AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE PASTAS CIMENTÍCIAS COM NANOCELULOSE BACTERIANA (BNC) E CRISTALINA (CNC)

Lais Mattei, Thalian Valente Soares, Adilson Schackow, Carmeane Effting

INTRODUÇÃO

A construção civil possui papel estratégico no desenvolvimento econômico e social, porém enfrenta desafios relacionados à eficiência dos materiais, à sustentabilidade e à necessidade de novas soluções tecnológicas (Scrivener; John; Gartner, 2018). Nesse contexto, diferentes materiais têm sido estudados como alternativas para modificar e aprimorar o desempenho de materiais cimentícios

A nanocelulose destaca-se como um material de origem renovável, biodegradável e de baixa densidade, apresentando propriedades que favorecem sua aplicação em materiais cimentícios. Entre suas diferentes formas, destacam-se a nanocelulose bacteriana (BNC) e a nanocelulose cristalina (CNC) que apresentam características estruturais distintas e podem modificar o comportamento das pastas cimentícias (Safanelli et al., 2025; Soares et al., 2024).

A incorporação de nanocelulose em materiais à base de cimento pode influenciar propriedades reológicas, como tensão de escoamento e viscosidade, dependendo do teor incorporado e das condições de dispersão. Em baixas concentrações, a CNC pode apresentar boa dispersão, enquanto maiores teores podem favorecer a aglomeração e a retenção de água, modificando a fluidez das pastas (Safanelli et al., 2025). De forma semelhante, a incorporação de BNC pode modificar a estruturação e o comportamento reológico das pastas cimentícias, em função de suas características e de sua interação com as partículas da matriz (Soares et al., 2024).

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, realizou-se a caracterização dos materiais constituintes para a preparação das misturas cimentícias, seguida da definição do traço de referência com base na literatura. Para a incorporação das nanoceluloses, foram preparadas dispersões de BNC e CNC nos teores de 0,1%, 0,2% e 0,3% em relação à massa de cimento, juntamente com 0,1% de aditivo dispersante (em relação à massa das nanoceluloses), empregando-se processos de agitação e ultrasonicação para favorecer a homogeneização dos nanomateriais na matriz.

Posteriormente, as dispersões foram incorporadas às misturas mantendo-se uma sequência de dosagem controlada para garantir a uniformidade do material. As propriedades reológicas foram submetidas à análise em um reômetro rotativo Haake Viscotester IQ Air 3, permitindo determinar parâmetros como a viscosidade aparente, a tensão de escoamento e a evolução da tensão de escoamento estática após diferentes períodos de repouso, analisando-se a estruturação do material ao longo do tempo. Por fim, os resultados obtidos foram comparados entre a formulação de referência e as misturas contendo os diferentes teores de BNC e CNC.

RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 apresentam a evolução da tensão de escoamento estática das matrizes contendo BNC e CNC, respectivamente. Observa-se que todas as misturas apresentaram um aumento contínuo da tensão de escoamento estática durante o intervalo de tempo avaliado. Esse comportamento está associado à gradual reestruturação da rede interna do material enquanto permanece em repouso, promovida pela floculação das partículas de cimento e pelo início das reações de hidratação. Dessa forma, com o passar do tempo, é necessária uma tensão progressivamente maior para desestruturar essa rede e dar início ao escoamento.

Analisando o comportamento específico dos nanomateriais, as formulações contendo CNC apresentaram taxas médias de crescimento entre 3,37 e 3,63, valores inferiores ao da mistura de referência (7,61). Em contrapartida, para as matrizes com BNC, as taxas médias foram de 7,76, 12,89 e 17,41 para BNC01, BNC02 e BNC03, respectivamente, indicando uma evolução significativamente maior da tensão de escoamento, em especial para os maiores teores de nanocelulose.
Apesar de esse fenômeno de estruturação em repouso ser tradicionalmente associado ao comportamento tixotrópico, pesquisas recentes ressaltam que, em materiais cimentícios, o processo de hidratação contribui para uma parcela irreversível dessa estruturação. Nesse contexto, o conceito de *structural build-up* mostra-se mais apropriado para descrever a evolução da estrutura do material ao longo do tempo (El Bitouri; Azéma, 2022; El Bitouri, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicaram que a incorporação de BNC e CNC influenciou a evolução da tensão de escoamento estática das pastas cimentícias durante o período de repouso. As formulações contendo BNC apresentaram maiores taxas médias de crescimento em comparação à referência e às formulações contendo CNC, com aumento da taxa de crescimento associado ao maior teor de BNC. Esses resultados evidenciam a influência do tipo e do teor de nanocelulose na evolução estrutural das pastas cimentícias, contribuindo para a compreensão do comportamento reológico desses materiais.

