XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

INFLUÊNCIA DA POLPA DE NANOCELULOSE FIBRILADA NAS PROPRIEDADES DO ESTADO FRESCO DE PASTAS CIMENTÍCIAS

Influence of Fibrillated Nanocellulose Pulp on the Fresh State Properties of Cement Pastes

BRUNA RÉGIO DE LIMA[1], GÉSSICA KATALYNE BILCATI[2], HENRIQUE AJUZ HOLZMANN[3], ELOISE APARECIDA LANGARO[4], ELAINE CRISTINA LENGOWSKI[5]

[1] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, brunaregiolima@gmail.com
[2] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, gessicak@utfpr.edu.br
[3] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, haholzmann@utfpr.edu.br
[4] Universidade Estadual de Ponta Grossa, ealangaro@uepg.br
[5] Universidade Federal de Mato Grosso, elainelengowski@gmail.com

RESUMO

O Cimento Portland é amplamente utilizado na construção, porém apresenta desafios ambientais. A nanocelulose fibrilada (NFC), derivada de biomassa, surge como alternativa sustentável para melhorar compósitos cimentícios. Este estudo analisou pastas cimentícias com diferentes concentrações de NFC (1,0% a 2,5%) no estado fresco. Avaliaram-se consistência, densidade, teor de ar incorporado e reologia pelo ensaio de *squeeze-flow*. Os resultados mostraram que a NFC não afetou significativamente o espalhamento, a densidade e o teor de ar, mas melhorou a plasticidade das pastas. Conclui-se que a NFC tem potencial para uso sustentável em materiais cimentícios, sem comprometer suas propriedades.

Palavras-chave: Nanomateriais. Comportamento Reológico. Consistência.

ABSTRACT

Portland cement is widely used in construction but presents environmental challenges. Fibrillated nanocellulose (NFC), derived from biomass, emerges as a sustainable alternative to improve cementitious composites. This study analyzed cement pastes with different NFC concentrations (1.0% to 2.5%) in the fresh state. Consistency, density, incorporated air content, and rheological behavior were evaluated using the squeeze-flow test. The results showed that NFC did not significantly affect spreadability, density, or air content but improved the plasticity of the pastes. It is concluded that NFC has potential for sustainable use in cementitious materials without compromising their properties.

Keywords: Nanomaterials. Rheological Behavior. Consistency.

Como citar:
LIMA, B.R.; BILCATI, G. K.; HOLZMANN, H. A.; LANGARO, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Influência da Polpa de Nanoceulose Fibrilada nas Propriedades do Estado Fresco de Pastas Cimentícias. XV SBTA 2025. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

Os materiais cimentícios estão amplamente presentes na construção civil, englobando edifícios, infraestrutura de transporte e elementos não estruturais, como revestimentos e componentes estruturais [1]. Com o aumento da demanda por edificações, surge a necessidade de explorar alternativas mais avançadas e eficientes, como os compósitos de matriz cimentícia com adição de nanomateriais.

A introdução da nanotecnologia nesses compósitos permite alterar significativamente sua microestrutura, resultando em materiais mais duráveis e com desempenho otimizado [2]. Nesse contexto, os nanomateriais à base de celulose destacam-se como opções promissoras para aprimorar as propriedades dos produtos cimentícios. Embora amplamente utilizados como reforços nas indústrias de papel, farmacêutica e cosmética [3], as nanoceluloses possuem características que as tornam promissoras também para o setor da construção civil. Os incrementos relatados na literatura foram de 43% na resistência à compressão, 106% na resistência à flexão, 5% no módulo de elasticidade e 71% no módulo de flexão [4]. Mesmo em concentrações reduzidas, como 0,1%, as nanopartículas têm o potencial de promover mudanças significativas nas propriedades reológicas dos materiais cimentícios [4].

Apesar das vantagens agregadas aos compostos à base de cimento, os nanomateriais de origem vegetal podem apresentar significativas dificuldades de dispersão. Mendes *et al.* [5] destacam que a homogeneidade da mistura confere excelentes propriedades de trabalhabilidade aos materiais cimentícios. A falta de homogeneidade em compósitos cimentícios pode reduzir a plasticidade, resultando na formação de zonas frágeis na microestrutura do sistema cimentício. Portanto, é importante estudar e padronizar processo de mistura das partículas, a fim de assegurar uma dispersão eficaz dos materiais [6].

