cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Projeto e Construção de um Protótipo de Máquina de Bobinagem Multi-filamentar para Uso Laboratorial

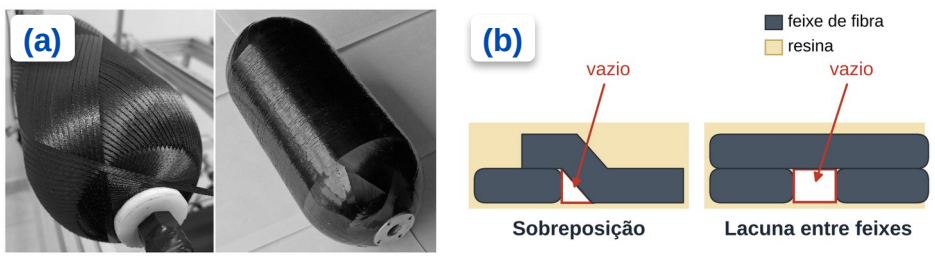
Pedro Novaes Andrade[1]; Artem Andrianov[1]; Liz Stella Cunha Bernardes Monteiro[1]

[1]Universidade de Brasília (UnB), Faculdade de Ciências e Tecnologia em Engenharia (FCTE), Brasília, DF, Brasil

Introdução

A qualidade de tubos compósitos obtidos por bobinagem filamentar depende da orientação e da tensão das fibras e dos vazios formados entre feixes adjacentes, que atuam como pontos de iniciação de trinca (UEDA *et al.*, 2024).

Figura 1. Peça bobinada por via úmida no LEMA (a) e vazios típicos entre feixes adjacentes (b).



Fonte: (a) LEMA (2026); (b) elaborada pelos autores com base em Ueda et al. (2024).

Objetivos

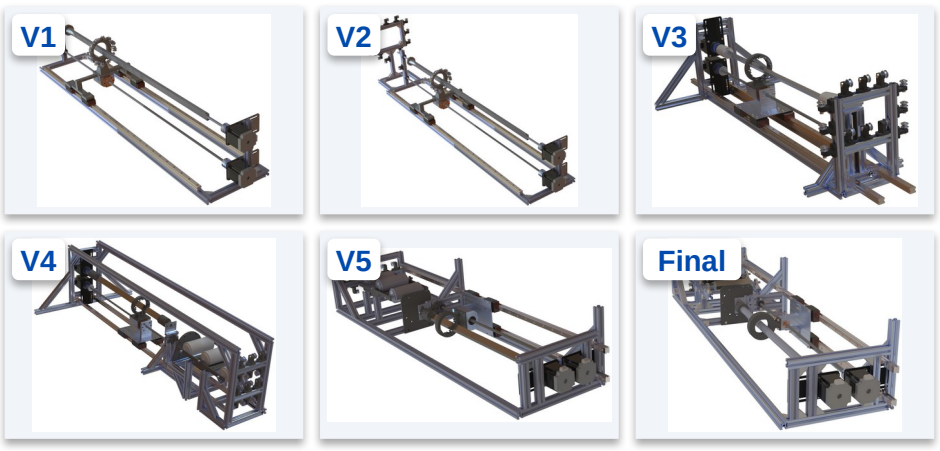
Projetar e construir uma máquina de bobinagem multi-filamentar de laboratório, que deposita vários feixes ao mesmo tempo, para tubos com ângulos de bobinagem entre **5° e 45°**.

Metodologia

O projeto seguiu a metodologia sistemática de Pahl *et al.* (2007) e passou por **cinco versões** até a configuração final (Figura 2). O ângulo de bobinagem β resulta da rotação ω e do raio *r* do mandril e da velocidade v_l do anel (Equação 1).

$$\beta = \arctan\left(\frac{\omega r}{v_l}\right) \quad (1)$$

Figura 2. Evolução da arquitetura, da primeira versão (V1) à configuração final.

