



UFSC



III Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS

Inovação na construção: argamassas com atraso no tempo de pega

Innovation in construction: mortars with delayed setting times

Matheus Amancio Correa Neres¹, Arthur Batista Bromirsky¹, Glauber Rodrigues de Quadros¹, Jocenir Boita¹, Larissa Friedrich¹, Lucas Alves Lamberti¹, Luísa Dias Lopes¹, Marcus Paulo de Oliveira¹, Maria Cecília Caldeira Vieira¹, Patrícia Regina Ebani¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

RESUMO

A argamassa, material essencial em obras de alvenaria e revestimento, possui trabalhabilidade definida pelos tempos de início e fim de pega, que condicionam a coesão interna e a janela de aplicação. Fatores como relação água/cimento, temperatura de cura e aditivos influenciam diretamente esses parâmetros, sendo os retardadores tradicionais eficientes em ambientes de clima tropical. Estudos mostram que a adição de nanopartículas de ferro pode prolongar os intervalos de pega, ajustando a cinética de hidratação e mantendo as características estruturais da matriz cimentícia. Esta pesquisa investiga sistematicamente a incorporação de Fe-NPs em argamassas, empregando ensaios normalizados para quantificar a variação nos tempos de pega e correlacionar a presença do nanomaterial às fases de endurecimento e à estabilidade do compósito. Os resultados indicaram que a incorporação de nanopartículas de ferro amplia a janela de trabalhabilidade em relação ao traço convencional isento de aditivos, ressaltando o potencial dessas partículas como agentes retardadores de pega em condições climáticas tropicais.

Palavras-chave: Argamassa; Nanopartículas de ferro; Tempo de pega em pasta de cimento

ABSTRACT

The mortar an essential material in masonry and finishing works has its workability defined by its initial and final setting times, which govern its internal cohesion and application window. Factors such as the watertocement ratio, curing temperature, and admixtures directly influence these parameters, with traditional retarders proving effective in tropical climates. Studies have shown that adding iron nanoparticles can extend the setting intervals by modifying the hydration kinetics while preserving the structural characteristics of the cementitious matrix. This research systematically investigates the incorporation of FeNPs into mortars, using standardized tests to quantify changes in setting times and



to correlate the presence of the nanomaterial with the hardening phases and composite stability. The results indicated that adding iron nanoparticles broadens the workability window compared to the conventional mix without admixtures, highlighting the potential of these particles as setting retarders under tropical climatic conditions.

Keywords: Mortar; Iron nanoparticles; Setting time of cement paste

1 INTRODUÇÃO

Conforme descrito por Silva e Melo (2021), a argamassa é um dos materiais de construção mais utilizados em obras civis, sendo empregada no assentamento de blocos, chapisco e reboco de alvenaria.

A trabalhabilidade, um dos aspectos fundamentais de uma argamassa fresca, refere-se à sua capacidade de ser preparada e executada desde a mistura e o transporte até a aplicação e o acabamento, garantindo um produto homogêneo. Esse atributo multifatorial resulta da combinação de características como consistência, plasticidade, retenção hídrica, coesão interna, densidade aparente e adesão inicial (Carasek, 2007 *apud* Brito, 2016).

Um entre os elementos fundamentais que determinam a trabalhabilidade de uma argamassa são os tempos de início e de fim de pega, parâmetros que delimitam a janela de trabalho disponível para manuseio e aplicação do material (Campos; Macioski; Casali, 2014).

O tempo de início de pega corresponde ao intervalo entre a adição de água ao traço e a primeira manifestação de rigidez momento em que a argamassa começa a perder plasticidade e não admite deformações sem fissurar definindo o prazo mínimo para mistura, transporte e assentamento das peças (Silva; Melo, 2021). Já o tempo de fim de pega é caracterizado pelo ponto em que o material não suporta mais cargas específicas sem fraturar, marcando o limite máximo para operações de acabamento e início da cura superficial (Campos; Macioski; Casali, 2014).