Pesquisas desenvolvidas na área de compósitos cimentícios com adição de materiais celulósicos, exemplificadas pelos estudos dos autores Martins et al. [7], Savastano Jr. [8] e Garcia [9], têm-se concentrado nas propriedades no estado endurecido, com pouca avaliação das suas características no estado fresco. Assim, para obter um composto cimentício de alta qualidade, é crucial conduzir ensaios no estado fresco, devido à influência significativa nas propriedades no estado endurecido, na durabilidade e impermeabilidade.

A avaliação do comportamento reológico dos compósitos cimentícios é considerada necessária para desenvolver formulações que apresentem propriedades adequadas para a aplicação no estado fresco e que não comprometam o desempenho do material no estado endurecido [10]. Portanto, é crescente o número de pesquisas que buscam o aprimoramento e estudos reológicos das propriedades dos materiais cimentícios a fim de ampliar as possibilidades de utilização de novos produtos dentro da construção civil [11].

O estudo de um novo tipo de pasta cimentícia, composta com nanopartículas de celulose apresenta um grande potencial, pois além da vantagem de ser um material proveniente de fontes renováveis, a nanocelulose apresenta propriedades capazes de melhorar as características dos componentes cimentícios empregados na construção civil. Com base nas informações supracitadas o presente artigo tem por foco, estudar as propriedades do estado fresco de pastas cimentícias com adição de polpa de nanocelulose fibrilada.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

O aglomerante empregado na formulação das pastas cimentícias foi o cimento CP V ARI. Na Tabela 1 está descrito a caracterização do cimento utilizado.

Tabela 1 – Caracterização do cimento CPV ARI.

Parâmetros	CPV - ARI
Tempo de início de pega (horas)	≥ 1
MgO (%)	≤ 6,5
SO_3 (%)	≤ 4,5
Perda ao fogo (%)	≤ 6,5
Resíduo insolúvel (%)	≤ 3,5

Fonte: Dados do fabricante (2024).

Para realizar este estudo também foram empregadas polpa de nanocelulose fibrilada. A polpa de nanocelulose fibrilada foi produzida a partir da *polpa kraft* branqueada de *Eucalyptus sp*., sendo desintegrada em liquidificador com 450W de potência, por 30 segundos. Em seguida, passou por processamento no Microprocessador Super Masscolloider Masuko Sangyo. Os parâmetros para a obtenção das NFC's foram: 1500 rpm de rotação, 10 passagens pelo moinho e uma consistência de 1%. O termo "polpa de nanocelulose fibrilada" refere-se ao gel no qual as NFC's estão suspensas em água, conforme se pode observar na Figura 1. O método é baseado na tese de Lengowski [12].

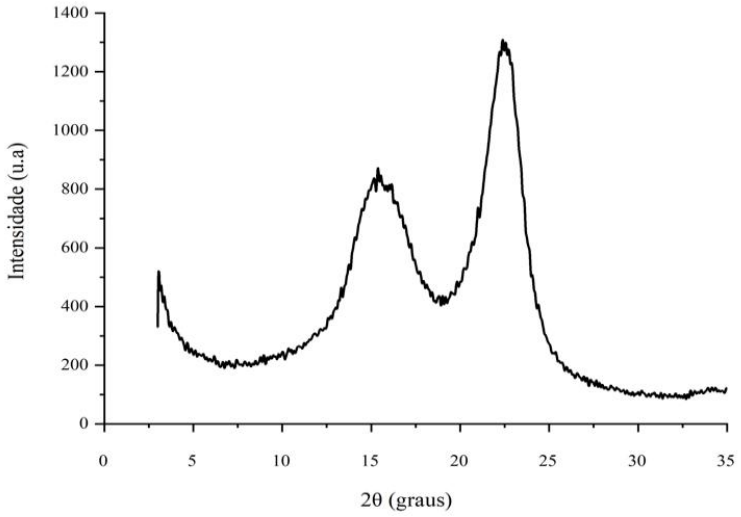
Figura 1 – Polpa de nanocelulose fibrilada (NFC).



Fonte: Os autores (2025).

A caracterização química por meio de DRX é mostrada na Figura 2. O gráfico da polpa nanocelulose fibrilada é característico de celulose tipo I, onde o pico cristalino fica situado entre os ângulos 25º ≤2θ≤27º.

