério Endler Brito[3], Radhames Zardo von Mecheln[4], Alexandre Lima de Oliveira[5] Juliana Machado Casali[6]

[1]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil(karinasimas21@gmail.com)
[2]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (maria.rm@ifsc.edu.br)
[3]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (caio.re@aluno.ifsc.edu.br)
[4]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (radhamesvm@gmail.com)
[5]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (alexandre@ifsc.edu.br)
[6]Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil(juliana.casali@ifsc.edu.br)

Resumo: O estudo objetivou avaliar a influência de dois cimentos Portland e de três aditivos redutores de água (teores de 0% a 1,5%) em pastas cimentícias ao longo do tempo. O método consistiu em analisar a fluidez aos 0, 30 e 60 min. Os resultados indicaram que o aditivo F dobrou a fluidez inicial no cimento 1, sofrendo perda de consistência posterior. No cimento 2, os aditivos L e P mantiveram o espalhamento por 60 min. Conclui-se que a eficiência reológica depende da compatibilidade aditivo-cimento.

Palavras-chave: aditivo plastificante; pasta cimentícia; fluidez; densidade de massa; teor de ar incorporado.

INTRODUÇÃO

O cimento Portland é amplamente utilizado na construção civil como principal material aglomerante, empregado na produção de concretos e argamassas, produções que demandam desempenho mecânico, durabilidade e trabalhabilidade adequados.

Na produção das argamassas e concretos, assim que o cimento e a água se unem, a água reage separadamente com cada componente do cimento. A taxa de reação de cada componente principal, o calor liberado durante a reação e a contribuição do produto formado como resultado da reação para a resistência da pasta de cimento são diferentes (Cisma, [s.d.]).

Essa reação química, conhecida como hidratação do cimento, é fundamental para a formação dos produtos que conferem as propriedades de endurecimento e resistência ao material, sendo o silicato de cálcio hidratado (C-S-H) o principal responsável pela resistência e durabilidade (Mehta e Monteiro, 2014).

Contudo, o processo de hidratação consome a água presente na mistura. De acordo com Polesello (2018), à medida que as reações dos compostos de cimento progridem após a adição de água, a massa plástica resultante começa a perder plasticidade com o passar do tempo. Esse fenômeno compromete diretamente a trabalhabilidade do concreto, dificultando as etapas de lançamento, adensamento e acabamento, especialmente em aplicações que exigem elevada fluidez e manutenção da consistência por períodos prolongados. A perda de trabalhabilidade pode comprometer a homogeneidade da mistura e o adequado preenchimento das fôrmas, favorecendo a ocorrência de segregação e exsudação.

Nesse contexto, o uso de aditivos redutores de água e superplastificantes tem se mostrado uma alternativa eficiente para melhorar o desempenho do concreto no estado fresco, permitindo reduzir a quantidade de água da mistura sem prejuízo da consistência e contribuindo para o aumento da fluidez e da trabalhabilidade do material (Scheeren *et al.*, 2017; Negri *et al.*, 2023). Além disso, os superplastificantes atuam na dispersão das partículas cimentícias, promovendo maior mobilidade da mistura e melhor retenção de abatimento ao longo do tempo, fator importante em concretos bombeáveis e de alto desempenho (Ramos *et a*l., 2023).

Essa ação benéfica dos aditivos, no entanto, não é isenta de complexidades. A eficácia dos aditivos redutores de água é significativamente influenciada pelas características do cimento Portland, como sua

composição mineralógica, finura, área superficial específica e presença de adições minerais (Neville e Brooks, 2010). Diferentes tipos de cimento podem apresentar interações distintas com um mesmo aditivo, afetando tanto o ganho inicial de fluidez quanto, criticamente, a taxa de perda de trabalhabilidade ao longo do tempo (Magalhães *et al.*, 2022).

Apesar dos avanços e conhecimento sobre os aditivos, a manutenção da sua fluidez ao longo do tempo, ainda vem sendo um desafio para a construção civil. A otimização das dosagens de aditivo e a compreensão aprofundada das interações aditivo/cimento tornam-se, portanto, essenciais para garantir a trabalhabilidade e outras demandas primárias de concretos e argamassas.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do tipo de cimento Portland com diferentes teores de aditivo redutor de água na fluidez de pastas cimentícias ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a confecção das pastas cimentícias avaliadas neste estudo, optou-se pela utilização de dois tipos de cimento Portland comerciais de ampla aplicação estrutural e características distintas de composição. O primeiro aglomerante, denominado Cimento 1, corresponde ao Cimento Portland composto com Pozolana (CP II-Z-40). Este cimento caracteriza-se por uma adição intermediária de material pozolânico, conferindo um equilíbrio adequado entre a resistência mecânica inicial e a durabilidade a longo prazo.