O tempo de pega em argamassas convencionais é influenciado principalmente pela relação água/material aglomerante, pela temperatura de cura, pela finura do aglomerante e pelos aditivos incorporados, que podem acelerar ou retardar o processo de hidratação do cimento Portland (Campos Neto; Geyer, 2019).

Tradicionalmente, aditivos retardantes modificam os períodos de pega. Esses compostos atuam inibindo a dissolução dos íons positivos e negativos presentes no cimento e retardando a formação de cristais dos componentes cimentícios, prolongando assim endurecimento da pasta cimentícia (Mehta; Monteiro, 1994).

Conforme destacado por Neville (2013), a utilização de aditivos retardadores em argamassas é particularmente indicada para regiões de clima tropical, onde elevadas temperaturas aceleram a perda de trabalhabilidade do material, cenário comum em grande parte do território brasileiro, especialmente nas áreas Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Esses aditivos atuam como reguladores da velocidade das reações de hidratação do cimento, prolongando o período de manipulação da mistura antes do início do endurecimento (Martins, 2005).

Mais recentemente, a nanociência tem proposto o uso de nanopartículas metálicas como agentes retardantes inovadores. Senff *et al.* (2014) e Liu *et al.* (2019) demonstraram que utilizando nanopartículas deste tipo diversas modificações benéficas nos compósitos cimentícios podem ser alcançadas, incluindo retardo de hidratação e tempo de pega do cimento.

Portanto, esta pesquisa propõe analisar a influência da incorporação de nanopartículas a base de ferro (Fe-NPs) como aditivo em argamassas, quantificando a variação nos tempos de pega por meio de ensaios normalizados, visando correlacionar a presença do nanomaterial com a modificação das etapas de endurecimento e estabilidade da matriz cimentícia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cimento Portland

A NBR 16697 (ABNT, 2018, p. 2) afirma que o cimento Portland comum se trata de um: “Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.”

2.2 Argamassa

Segundo a ABNT NBR 13529:1995, argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

2.3 Tempo de início De Pega

Conforme a NBR 16.607 (ABNT, 2018, p. 1) “Intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha de Vicat penetra na pasta e estaciona a (6 ± 2) mm da placa-base do molde-cônico, em condições normalizadas de ensaio”.

2.4 Tempo de fim De Pega

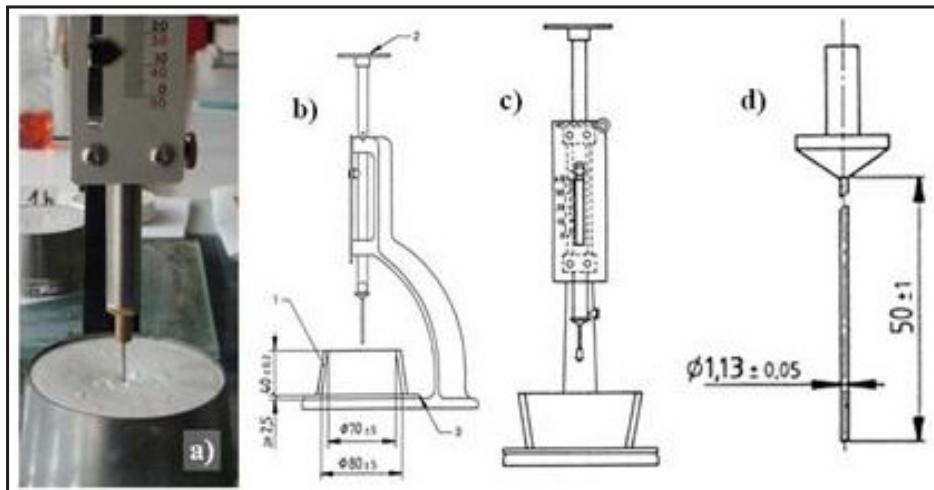
Conforme a NBR 16.607 (ABNT, 2018, p. 1) “Intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha do ensaio de Vicat penetra 0,5 mm na pasta, em condições normalizadas de ensaio”.