Figura 2 – Resultado do ensaio de DRX da Polpa de NFC.



Fonte: Os autores (2025).

MISTURA

Com o intuito de investigar experimentalmente os impactos das nanoceluloses fibriladas (NFC) nas propriedades das pastas cimentícias no estado fresco, foram testadas quatro formulações de polpa de NFC em relação à massa do cimento. A relação água/cimento foi mantida constante em 0,45 em relação à massa do cimento. Os teores escolhidos foram baseados em trabalhos anteriores de Larcerda et al. [13] e Czovny et al. [14]. Para cada formulação, foram realizadas quatro amostras por ensaio, com o objetivo de determinar os valores médios de cada teste realizado. Considerando que a polpa utilizada apresenta uma concentração de 1% de NFC, com os 99% restantes sendo água, foram feitos ajustes na quantidade de água para cada amostra. A Tabela 2 apresenta os ajustes realizados, juntamente com os teores de NFC estudados.

Tabela 2 – Proporções dos constituintes das pastas cimentícias avaliadas.

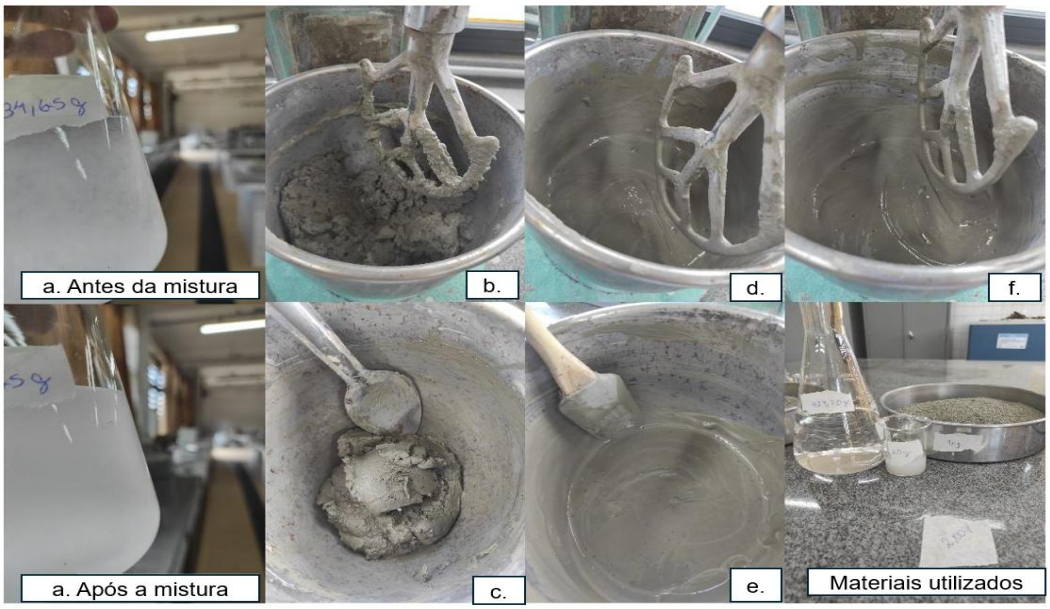
Amostra	Polpa (%)	Cimento (V-ARI) (g)	Polpa (g)	NFC (g)	Água da polpa (g)	Água (g)
REF	0,0	1000,00	0,00	0,00	0,00	449,50
Polpa NFC_1,0	1,0	1000,00	10,00	0,10	09,90	439,60
Polpa NFC_1,5	1,5	1000,00	15,00	0,15	14,85	434,65
Polpa NFC_2,0	2,0	1000,00	20,00	0,20	19,80	429,70
Polpa NFC_2,5	2,5	1000,00	25,00	0,25	24,75	424,75

Fonte: Os autores (2025).

O procedimento de mistura das pastas cimentícias teve como base a NBR 16541 [15]. Inicialmente, as polpas de NFC foram misturadas manualmente com a água por 2 minutos (Figura 3a). Em seguida, 75% dos componentes líquidos e o cimento foram adicionados à argamassadeira de eixo vertical, com capacidade para 5 litros, sendo misturados em velocidade lenta por 1 minuto (Figura 3b). Após esse passo, a cuba foi raspada com uma espátula (Figura 3c), e os 15% restantes dos líquidos foram incorporados, seguidos de uma homogeneização adicional de 30 segundos (Figura 3d). Outra raspagem da cuba foi realizada

(Figura 3e), finalizando-se o processo com mais 30 segundos de mistura na argamassadeira em velocidade lenta (Figura 3f).