Em contrapartida, o segundo aglomerante (Cimento 2) empregado na pesquisa foi o Cimento Portland Pozolânico (CP IV-32 RS). Este material possui um teor mais elevado de material pozolânico em sua composição, o que atua diretamente no refinamento da estrutura de poros da matriz cimentícia por meio da reação pozolânica secundária. Adicionalmente, a designação RS atesta a sua propriedade de Resistência a Sulfatos, tornando-o especialmente indicado para ambientes quimicamente agressivos. Ambos os cimentos Portland foram caracterizados e classificados em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 16697 (ABNT, 2018). As principais propriedades físicas, químicas e mecânicas de ambos os cimentos, obtidas por meio dos respectivos boletins de ensaio fornecidos pelos fabricantes, encontram-se consolidadas e sintetizadas na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1. Características químicas dos cimentos Portlands utilizados

Característica	Un	CPII Z	CP IV
Químicas			
Perda ao Fogo (PF)	%	3,31	5,11
SO3	%	2,93	4,38
Resíduo Insolúvel (RI)	%	9,82	2,16
MgO	%	5,40	27,6

Fonte: Fabricantes do Cimento Portland (2026).

Tabela 2. Características físicas e mecânicas dos cimentos Portlands utilizados

Característica	Un	CPII Z	CP IV
Físicas			
Finura (#200)	%	0,29	0,08
Finura (#325)	%	1,37	1,25
Blaine	cm^2/g	4727	4385
Água de consistência	%	30,4	29,77
Tempo de pega - Início	min	238	307
Tempo de pega - Fim	min	306	389
Massa específica	g/cm^3	3,03	2,80
Mecânicas			
1 dia	MPa	23,2	-
3 dias	MPa	32,8	22,4
7 dias	MPa	38,3	27,6
28 dias	MPa	46,5	36,5

Fonte: Fabricantes do Cimento Portland (2026).

Foram utilizados três aditivos redutores de água denominados aditivo L, aditivo F e aditivo P.

O aditivo M é um redutor de água classificado como Redutor de água tipo 1/ RA 1 - R, conforme a norma NBR 11768 (ABNT, 2011). As características do aditivo L estão representadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características aditivo L utilizado

Função	Dispersante de alta eficiência
Massa específica (g/cm³)	1,095-1,135
Estado Físico	Líquido
Cor	Marrom escuro
Dosagem recomendada	0,5 a 1,2%

Fonte: Fabricantes do Aditivo L (2026).

O aditivo F é um superplastificante classificado como Redutor de água tipo 2 - retardador de pega - RA2 - R, conforme a norma NBR 11768 (ABNT, 2011). As características do aditivo F estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4. Características aditivo F

Função	Superplastificante
Massa específica (g/cm³)	1,045-1,085
Estado Físico	Líquido
Cor	Âmbar a marrom
Dosagem recomendada	0,4 a 1,2%

Fonte: Fabricantes do Aditivo F (2026).

O aditivo P é um redutor de água classificado como Redutor de água tipo 1 - RA1, conforme a norma NBR 11768 (ABNT, 2011). As características do aditivo P estão representadas na Tabela 5.

Tabela 5. Características aditivo P

Função	Alto poder de redução de água
Massa específica (g/cm³)	1,10-1,14
Estado Físico	Líquido
Cor	Marrom
Dosagem recomendada	0,4 a 1,0%

Fonte: Fabricantes do Aditivo P (2026).

As pastas cimentícias foram preparadas com um fator água/cimento (a/c) fixo de 0,40. A dosagem da quantidade de cimento Portland foi de 500 g, resultando em 200 g de água para cada mistura.

O aditivo redutor de água foi incorporado em diferentes teores em relação à massa de cimento Portland, sendo: 0% (pasta sem aditivo), 0,5% (equivalente a 2,5 g), 1,0% (equivalente a 5 g) e 1,5% (equivalente a 7,5 g).

A mistura das pastas foi realizada utilizando um liquidificador 1400w de potência com capacidade de 3,1l como mostra a Figura 1.