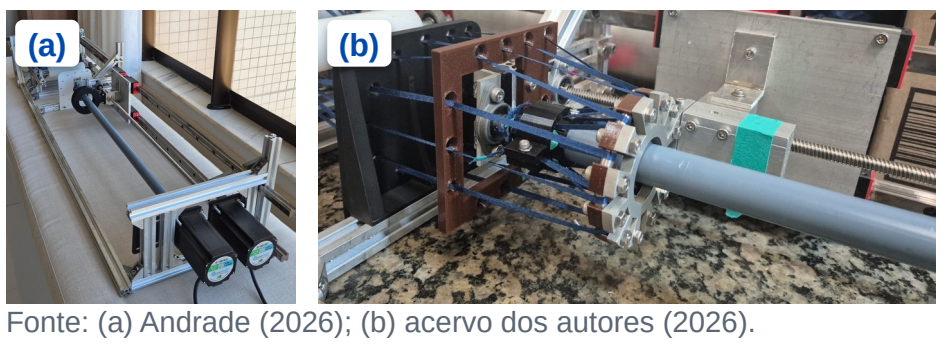


Fonte: Andrade (2026).

Resultados e Discussão

A máquina reúne perfis de alumínio V-slot, dois motores de passo e controle pelo software Mach3 (Figura 3a). Na versão atual, o anel impresso em PETG deu lugar a um **anel híbrido**, com placa de alumínio de doze abas e guias impressas fixadas por parafusos (Figura 3b).

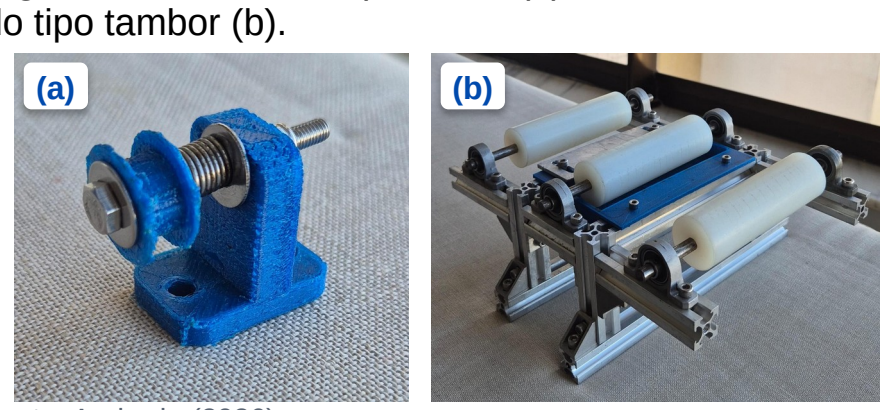
Figura 3. Protótipo montado na versão do TCC (a) e versão atual, com os feixes passando pelo anel híbrido até o mandril (b).



Fonte: (a) Andrade (2026); (b) acervo dos autores (2026).

Doze tensionadores por mola, calibrados com uma massa de 500 g (cerca de 5 N), e um banho de resina do tipo tambor com lâmina controlam a tensão das fibras e a razão entre resina e fibra (Figura 4).

Figura 4. Tensionador por mola (a) e banho de resina do tipo tambor (b).



Fonte: Andrade (2026).

Conclusões

O protótipo foi fabricado e montado conforme o projeto. Na versão do TCC, o custo de aquisição foi de **R$ 285,50** e incluiu apenas os itens comprados, pois motores, eletrônica, guias e perfis vieram do acervo do laboratório. As próximas etapas são os ensaios de bobinagem e a medição da fração volumétrica de fibra e dos vazios.

Referências e Agradecimentos

ANDRADE, P. N. **Projeto e construção de um protótipo de máquina de bobinagem multi-filamentar para uso laboratorial**. 2026. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Aeroespacial) - Faculdade de Ciências e Tecnologia em Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, 2026.

LEMA. **Bobinagem filamentar**. Brasília: UnB, 2026. Disponível em: https://lema.unb.br/bobinagem-filamentar/. Acesso em: 27 maio 2026.

PAHL, G. *et al.* **Engineering design: a systematic approach**. 3. ed. London: Springer, 2007.

UEDA, M. *et al.* Voids in type-IV composite pressure vessels manufactured by a dry filament-winding process. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**, v. 208, 105154, 2024.

Agradecimentos. Ao Laboratório de Estruturas e Materiais Aeroespaciais (LEMA) da Universidade de Brasília, pela infraestrutura e pelos componentes disponibilizados para o protótipo.