Figura 3 – Procedimento de mistura das pastas cimentícias: (a) polpa de nanocelulose fibrilada antes e após a mistura; (b) produção de pastas cimentícias com 75% dos líquidos e cimento incorporados; (c) raspagem da cuba; (d) adição dos 15% restantes dos líquidos e homogeneização por mais 30 segundos; (e) nova raspagem da cuba; (f) etapa finalizada com 30 segundos adicionais de mistura.

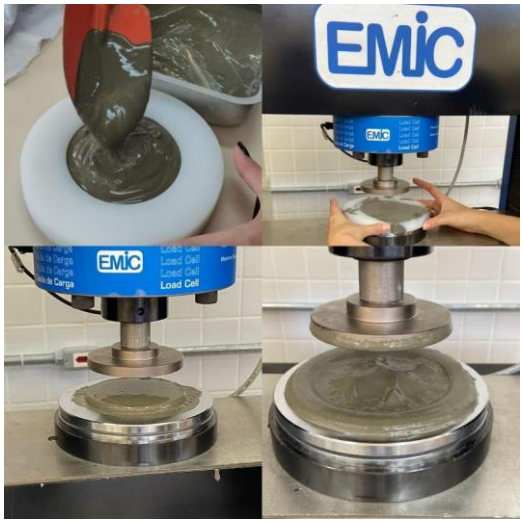


Fonte: Os autores (2025).

As pastas cimentícias desenvolvidas na pesquisa foram analisadas em seu estado fresco, inicialmente quanto ao índice de consistência (IC) por meio do ensaio de *Flow Table*, com 30 quedas, conforme estabelecido pela NBR 13276 [16]. Adicionalmente, procedeu-se à análise das pastas cimentícias para determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado, conforme estabelecido pela norma NBR 13278 [17]. Para complementar a análise, foi utilizado a análise de variância (ANOVA), com intervalo de confiança de 95%, e o teste de *Tukey* de comparação múltipla entre grupos para verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos e mensurar quais tratamentos diferiram significativamente entre si.

O comportamento reológico foi examinado por meio do ensaio de *squeeze-flow*. Os testes de fluxo de compressão foram conduzidos utilizando a máquina de teste universal Emic (Figura 4), com célula de carga de 1 KN. A configuração utilizada foi punção de 50,8 mm, molde de 101,6 mm, de altura inicial 10 mm, aplicando - se uma taxa de deslocamento de 3 mm/s, com aperto até máximo de 9 mm, que permitiu taxa de deslocamento controlado, o ensaio teve como base a metodologia a norma NBR 15839 [18]. O ensaio de *squeeze-flow* foi realizado após 15 minutos do início da mistura.

Figura 4 – Ensaio de squeeze-flow das pastas cimentícias.



Fonte: Os autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FLOW TABLE

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do índice de consistência (IC) através do diâmetro médio de cada amostra, juntamente com o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 3 – Resultados do índice de consistência das pastas cimentícias.

Amostra	IC Médio (mm)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
REF	379,9	1,23	3,24
Polpa NFC_1,0	381,3	0,93	2,44
Polpa NFC_1,5	379,6	0,71	1,87
Polpa NFC_2,0	388,6	1,36	3,49
Polpa NFC_2,5	388,2	0,64	1,66

Fonte: Os autores (2025).