Figura 1. Equipamento de mistura e materiais utilizados. Fonte: Autores (2026).

Para garantir a homogeneização e a reprodutibilidade reológica das matrizes, padronizou-se o procedimento de mistura na velocidade 2. Para as pastas de referência (sem aditivo), o cimento Portland e a água de amassamento foram misturados por 30 segundos; na sequência, o misturador foi interrompido para a raspagem das paredes e do fundo do recipiente com espátula, retomando-se a mistura por mais 30 segundos. Para as formulações com aditivo plastificante, aplicou-se a técnica de adição tardia: após o mesmo rito de pré-mistura (cimento e água), o aditivo foi incorporado à pasta, seguido por um ciclo complementar de mistura de 30 segundos.

As análises reológicas e cinéticas ocorreram logo após a mistura (t = 0), aos 30 minutos (t = 30 min) e aos 60 minutos (t = 60 min) mantendo-se as pastas protegidas da evaporação durante o repouso. Antes dos ensaios de 30 e 60 minutos, as matrizes foram remisturadas por 30 segundos na velocidade 2 para re-homogeneização e quebra de estruturas em repouso.

A fluidez foi avaliada inicialmente pelo ensaio de espalhamento com o cone de Kantro. O molde foi centralizado sobre uma placa de vidro acoplada a um papel milimetrado em base nivelada e preenchido com a pasta. Após o arrasamento, o cone foi içado verticalmente e, decorridos 10 segundos de espalhamento, registrou-se o raio da abertura por meio de fotografias (Figura 2).

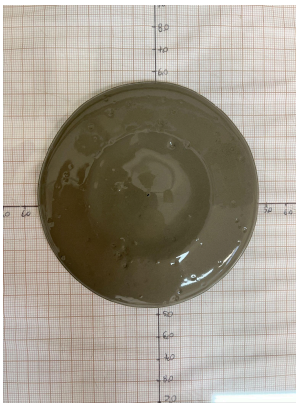

Figura 2. Ensaio espalhamento com cone kantro.
Fonte: Autores (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao espalhamento médio das pastas cimentícias, determinados com o cimento 1 e com os teor de aditivo L (0,0%, 0,5%, 1,0% e 1,5%) nos tempos de avaliação (0, 30 e 60 min), estão apresentados na Figura 3.

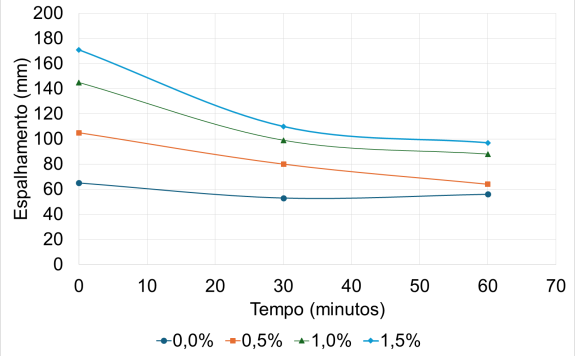

Figura 3. Espalhamento médio (mm) do cimento 1 e teores de aditivo L nos tempos 0, 30 e 60 min
Fonte: Autores (2026).

A análise do comportamento do Cimento 1 revela o perfil tipicamente esperado para a ação de aditivos redutores de água em matrizes cimentícias compostas. Na ausência de aditivo (0,0%), a pasta apresentou um espalhamento inicial modesto de 65 mm no tempo imediato (t=0). Ao longo do tempo, observou-se uma redução gradual nessa fluidez, atingindo 53 mm aos 30 min e mantendo-se na faixa de 56 mm aos 60 min. Esse fenômeno decorre diretamente das reações cinéticas iniciais de hidratação do clínquer, provavelmente com a formação precoce de etringita, as quais aumentam a rigidez interna do sistema e reduzem a água livre disponível para o escoamento.

A incorporação do aditivo L promoveu um incremento expressivo na trabalhabilidade e na magnitude do espalhamento inicial de todas as pastas. No tempo zero (t=0), o diâmetro saltou de 65 mm (referência) para 105 mm, 145 mm e 171 mm com os teores de 0,5%, 1,0% e 1,5% de aditivo, respectivamente. Essa evolução linear evidencia a eficácia do agente dispersante em deflocular os grãos de cimento Portland por repulsão eletrostática, liberando a água aprisionada nos aglomerados e reduzindo a viscosidade aparente do sistema.