2.5 Aparelho De Vicat

O aparelho de Vicat é um instrumento utilizado na Engenharia Civil e materiais de construção para determinar a consistência e o tempo de pega de argamassas de

cimento, além de determinar a consistência da argamassa em diferentes estágios de preparação, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Aparelho de Vicat



Fonte: D. Thermomechanical Behaviour of a Self-flow Refractory Castable of 100% Alumina for Monolithic Applications (in Portuguese). 2012

Nota: a) pormenor da penetração da agulha; b) vista lateral do equipamento; c) visão frontal do equipamento para determinar o fim da presa (molde invertido); d) agulha (medidas em [mm])

Geralmente, o aparelho de Vicat é composto por um suporte metálico rígido (A) que serve de base estável para o ensaio; por meio dele passa uma haste interna de aço inoxidável (B) que desliza livremente. Em uma extremidade desta haste está fixada a sonda Tetmajer (C), utilizada para aferir o início do endurecimento do cimento, enquanto na outra extremidade encontrase uma agulha removível (D), empregada para determinar o fim do tempo de pega. Além disso, a haste é projetada para moverse verticalmente com suavidade e pode ser travada em qualquer posição desejada por meio de um parafuso de fixação, garantindo repetibilidade nas medições.

2.6 Aditivos Retardantes de Pega

De acordo com a NBR 11768-1 (ABNT, 2019, p. 3), aditivo retardante de pega é aquele que, quando adicionado à argamassa, retarda o início do fragmento do aglomerante, garantindo maior prazo de aplicação e acabamento. A norma classifica esses produtos como “controladores de hidratação” (tipo CH).

2.7 Nanopartículas a base de Ferro (Fe-NPs)

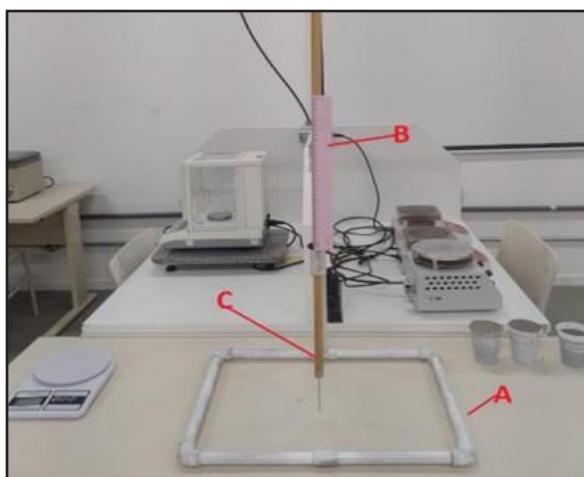
As NPs a base de ferro foram sintetizadas seguindo a patente verde de invenção BR 102016006952-1 (Boita; Rodrigues; Nunes, 2016) pelo método poliol, empregando Sulfato Ferroso (FeSO_4) como precursor de ferro, Citrato de Sódio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) como agente estabilizante de superfície, Polivinilpirrolidona (PVP, $\text{C}_6\text{H}_9\text{NO}$) como agente encapsulante para controle de crescimento e prevenção de aglomeração, e Ácido Ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) como agente redutor.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais e Equipamentos

Utilizou-se cimento Portland CII-Z, cal hidratada CH-II e areia média (0,15-2,4 mm) para compor o traço básico 1:2:8 (cimento: cal: areia). Em cada mistura foram usados 70 mL de água potável (ensaio controle) ou 70 mL da solução de nanopartículas de ferro (Fe-NPs) elaborada conforme a patente descrita anteriormente. Para a determinação dos tempos de pega empregou-se um aparelho de Vicat alternativo ilustrado na figura 2, cuja operação e desempenho foram previamente validados por Neres (2025). Complementam o conjunto de preparo uma balança analítica (precisão 1g), um misturador mecânico de velocidade controlada e moldes cilíndricos padronizados.

Figura 2 – Aparelho de Vicat alternativo (acervo particular do autor, março de 2024)



Fonte: Autores

3.2 Preparo das Argamassas

Os componentes secos foram inicialmente homogeneizados no misturador em baixa velocidade por 30s. Em seguida, acrescentou-se, em fluxo contínuo, a água potável (traço controle) ou a solução de Fe-NPs (traço experimental), até a formação de uma pasta uniforme. A mistura prosseguiu por mais 60s em velocidade média, assegurando a dispersão completa das nanopartículas e a obtenção de consistência normal conforme avaliação tátil e visual.