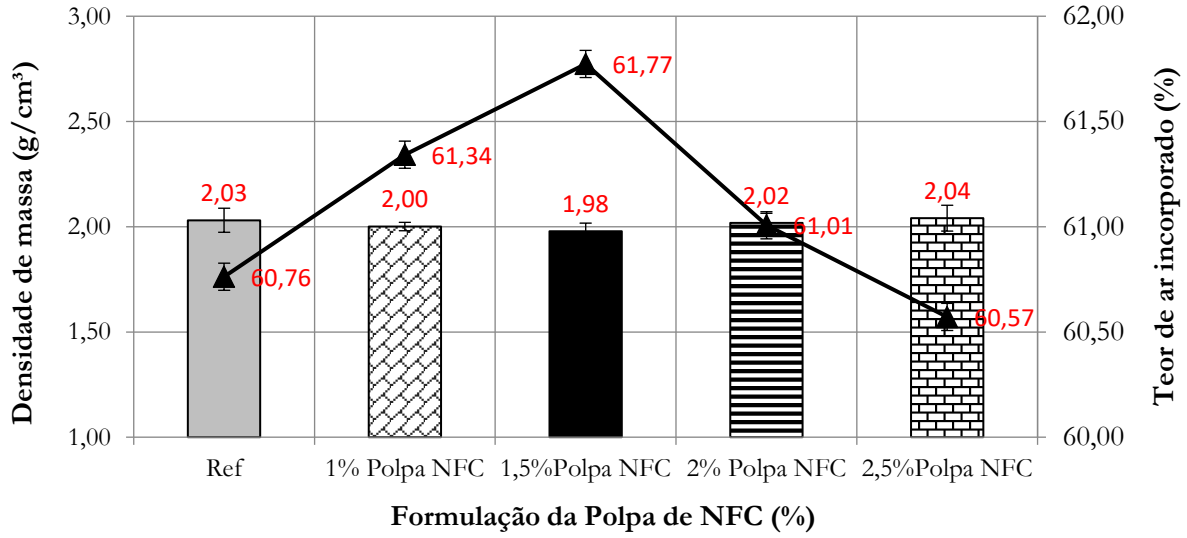
As pastas cimentícias contendo polpa de NFC apresentaram variações distintas em relação à pasta de referência (REF). A amostra com 1,0% de polpa de NFC apresentou um aumento de aproximadamente 0,37% em relação à referência. Já a amostra com 1,5% de polpa de NFC, mantendo-se praticamente inalterada (-0,08%). Em contrapartida, as amostras com 2,0% e 2,5% de polpa de NFC exibiram maiores valores de IC médio, correspondendo a aumentos de 2,29% e 2,18% em relação à referência. Dessa forma, os resultados demonstram que a adição de polpa de NFC influenciou a fluidez das pastas cimentícias, promovendo maior espalhamento, especialmente nas concentrações mais elevadas. Estudos realizados por Lacerda et al. [13] corroboraram com os resultados obtidos nesse trabalho, ao identificarem o maior índice de consistência em argamassas com 3,5% de NFC, destacando a capacidade das nanoceluloses fibriladas de influenciar positivamente a trabalhabilidade do material. Esse

fator ocorre devido a estrutura fibrilar das NFC's, que promovem uma melhor dispersão das partículas cimentícias, reduzindo a segregação e melhorando a coesão da pasta [5].

Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

De acordo com a Figura 5 foi possível obter os resultados de densidade de massa e teor de ar incorporado das pastas cimentícias estudadas.

Figura 5 – Resultados de densidade de massa (coluna) e teor de ar incorporado (linha) das pastas cimentícias.



Fonte: Os autores (2025).

É possível observar que ocorreu uma redução de 1,48% e 2,46% da densidade de massa com a adição de 1,0% e 1,5% da polpa de nanocelulose fibrilada (NFC), respectivamente, em comparação com a referência. Entretanto, conforme a proporção de polpa de NFC aumenta, há uma tendência de aumentar a densidade em massa das pastas cimentícias. O teor de 2,5% de polpa de NFC proporcionou um aumento de 0,49% em relação à referência, resultado também encontrado por Lacerda et al. [14] e Barnat-Hunek et al. [19].

