IMPRESSÃO 3D E IOT NA GERAÇÃO DE VALOR PARA SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO BASEADOS EM DADOS

Yuri Becker; Vitor Fernandes Mello; Rodrigo Antonio dal Mago e Vanessa Nappi

INTRODUÇÃO

Na Indústria 4.0, a integração entre tecnologias digitais e processos produtivos tem ampliado o uso de Sistemas Produto-Serviço (PSS), nos quais os dados assumem papel central na geração de valor (Zambetti et al., 2023). Nesse cenário, a manufatura aditiva permite a fabricação de peças, a partir de modelos CAD 3D, contribuindo para a prototipagem rápida e para o desenvolvimento de ambientes associados às *Smart Factories* (Matta et al., 2015; Mohamed et al., 2019). Em ambientes acadêmicos, a impressão 3D também possibilita a aplicação prática de conceitos relacionados à fabricação digital, desde a modelagem até a produção de protótipos (Padilha et al., 2025).

Nesse contexto, este trabalho relata a experiência de estruturação de uma oficina de impressão 3D no Laboratório de Ergonomia e Pesquisa em Inovação (LEPI) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Joinville. A iniciativa foi motivada por dificuldades de funcionamento e operação da impressora Mingda MD-400D, limitações do *software* de fatiamento utilizado e pela necessidade de estruturar a infraestrutura diante da aquisição de novos equipamentos. Assim, o trabalho buscou estudar soluções para os problemas do equipamento, selecionar um novo *software* de fatiamento, integrar as impressoras disponíveis, organizar o armazenamento dos filamentos e elaborar manuais e documentação para apoiar a utilização dos equipamentos por estudantes, pesquisadores e professores.

DESENVOLVIMENTO

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso descritivo, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, cujo objetivo é relatar a experiência de estruturação da infraestrutura de impressão 3D do LEPI da UDESC, em Joinville. A condução do estudo envolveu etapas de diagnóstico, reconfiguração tecnológica e ampliação da infraestrutura de impressão 3D.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa sobre a impressora Mingda MD-400D, considerando a documentação disponibilizada pelo fabricante e análises independentes. Foram investigados o firmware, a eletrônica e os sistemas de movimentação da máquina, além das falhas observadas durante sua utilização. A impressora foi desmontada para inspeção dos componentes, identificação dos elementos danificados e avaliação das possibilidades de reaproveitamento.

A partir do diagnóstico, foram estudadas alternativas para atualização da eletrônica e do firmware, considerando compatibilidade, capacidade de expansão e disponibilidade de documentação. Foi definida a substituição da placa principal por uma BigTreeTech Octopus V1.1 e do driver do eixo Y por um TMC5160T Pro, além da adoção do firmware Klipper. Para o controle da impressora, um computador Dell Optiplex 3050 foi configurado com Ubuntu Server 24.04 LTS e Moonraker como servidor de impressão.

Paralelamente, foram avaliadas as necessidades de expansão da infraestrutura do LEPI, considerando a aquisição das impressoras Bambu Lab A1 Combo e Bambu Lab X1C com MAS (Figura 1). Foram estudadas alternativas para integração das diferentes máquinas aos computadores e à rede local do laboratório, bem como para padronização do fluxo de preparação e envio das impressões. Nesse processo, o Orca Slicer foi selecionado como software de fatiamento, além de serem levantadas as necessidades relacionadas ao armazenamento dos filamentos, à operação e à manutenção dos equipamentos.

RESULTADOS

O diagnóstico da impressora Mingda MD-400D identificou falhas recorrentes de desalinhamento das camadas no eixo Y. A análise indicou que o problema estava relacionado ao driver TMC2208, que operava próximo ao seu limite de corrente devido à elevada carga movimentada pelo eixo, responsável pelo deslocamento do conjunto de duas extrusoras do sistema IDEX. Também foi constatado que o modelo original utilizava firmware baseado em Marlin e havia sido descontinuado pelo fabricante, limitando o suporte e a possibilidade de atualizações.

A inspeção dos componentes mostrou que o driver do eixo Y era o único componente eletrônico danificado, possibilitando o reaproveitamento dos demais elementos da máquina. Como solução, a placa principal original foi substituída por uma BigTreeTech Octopus V1.1 e o driver do eixo Y por um TMC5160T Pro. A nova placa foi instalada no interior da impressora utilizando um suporte produzido em impressão 3D, mantendo os conectores e a fiação originais. A máquina também passou a utilizar o firmware Klipper, com um computador Dell Optiplex 3050 configurado como servidor de controle e impressão.

Para a ampliação da infraestrutura, foram consideradas as impressoras Bambu Lab A1 Combo e Bambu Lab X1C com AMS, previstas para aquisição pelo laboratório. A inclusão desses equipamentos demandou o planejamento de uma estrutura capaz de atender diferentes arquiteturas de impressoras e fluxos de trabalho, mantendo o acesso aos equipamentos pela rede local e utilizando uma plataforma de fatiamento comum. Nesse contexto, o Orca Slicer foi selecionado para utilização geral, incluindo a preparação de modelos para os diferentes equipamentos.