3.3 Ensaio de Tempo de Pega

Imediatamente após o amassamento, procedeu-se ao ensaio segundo ABNT NBR 16.607 (2018). A amostra foi depositada no molde cilíndrico (figura 3) sobre a base do aparelho de Vicat e a cronometragem iniciou-se no instante do contato entre o aglomerante e o líquido de amassamento. Aplicou-se a agulha de Vicat em intervalos regulares, como descritos na norma. Foram preparadas seis réplicas de cada traço, todas ensaiadas sob mesmas condições ambientais e horários.

Figura 3 – Moldes Cilíndricos (acervo particular do autor, março de 2024)



Fonte: Autores

3.3 Comparação

A Figura 4 mostra a pasta cimentícia pronta, com a formulação padrão no lado esquerdo e a pasta contendo nanopartículas de ferro (Fe-NPs) no lado direito.

Figura 4 – Amostras endurecidas (acervo particular do autor, março de 2024)



Fonte: Autores

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores dos intervalos de início e de fim de pega registrados para a argamassa padrão e para a formulação enriquecida com nanopartículas de ferro.

Tabela 1 – Ensaio pasta de cimento

Amostras	1	2	3	4	5	6
Tempo de Início de Pega (Horas)	2:00	1:45	2:15	2:00	1:45	2:00
Tempo de Fim de Pega (Horas)	5:15	5:00	4:45	5:00	4:45	4:45

Fonte: Autor (2024)

Tabela 2 – Ensaio pasta de cimento com NPs a base de ferro

Amostras	1	2	3	4	5	6
Tempo de Início de Pega (Horas)	8:15	8:00	8:15	7:45	7:45	8:00
Tempo de Fim de Pega (Horas)	12:00	11:45	11:45	12:15	12:00	12:15

Fonte: Autor (2024)

4 RESULTADOS

Os resultados do ensaio de tempo de pega para a argamassa padrão (Tabela 1) mostraram que o início de pega variou entre 1h 45min e 2h 15min, com média de 2h. A repetibilidade dos valores indica boa homogeneidade no preparo das amostras, uma vez que quatro das seis réplicas apresentaram exatamente 2h para o início de pega. Já o tempo de fim de pega oscilou entre 4h 45min e 5h 15min, resultando em média de 4h 58min. A diferença de até 30min entre as amostras mais rápidas e as mais lentas sugere um comportamento consistente do material, compatível com o esperado para traços convencionais sem aditivos específicos.

Na argamassa contendo nanopartículas de ferro (Tabela 2), observou-se um considerável prolongamento dos tempos de pega. O início de pega ocorreu entre 7h 45min e 8h 15min, com média de 8h, representando um grande aumento em comparação ao traço padrão. Para o fim de pega, os valores variaram entre 11h 45min e 12h 15min, com média de 12h, também indicando ampla janela de trabalhabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a incorporação de nanopartículas de ferro (Fe-NPs) em argamassas do traço 1:2:8 expande significativamente a janela de trabalhabilidade, elevando o tempo de início de pega de 2 para 8 horas e o fim de pega de 5 para 12 horas. Esses resultados corroboram tendências observadas em pesquisas, que apontam a eficácia de aditivos nano estruturados na modulação das reações de hidratação e na manutenção da homogeneidade da matriz cimentícia. À luz desses achados, fica evidente o potencial das Fe-NPs como agentes retardantes de pega, sobretudo em regiões onde as condições ambientais aceleram o endurecimento tradicional. Para etapas futuras, idealiza-se a realização de ensaios de resistência mecânica como compressão e aderência para avaliar de forma integrada os impactos das nanopartículas na durabilidade e no desempenho estrutural das argamassas.

em idades avançadas. Tal aprofundamento fornecerá subsídios essenciais para a aplicação prática dessas formulações avançadas em cenários reais de construção.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7711: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606: Cimento Portland – Determinação da Pasta de Consistência Normal.** Rio de janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega.** Rio de janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos.** Rio de janeiro. 2018.