Entretanto, esse ganho de fluidez mostrou-se altamente dependente do tempo. Nas idades de 30 e 60 min, manifestou-se uma perda progressiva de espalhamento. Para o teor de 1,0%, por exemplo, o diâmetro decresceu de 145 mm (t=0) para 99 mm (t=30 min) e, finalmente, para 88 mm (t=60 min). Esse comportamento indica que, embora o aditivo redutor de água possua uma ação retardadora secundária, o possível consumo das moléculas poliméricas pelas primeiras fases hidratadas sobrepõe-se ao efeito de dispersão ao longo da primeira hora, induzindo a perda paulatina de trabalhabilidade.

Em contrapartida, a associação do aditivo L ao Cimento 2 resultou em um comportamento distinto, caracterizado pela estabilidade e menor sensibilidade ao teor de aditivo (Figura 4). Embora a incorporação do aditivo L não tenha promovido incrementos expressivos no espalhamento inicial, observou-se uma manutenção linear da fluidez ao longo do tempo. Esse cenário evidencia que, para este cimento Portland específico, o aditivo apresenta menor eficiência de dispersão inicial (poder plastificante), porém exibe uma excelente capacidade de manutenção da trabalhabilidade, com perda reológica desprezível ao longo da primeira hora.

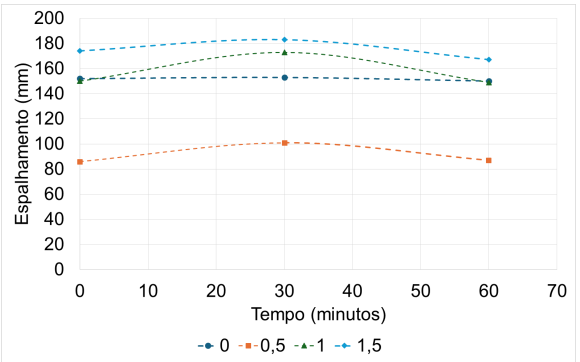

Figura 4. Espalhamento médio (mm) do cimento 2 e teores de aditivos nos tempos 0, 30 e 60 min
Fonte: Autores (2026).

Já os resultados obtidos para as pastas avaliadas com o aditivo F em função do tipo de cimento, do teor de aditivo plastificante (0,0%, 0,5%, 1,0% e 1,5%) e do tempo (0, 30 e 60 min) são apresentados na Figura 5.

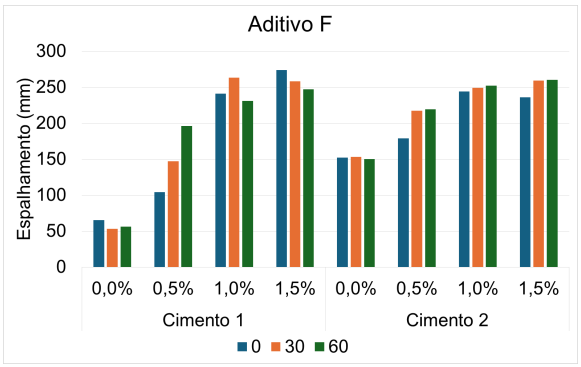

Figura 5. Espalhamento médio (mm) das pastas com a aditivo F teores de aditivos nos tempos 0, 30 e 60 min. Fonte: Autores (2026).

No que tange ao Aditivo F combinado ao Cimento 1 (Figura 5), o teor de 0,5% apresentou um incremento inicial mais modesto no espalhamento, situando-se na faixa de 104 mm a 196 mm. Contudo, observou-se uma tendência de crescimento da fluidez ao longo do tempo, comportamento que sugere um efeito retardado ou a liberação gradual do princípio ativo do aditivo.

Em contrapartida, a incorporação do mesmo teor (0,5%) ao Cimento 2 propiciou patamares superiores de trabalhabilidade desde os momentos iniciais, com valores de espalhamento entre 179 mm e 219 mm. Esse perfil demonstra o excelente desempenho do Aditivo F nesta matriz cimentícia, caracterizado por uma ação plastificante imediata. Adicionalmente, o sistema exibiu maior robustez e estabilidade geral, com menores variações de espalhamento ao longo do tempo.