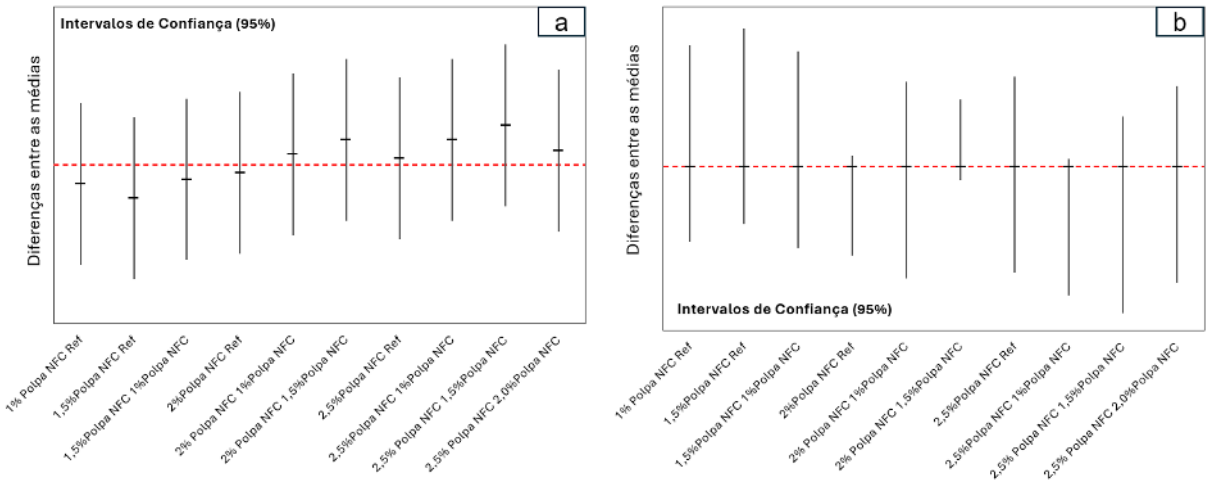
Em relação aos resultados do teor de ar incorporado, foi possível verificar um aumento de 0,95% e 1,66% com os teores de 1,0% e 1,5% de polpa de nanocelulose fibrilada (NFC), respectivamente, quando comparados a pasta cimentícia sem adição. Esse fato sugere que as nanoceluloses fibriladas têm o potencial de promover a incorporação de ar nas pastas cimentícias, resultando em um aumento de sua fluidez. Já as adições de 2,0% e 2,5% tiveram resultados similares à referência.

Fato observado por Farias [20], no qual justifica que o teor de nanocelulose fibrilada pode levar a uma consequente diminuição da densidade das pastas, estando diretamente relacionada com a porosidade e a interconexão de poros do material, pois uma menor densidade indica uma maior porosidade. Em seu estudo, o autor identificou que a diferença estatística mais pronunciada foi observada para a pasta 0,15% de NFC, a qual teve uma redução de 2,4% em sua densidade, com alto teor de NFC utilizado.

A maior diferença observada para o estudo em questão foi de 1,5% de polpa de NFC, a qual obteve 2,46% de redução em sua densidade e 1,66% de aumento em seu teor de ar incorporado.

Nas Figuras 6 a e b é possível concluir que as formulações produzidas com polpa de nanocelulose fibrilada (1,0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%) não apresentaram diferenças significativas em relação à referência nos ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado.

Figura 6 – Análise de variância (ANOVA) e teste Tukey: (a) densidade de massa; (b) teor de ar incorporado.

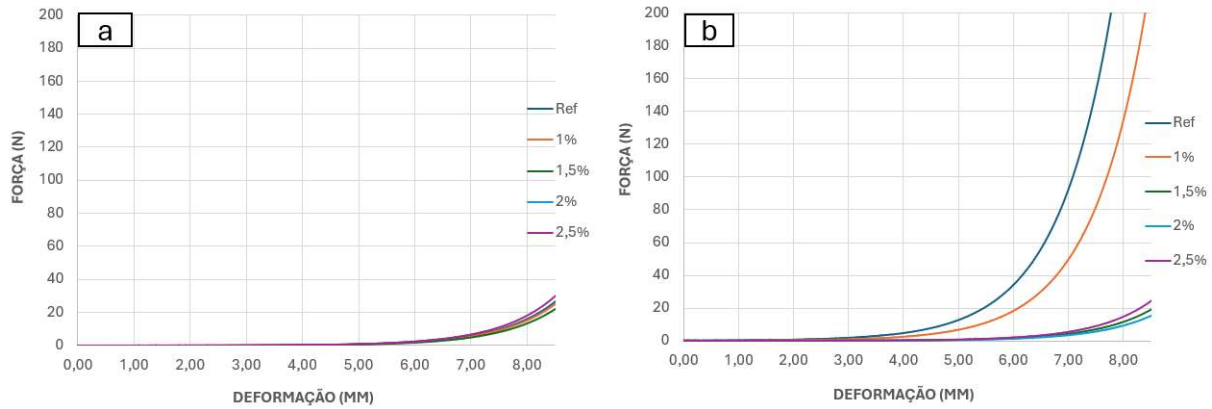


Fonte: Os autores (2025).