BRITO, A. C. de. **Gestão e Controle de Qualidade nos Procedimentos Referentes a Revestimento Argamassado.** [manuscrito] / Antonio Carlos de Brito. – 2016. 44 f., enc.: il.

CAMPOS, G. M.; MACIOSKI, G.; CASALI, J. M. **Estudo do tempo de início de pega de argamassas com aditivo estabilizador de hidratação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 55., 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: IBRACON, 2014.

CAMPOS NETO, T. F.; GEYER, A. L. B. Efeitos do uso de aditivo com nanosílica na consistência e resistência mecânica do concreto. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo**, v. 12, n. 2, p. 371-385, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952019000200009>. Acesso em: 07 maio 2025.

LIU, J.; JIN, H.; GU, C.; YANG, Y. (2019) **Effects of zinc oxide nanoparticles on early-age hydration and the mechanical properties of cement paste.** Constr Build Mater 217:352-362. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.027>

MARTINS, V. C. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com a utilização de aditivos: Estudo de caso.** 2005. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, J. M. P. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais.** 4. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NERES, M. A.; BOITA, J. Confecção de um aparelho de Vicat com instrumentação alternativa de baixo custo: ensaio de início de pega em pasta de cimento. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 46, n. esp. 3, e87043, 08 nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X87043>. Acesso em: 18 mai. 2025.

SENFF, L.; TOBALDI, D. M.; LEMES-RACHADEL, P. *et al.* (2014) **The influence of TiO₂ and ZnO powder mixtures on photocatalytic activity and rheological behavior of cement pastes.** Constr Build Mater 65:191–200. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.121>

SILVA, C.; MELO, G. **Estudo do comportamento da pega da argamassa com adição de sacarose: início de pega e índice de consistência.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Goiás, Campus Anápolis, Anápolis, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1634/3/tcc_%20Caio%20Silva_Gabriel%20Melo.pdf. Acesso em: 2 mar. 2025

Contribuição de autoria

1 – Matheus Amancio Correa Neres

Estudante de engenharia Mecânica na Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0009-0009-8921-3910> • matheus.neres@acad.ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Marcus Paulo de Oliveira

Graduando em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0009-0004-8237-0845> • marcus.oliveira@acad.ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

3 – Larissa Friedrich

Graduanda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0009-0004-2409-2429> • larissa.friedrich@acad.ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

4 – Luísa Dias Lopes

Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0009-0003-2055-5564> • lopes.luisa@acad.ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

5 – Patrícia Regina Ebani

Graduada em Química Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0000-0002-5235-1692> • patricia.ebani@ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

6 – Glauber Rodrigues de Quadros

Graduado em Matemática Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0000-0002-6182-7525> • glauber.quadros@ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

7 – Jocenir Boita

Graduado em Licenciatura plena em Física pela Universidade Comunitária Regional de Chapecó.

<https://orcid.org/0000-0002-1433-3610> • jocenir.boita@ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

8 – Lucas Alves Lamberti

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0000-0002-5004-5288> • lucas.lamberti@ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

9 – Maria Cecília Caldeira Vieira

Estudante de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria.

<https://orcid.org/0009-0005-5856-2852> • vieira.marina@acad.ufsm.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

10 – Arthur Batista Bromirsky

Tem experiência na área de Engenharia Mecânica.

<https://orcid.org/0009-0002-9438-7535> • arthurbromirsky@gmail.com

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

NERES, M. A. C.; OLIVEIRA, M. P. de; FRIEDRICH, L.; LOPES, L. D.; EBANI, P. R.; QUADROS, G. R. de;
BOITA, J.; LAMBERTI, L. A.; VIEIRA, M. C. C.; BROMIRSKY, A. B. (2025). Inovação na construção:
argamassas com atraso no tempo de pega. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 47, esp 4, e92196.
DOI 10.5902/2179460X92196. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X92196>.