No que se refere às pastas formuladas com o Cimento 1 e o aditivo P, observou-se um incremento inicial na fluidez proporcional ao aumento do teor. Contudo, o sistema exibiu uma perda expressiva de espalhamento ao longo do tempo, sobretudo no intervalo entre 30 e 60 minutos. Esse comportamento indica que, embora o aditivo apresente boa eficácia de dispersão imediata, sua capacidade de retenção de trabalhabilidade é limitada. Adicionalmente, constatou-se que a utilização de teores mais baixos eleva o risco de dispersão dos dados, conforme evidenciado pelos elevados coeficientes de variação (CV) obtidos, indicando menor robustez dessas dosagens. O comportamento da fluidez do cimento 1 com o aditivo P está apresentado na Figura 6.

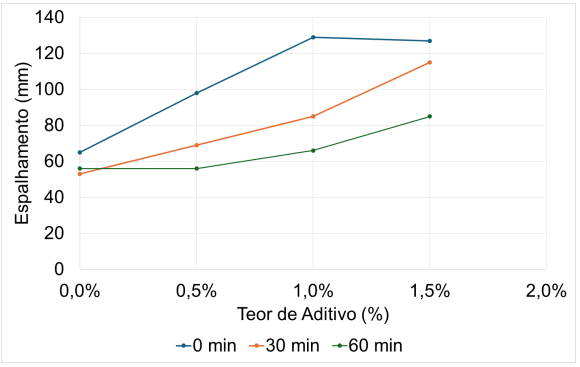

Figura 6. Espalhamento médio (mm) do cimento 1 e teores de aditivo P nos tempos 0, 30 e 60 min
Fonte: Autores (2026).

Por outro lado, a associação do Cimento 2 ao aditivo P (Figura 7) resultou em um comportamento significativamente mais linear e proporcional ao teor empregado. Essa combinação apresentou uma melhor resposta reológica e maior estabilidade temporal, indicando uma boa afinidade entre o cimento Portland e o aditivo. Curiosamente, esse padrão de estabilidade e previsibilidade já havia sido verificado para este mesmo cimento quando combinado ao aditivo L, conforme discutido anteriormente na Figura 4, o que reforça a hipótese de que o Cimento 2 possui menor compatibilidade para redução de água para o mesmo espalhamento com os aditivos avaliados.

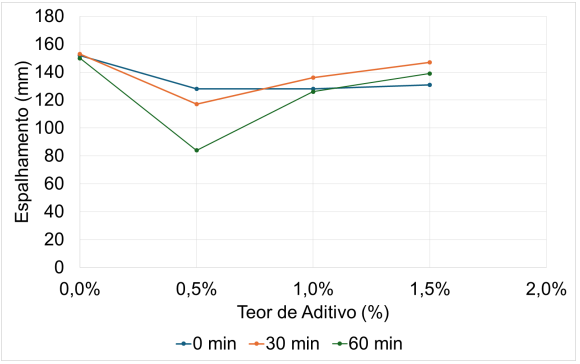

Figura 7. Espalhamento médio (mm) do cimento 2 e teores de aditivo P nos tempos 0, 30 e 60 min
Fonte: Autores (2026).

Visando comparar o efeito das diferentes composições químicas nas matrizes cimentícias, a Figura 8 ilustra o espalhamento no tempo inicial (t = 0 min) para o teor fixo de 1,0% (dosagem recomendada pelos fabricantes para todos os aditivos avaliados).

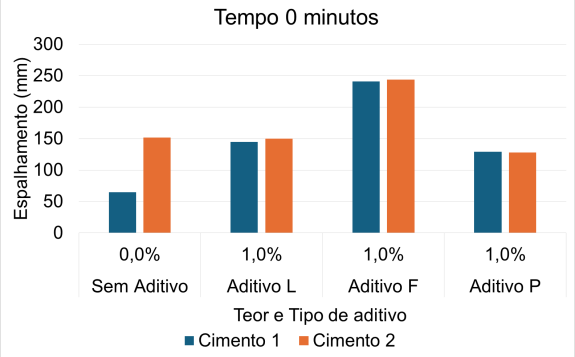

Figura 8. Espalhamento médio (mm) com os dois cimento e todos os aditivos com o teor de 1% nos tempos 0, 30 e 60 min
Fonte: Autores (2026).

Com base nos resultados obtidos na Figura 8, constata-se que, para o Cimento 1, houve um incremento expressivo na fluidez inicial para todos os aditivos em comparação à pasta de referência (sem aditivo). Destaca-se o comportamento do Aditivo F, cujo efeito plastificante foi praticamente o dobro dos demais, o que se alinha à sua classificação como aditivo redutor de água de alta eficácia (Tipo 2).