Palavras-chave: nanocelulose bacteriana; nanocelulose cristalina; matrizes cimentícias leves; reologia; *structural build-up*.

ANEXOS

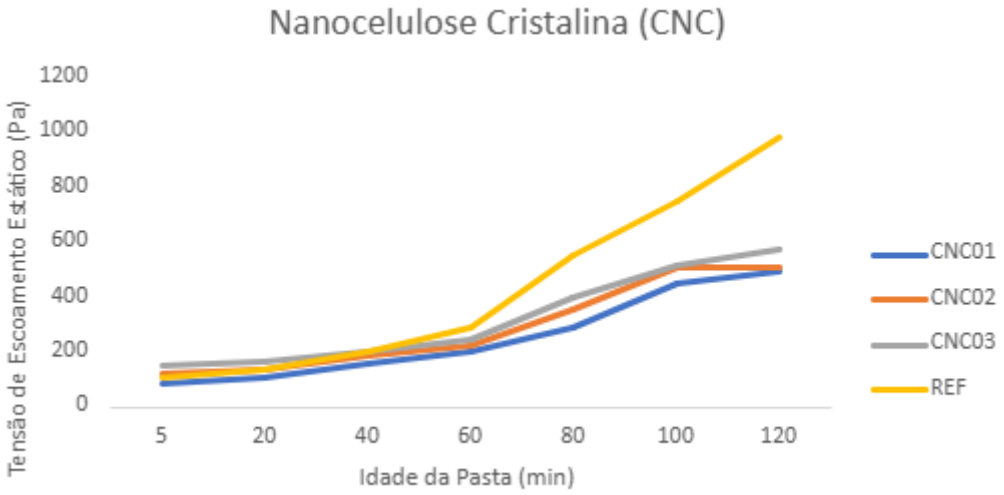


Figura 1. *Tensão de Escoamento Estático da Nanocelulose Cristalina.*

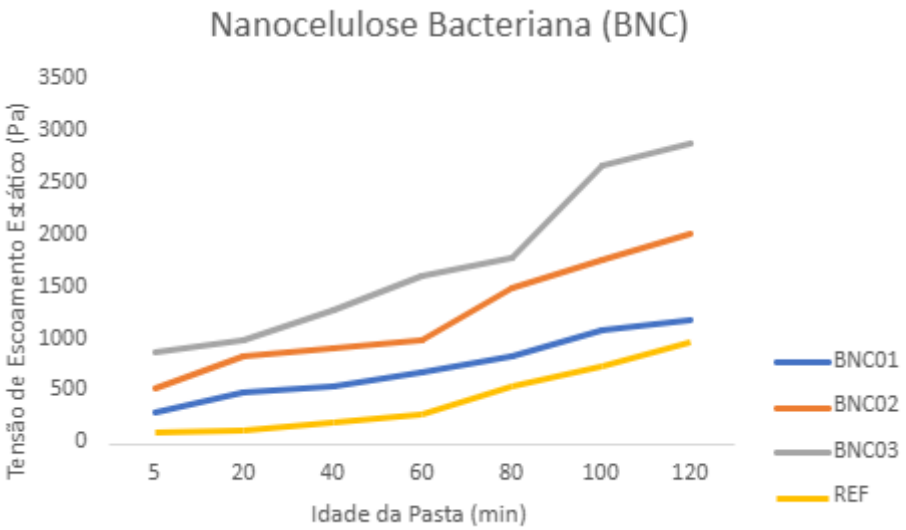


Figura 2. *Tensão de Escoamento Estático da Nanocelulose Bacteriana.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. M. Eco-efficient cements: potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 2-26, 2018.

SAFANELLI, N. et al. The effect of crystalline nanocellulose on the rheology, hydration of cement pastes, and buildability of 3D-printed concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 113, p. 114000, 2025.

SOARES, T. V. et al. Application of bacterial nanofibrillated cellulose for performance improvement in vermiculite lightweight mortar. **Construction and Building Materials**, v. 449, p. 138474, 2024.

EL BITOURI, Y.; AZÉMA, N. On the “Thixotropic” behavior of fresh cement pastes. **Eng 3** (2022) https://doi.org/10.3390/eng3040046.

EL BITOURI, Y. Rheological behavior of cement paste: a phenomenological state of the art**. Eng 4** (2023). https://doi.org/10.3390/eng4030107.