Também foram definidos procedimentos para organização dos filamentos e documentação das etapas de operação, configuração e manutenção. Dessa forma, além da recuperação da MD-400D, o trabalho estabeleceu uma base para a ampliação e padronização da infraestrutura de impressão 3D do LEPI, considerando tanto os equipamentos existentes quanto as novas impressoras previstas.

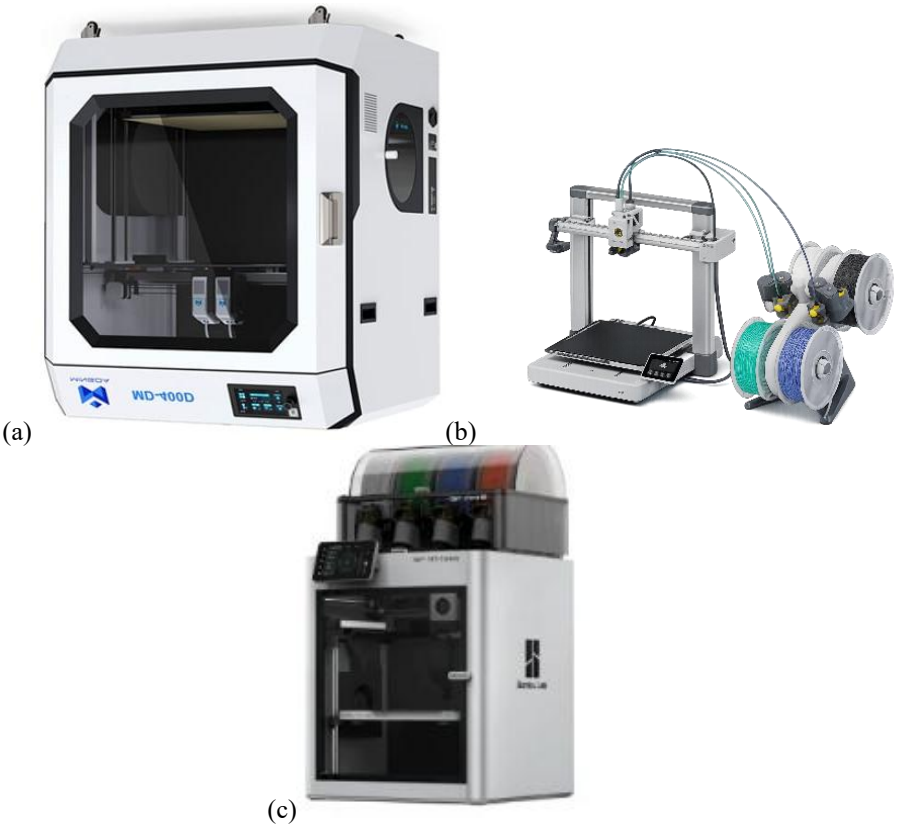
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estruturação da infraestrutura de impressão 3D do LEPI permitiu identificar e abordar limitações relacionadas ao funcionamento da impressora Mingda MD-400D, à eletrônica de controle, ao software de fatiamento e à organização dos recursos disponíveis. A substituição dos componentes eletrônicos e a adoção do firmware Klipper possibilitaram a atualização da plataforma de controle da máquina, enquanto a seleção do Orca Slicer e a implementação de um servidor de impressão contribuíram para a padronização e organização da infraestrutura.

Além da recuperação da MD-400D, as ações realizadas estabeleceram uma base para a integração dos demais equipamentos de impressão 3D do laboratório e para a futura incorporação das novas máquinas. A elaboração de manuais e documentação também contribui para facilitar a utilização e manutenção dos equipamentos por estudantes, pesquisadores e professores. Assim, o trabalho demonstra a importância da organização da infraestrutura tecnológica e da documentação dos procedimentos para ampliar o aproveitamento da impressão 3D nas atividades de ensino, pesquisa e desenvolvimento realizadas no LEPI.

Palavras-chave: impressão 3D; manufatura aditiva; Indústria 4.0; *firmware*; infraestrutura laboratorial.

ANEXOS



(a) (b)

(c)

Fontes: https://bambulab.com/pt-br e https://bambulab.com/pt-br

Figura 1. *Impressoras 3D do LEPI: (a) Mingda MD-400D, (b) Bambu Lab A1 e (c) Bambu Lab X1 Carbon Cambo.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Matta, A. K. et al. The integration of CAD/CAM and Rapid Prototyping in Product Development: A review. Materials Today: Proceedings, 2015. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.319.

Mohamed, O.A; Masood, S.H.; Bhowmik, J.L. The Potential of Additive Manufacturing in the Smart Factory Industrial 4.0: A Review. Applied Sciences, v. 9, n. 18, 2019. https://doi.org/10.3390/app9183865.

Padilha, A. C. M. et al. Oficina de impressão 3D: O uso da manufatura aditiva no design e sua aplicação em prototipagem. IFSC, 2025. Disponível em: https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/snctifsc/article/view/4428. Acesso em 17 set. 2026.

Zambetti, M. et al. From data to value: Conceptualising data-driven product service system. Production Planning and Control, 2023. https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1903113.