



## TESTES PRELIMINARES EM IMPRESSÃO 3D PARA MATERIAIS CIMENTÍCIOS

### AUTORES

Andrea Murillo Betioli, Caroline Fiordalisi Zuchi, Karina Simas da Rosa Carvalho, Alexandre Lima de Oliveira, Juliana Machado Casali, Rafael Andrade de Sousa

### RESUMO

A impressão 3D é uma inovação promissora na construção civil, permitindo maior eficiência, sustentabilidade e liberdade arquitetônica. Este artigo tem como objetivo relatar o processo de implantação de uma linha de pesquisa dedicada à essa tecnologia. A impressora foi montada, permitindo o desenvolvimento e a adaptação às necessidades dos ensaios. São apresentados resultados preliminares de testes de fluidez, extrusão e impressão, realizados com diferentes traços e ajustes nos parâmetros.

### PALAVRAS-CHAVE

Impressão 3D, Argamassa, Construção civil, Extrusão, Materiais cimentícios

### GRANDE ÁREA

ENGENHARIAS (30000009)

### ÁREA

ENGENHARIA CIVIL (30100003)

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A impressão 3D tem se consolidado como uma das tecnologias mais promissoras para a construção civil, destacando-se pela capacidade de aumentar a eficiência, reduzir custos e ampliar a liberdade de design. Nas últimas décadas, o setor tem passado por transformações significativas, impulsionadas pela digitalização e pela busca por processos mais sustentáveis e automatizados. Segundo Ruiz (2022), a ampla variedade de materiais disponíveis e a possibilidade de produzir geometrias complexas tornam essa tecnologia altamente versátil. Apesar de certa resistência inicial do setor em adotar novas tecnologias, Celere (2018) aponta que a impressão 3D é compatível com as demandas da construção, podendo revolucionar a forma de projetar e executar edificações. O presente estudo tem como objetivo apresentar o processo de implantação de uma linha

de pesquisa sobre impressão 3D, incluindo o desenvolvimento e a montagem da impressora, bem como os resultados preliminares de ensaios de fluidez, extrusão e impressão. Essa abordagem contribuirá não apenas para o avanço tecnológico do setor da construção civil, mas também para a formação de profissionais mais preparados, capazes de compreender, desenvolver e aplicar soluções inovadoras. Além disso, a pesquisa busca aprofundar o entendimento dos fenômenos de bombeamento, extrusão e construtibilidade, fundamentais para a eficiência e a qualidade do processo de impressão.

## **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento das argamassas, empregou-se cimento Portland composto com pozolana (CP II-Z), areia natural fina passante na peneira de 600 µm, fíler dolomítico, aditivos superplastificante (SP) e modificador de viscosidade (VMA). Como ponto de partida, foi adotado um traço de referência utilizado como base para os ajustes necessários ao longo do estudo: 1: 1,5 : 0,15 : 0,005 (cimento, areia, fíler dolomítico e aditivo dispersante, respectivamente, em massa), mantendo-se constante a relação água/cimento de 0,45, conforme proposto por Martins et al. (2023). O preparo da argamassa foi realizado em argamassadeira planetária. Primeiramente, os materiais secos foram misturados em baixa rotação por cerca de dois minutos. Em seguida, adicionou-se a água, mantendo-se a mesma velocidade de mistura. Após essa etapa, o equipamento foi desligado para a incorporação do SP, seguido do VMA, sendo então retomada a mistura em alta rotação por mais dois minutos, garantindo a homogeneização completa.

Para a caracterização da argamassa, foram realizados ensaios no estado fresco: índice de consistência, conforme a norma NBR 13276 (2016), ensaio de extrusão manual em aplicador de argamassa, conforme metodologia adaptada de Martins et al. (2023), e a extrusão da mistura por meio do equipamento de impressão 3D desenvolvido nesta pesquisa.

## **RESULTADOS**

Antes de se alcançar o resultado apresentado, foram realizados diversos ensaios preliminares com diferentes combinações de materiais e proporções de componentes finos, incluindo cal hidratada, fíler dolomítico, cinza volante e sílica ativa, resultados já publicados em outros eventos. Também foram testados distintos tipos e dosagens de aditivos, como o modificador de viscosidade (VMA) e o superplastificante (SP), a fim de avaliar o comportamento reológico e a estabilidade das misturas. No estágio atual, a pesquisa concentra-se na execução de ensaios e ajustes nos traços de argamassa, com o objetivo de adequar o material às exigências do processo de extrusão em impressão 3D. A partir das variações realizadas, obteve-se o traço 1 : 1,15 : 0,15 : 0,001 : 0,001 : 0,45 (cimento, areia, fíler dolomítico, superplastificante, modificador de viscosidade e água/cimento, em massa). Durante o ensaio de espalhamento, a argamassa manteve sua forma após a retirada do cone e apresentou espalhamento uniforme sem exsudação. A amostra apresentou altura inicial de 5 cm e diâmetro de 14 cm, atingindo espalhamento de 21 cm após aplicação dos golpes.

No ensaio de extrusão manual, observou-se facilidade na formação dos cordões e boa adesão entre as camadas, sem ocorrência de deformações. Já na aplicação com a impressora 3D, a argamassa apresentou fluxo contínuo e estável pelo bico da extrusora, porém um pouco fluida demais, de acordo com Martins et al. (2023), misturas muito

fluídas não possuem resistência suficiente para sustentar o peso das camadas subsequentes, sendo necessária a correção com aumento no teor de VMA. Além disso, identificou-se a necessidade de ajustes na velocidade de extrusão e na altura do bico, uma vez que ocorreu leve esmagamento dos cordões durante a deposição, indicando a importância da calibração para garantir maior uniformidade e qualidade das camadas impressas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho marca o início de uma linha de pesquisa em impressão 3D de materiais cimentícios, destacando-se pela realização de testes preliminares e pela montagem da impressora 3D.

Os resultados demonstraram que o ajuste adequado dos traços e aditivos é essencial para garantir boa fluidez, coesão e estabilidade durante a extrusão. O traço otimizado apresentou desempenho satisfatório, permitindo a formação de cordões contínuos e boa adesão entre camadas. Também se verificou a importância da calibração dos parâmetros da impressora, como velocidade e altura do bico, para evitar deformações. Essas etapas iniciais foram fundamentais para avaliar a viabilidade técnica da tecnologia e fornecer subsídios para o aprimoramento tanto da argamassa quanto da impressora 3D.

## LINK DO VÍDEO

[https://drive.google.com/drive/folders/1anuGyEgMwSLvcCJ3\\_9sQDbIu5JL1FIDq?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1anuGyEgMwSLvcCJ3_9sQDbIu5JL1FIDq?usp=sharing)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CELERE. Impressão 3D na construção civil: cenário atual e perspectivas de futuro. 2018. Disponível em:

<<https://bit.ly/3MHXoC9>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RUIZ, Felipe Pessoa. Estudo de viabilidade da aplicação de impressão 3d em empreendimentos na construção civil. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) -

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, 2021.

MARTINS, K. C. M.; FERREIRA, A. C. C.; TINOCO, M. P.; REALES, O. A. M. Dosagem de concretos para impressão 3D considerando a operacionalização da impressora e o sistema de bombeamento. In: ANAIS DO 64º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2023 – 64CBC, 2023, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. São Paulo, 2016.

## AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, pelo apoio recebido, viabilizando a execução das atividades do projeto

de pesquisa.