Em contrapartida, para o Cimento 2, não foram observados ganhos significativos de fluidez inicial com o emprego dos aditivos L e P, manifestando-se um incremento de espalhamento apenas com o uso do aditivo F (Figura 8). Esse cenário evidencia que a compatibilidade do Cimento 2 com os aditivos L e P não se reflete no poder de dispersão imediata, mas sim na excelente capacidade de manutenção da trabalhabilidade ao longo do tempo, conforme discutido previamente nas Figura 4 e Figura 7.

CONCLUSÃO

A análise experimental evidenciou que a eficiência reológica dos aditivos químicos é estritamente condicionada à compatibilidade com a matriz aglomerante empregada. Para o cimento composto com pozolana (Cimento 1), todos os agentes dispersantes promoveram um expressivo incremento no espalhamento inicial, destacando-se o aditivo superplastificante (Aditivo F), que praticamente duplicou a fluidez do sistema em relação à pasta de referência devido ao seu elevado poder de redução de água. Todavia, esse ganho imediato de trabalhabilidade mostrou-se altamente suscetível ao tempo na primeira hora, manifestando perdas progressivas de consistência que sugerem o consumo paulatino das moléculas poliméricas pelas primeiras fases hidratadas do clínquer.

Inversamente, quando associados ao cimento pozolânico com resistência a sulfatos (Cimento 2), os aditivos redutores de água do tipo 1 (L e P) não proporcionaram ganhos significativos na fluidez imediata, porém exibiram uma notável capacidade de manutenção do espalhamento ao longo de 60 minutos. Esse comportamento atesta que a afinidade entre o Aditivo F e ambos os aglomerantes garante elevados patamares de fluidez e estabilidade temporal, enquanto os demais aditivos atuam predominantemente na retenção da trabalhabilidade do Cimento 2.

Conclui-se, portanto, que a otimização de sistemas cimentícios fluidos exige uma avaliação criteriosa da interação aditivo-cimento. O estudo demonstra a necessidade de se sobrepor o comportamento cinético da mistura ao ganho isolado de fluidez inicial, garantindo a robustez reológica necessária para as etapas de lançamento, adensamento e acabamento do material no estado fresco.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pela concessão da infraestrutura laboratorial necessária para a realização dos ensaios e estendem o reconhecimento aos colegas e técnicos de laboratório que auxiliaram no desenvolvimento experimental desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697**: Cimento Portland — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

CIMSA. **What is hydration? How does cement hydration take place?**. [S.d.]. Disponível em: https://cimsa.com.tr/en/what-is-hydration-how-does-cement-hydration-take-place/. Acesso em: 25 maio 2025.

MAGALHÃES, A. L.; PEREIRA, L. G.; SANTOS, R. S. dos; SANTOS, S. F. dos. Influence of polycarboxylate superplasticizer on the rheological behavior of cement pastes. **REM - Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 75, n. 1, e1329, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1517-707620220001.1329. Acesso em: 25 maio 2025.

MEHTA, P .K., MONTEIRO, P.J.M., **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais** 2.ed, Ibracon, São Paulo, 2014.

NEGRI, R.; BOSCO, A. F.; FERREIRA, D. G.; RAISER, L. S. Análise da trabalhabilidade e resistência do concreto com adição de superplastificante. ***Revista Tecnologia***, Fortaleza, v. 44, p. 1–16, 2023. DOI: 10.5020/23180730.2023.14181. Disponível em: https://ojs.unifor.br/tec/article/view/14181/7302 Acesso em: 28 maio 2026.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Concrete Technology**. 2nd ed. Essex: Pearson Prentice Hall, 2010.

POLESELLO, E. **Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água utilizados após o tempo máximo de mistura e transporte especificado pela NBR 7212**. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2018.

RAMOS, J. A. V. S.; RAMOS, J. G. V. S.; SAVARIS, G.; BALESTRA, C. E. T.; PANSERA, W. A.; ANDRADE, J. S. Efeito dos métodos de correção da trabalhabilidade na resistência à compressão axial de concreto. ***Revista UniAraguaia***, Goiânia, 2023. Disponível em: https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/1322/1110 Acesso em: 28 maio 2026.

SCHEEREN, S. C. S. **Análise da influência de aditivos superplastificantes no comportamento de pastas de cimento Portland com diferentes estruturas polimórficas do C3A**. 2017. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.