SQUEEZE-FLOW

Os resultados do ensaio de *squeeze-flow* das pastas cimentícias com adição de nanocelulose fibrilada em diferentes teores (1%, 1,5%, 2% e 2,5%) podem ser observados na Figura 7.

Figura 7 – Resultados dos valores médios do ensaio de Squeeze-flow para diferentes formulações de polpa de nanocelulose fibrilada nas pastas cimentícias com velocidade de deslocamento: (a) 1 mm/s; (b) 3 mm/s.



Fonte: Os autores (2025).

As curvas de deslocamento de carga no ensaio de fluxo de compressão, representadas na Figura 7, evidenciam dois estágios distintos de comportamento, com base em Cardoso *et al.* [21]: (II) nessa fase intermediária, o sistema flui por meio de deformação plástica, marcada por deformações significativas sem um aumento proporcional na força necessária para o deslocamento e, (III) reconhecido como enrijecimento devido à deformação do material.

Com base nos resultados na Figura 7 foi possível observar que as pastas cimentícias com polpa de nanocelulose fibrilada em 1,5%, 2,0% e 2,5% permaneceram no estágio II até o final do ensaio em todas as velocidades estudadas. Isso se deve ao fato da polpa de nanocelulose fibrilada interagir com as partículas de cimento, no qual resulta em uma melhoria na dispersão das pastas, aumentando a fluidez da mistura. Corroborando com trabalhos anteriores [4, 22] no qual é possível afirmar que as polpas de nanocelulose fibrilada agem como lubrificante em materiais cimentícios, reduzindo o atrito entre as partículas e consequentemente retardando a fase de transição para o enrijecimento [23].

Os resultados de *squeeze-flow* demonstram um comportamento reológico, indicando assim que as pastas se enquadram no estágio plástico. É possível observar também uma grande deformação com pequenas cargas (N), o que mostra que as pastas apresentam maior facilidade de espalhamento.

Desse modo, por meio do ensaio *squeeze-flow* foi possível concluir que o aumento do teor da polpa de nanocelulose fibrilada influenciou a capacidade de espalhamento das pastas. O aumento de polpa nanocelulose fibrilada as amostras permaneceram no estágio II, melhorando a dispersão das partículas de cimento [23]. Em seu estudo, Martins et al. [7] classificou os materiais que permaneceram em comportamento plástico, com aqueles que oferecem uma trabalhabilidade adequada para a aplicação do material, fazendo com que o material possa se espalhar mais facilmente, implicando em menor esforço do operário da obra para a execução do serviço.

CONCLUSÕES

Este trabalho buscou analisar o efeito da adição de diferentes teores de polpa de nanocelulose fibrilada nas propriedades do estado fresco de pastas cimentícias. Com base nos resultados experimentais apresentados, é possível concluir que:

- As pastas cimentícias exibiram um aumento no índice de consistência. Portanto é possível afirmar que a adição de polpa de nanocelulose fibrilada impactou positivamente o espalhamento das pastas cimentícias, com exceção da formulação de 1,5% de polpa de NFC que teve resultado similar à referência
- No que diz respeito aos resultados de densidade de massa e o teor de ar incorporado, as formulações 1,0% e 1,5% promoveram uma redução dos valores médios obtidos de densidade de massa e um aumento dos valores médios do teor de ar incorporado. Apesar das variações nos valores médios, os resultados obtidos não foram estatisticamente significativos ao nível de confiança de 95%.
- Através do ensaio *squeeze-flow* foi possível concluir que o aumento do teor da polpa de nanocelulose fibrilada influenciou na plasticidade das pastas cimentícias, mesmo

com o aumento de polpa nanocelulose fibrilada as amostras permaneceram no estágio II, melhorando a dispersão das partículas de cimento.

REFERÊNCIAS

[1] ZHANG, Y.; JIAO, Z.; DENG, L.; XIE, L.; HE, B.; LIANG, Q.; WU, H.; L, Z. Comparison of the tensile behaviour enhancement of cement paste incorporated with μm and mm-scale 148 cellulose fibres at the early curing age. **Construction and Building Materials**, [s.l.], v. 322, 2022.

[2] FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: Aspectos gerais e potencial de aplicação em Catálise. **Química Nova**, v. 32, n. 7, 2009.

[3] SAIN, S.; SENGUPTA, S.; KAR, A.; MUKHOPADHYAY, A.; SENGUPTA, S.; KAR, T.; RAY, D. Effect of modified cellulose fibres on the biodegradation behaviour of in-situ formed PMMA/cellulose composites in soil environment: Isolation and identification of the composite degrading fungus. **Polymer Degradation and Stability**, [s.l.], v. 99, p. 156-165, 2014.

[4] SANTOS,R. F.; RIBEIRO, J. C. L.; CARVALHO, J. M. F.; MAGALHÃES, W. L. E.; PEDROTI, L. G.; NALON, G. H.; LIMA, G. E. S. Nanofibrillated cellulose and its applications in cement-based composites: A review. **Construction and Building Materials**, v. 288, 2021.

[5] MENDES, A. R.; VANDERELI, R. D.; BASSO, M. A. Análise do processo de dispersão da nanocelulose cristalina para a produção de compósitos cimentícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 183-196, jan./mar. 2023.

[6] SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in concrete: a review. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 11, p. 2060-2071, 2010.

[7] MARTINS, S. K.; MARTINI, S.; BUENO, R. M.; SALVADOR, R. P. Influência da celulose nanofibrilada sobre as propriedades mecânicas de matrizes cimentícias. **In: Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos**, 2019.

[8] SAVASTANO JUNIOR, H. **Materiais à base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

[9] GARCIA, H. B. **Influência da adição de celulose nanofibrilada sobre as propriedades físicas e mecânicas de um concreto permeável**. Dissertação (mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2021.

[10] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de *Squeeze-Flow*. **VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**. I International Symposium on mortars Technology, Florianópolis, 2005. Anais. Florianópolis: ANTAC, 2005. p.121-143.

[11] ARARUNA, J. C. M.; COSTA, M. R.; BATISTA, M. P.; LAVOR, F. L. Reaproveitamento de fibra de coco como alternativa de adição ecológica para o melhoramento de propriedades mecânicas em argamassas**. XVII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções**. 2021.

[12] LENGOWSKI, E. C. **Formação e Caracterização de filmes produzidos com nanocelulose.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, 2016.

[13] LACERDA, M. P.; BILCATI, G. K.; PAULINO, R. S.; COSTA, M. R. M. M.; HOLZMANN, H. A. Efeito da adição de polpa de celulose nanofibrilada nas propriedades de argamassas de revestimento**. Revista Matéria** (Rio de Janeiro), v. 28, p. e20230063, 2023.

[14] CZOVNY, C. K.; GIDRÃO, G. M. S.; BILCATI, G. K.; LENGOWSKI, E. C.; BOSSE, R. M.; SILVESTRO, L. Fresh and hardened properties of cementitious composites with the addition of nanofibrillated cellulose. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 17, n. 2, 2024.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos–Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15839**: Argamassa de Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos: Caracterização Reológica Pelo Método *Squeeze-Flow*. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

[19] BARNAT-HUNEK, Danuta et al. Effect of eco-friendly cellulose nanocrystals on physical properties of cement mortars. **Polymers**, v. 11, n. 12, p. 2088, 2019.

[20] FARIAS, M. M. **Celulose nanofibrilada em compósito de cimento Portland: transformações físico-químicas, microestruturais e análise do potencial de mitigação de reação álcali-agregado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

[21] CARDOSO, F. A.; JOHN, V. M.; PILLEGI, R. G. Rheological behaviour of mortars under diferente squeezing rates. **Cement and Concrete Research**, v. 39, p. 748-753, 2009.

[22] CAO, Y.; ZAVATERRI, P.; YOUNGBLOOD, J.; MOON, R.; WEISS, J. The influence of cellulose nancrystal additions on the performance od cement paste. **Cement and Concrete Composites**, [s.l.], v. 56, p. 73-83, 2015.

[23] PESCAROLO, A.; SILVA, S.H.L.; PINTO, M.C.C.; COSTA, M.R.M.M. A influência de microfibras de celulose no estado fresco de argamassas. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 2, p. 179-190, 2022.