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

Panorama Geral do Emprego de Ligas Avançadas em Manufatura Aditiva: Uma Revisão Sistematizada

Estevão, H. C.[1]; Salustre, M. G. M.[2]; Martins, J. B. R.[2,3]; Carneiro, M. B.[1]; Barbosa, P. A.[1]
1. UFES; 2. ArcelorMittal Global R&D Brazil; 3. IFES

Introdução

A manufatura aditiva (MA), consolidou-se como um **pilar das tecnologias emergentes** da engenharia moderna, caracterizada pela **construção de peças camada a camada**, com geometrias **complexas e personalizadas** (Calignano *et al.*, 2017). Entre suas sete categorias, **PBF**, **DED**, **BJT** e **SHL** são as principais rotas **utilizadas para metais** (Zhang *et al.*, 2018). Entretanto, das mais de 5.500 ligas em uso, poucas são processadas de forma confiável (Martin *et al.*, 2017). Desta forma, destacam-se as **ligas avançadas**, devido ao seus processos de solidificação, evita-se o favorecimento de grãos colunares e trincas, melhorando as propriedades mecânicas finais (Ren *et al.*, 2022).

Objetivos

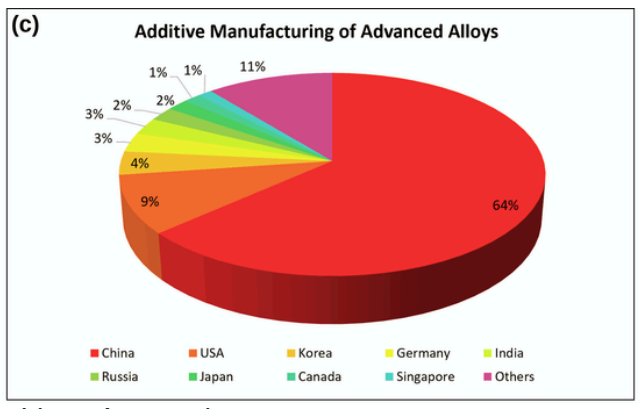
Realizar **mapeamentos quantitativo** que relacione cada categoria de MA ao uso de ligas avançadas quanto à **evolução temporal**, à **distribuição geográfica** e ao **estágio de maturidade da pesquisa** visando ampliar os aspectos empíricos/acadêmicos das pesquisas existentes na área.

Metodologia

- Revisão sistematizada nas bases *Scopus* e *Web of Science* (até julho/2026);
- 454.388 artigos analisados no RStudio (bibliometrix);
- Apenas artigos originais, filtrados por título, resumo e palavras-chave;
- Cinco nichos utilizados: MA; MA com metais, MA com ligas avançadas, tecnologias da MA e tecnologias com ligas avançadas.

Resultados e Discussão





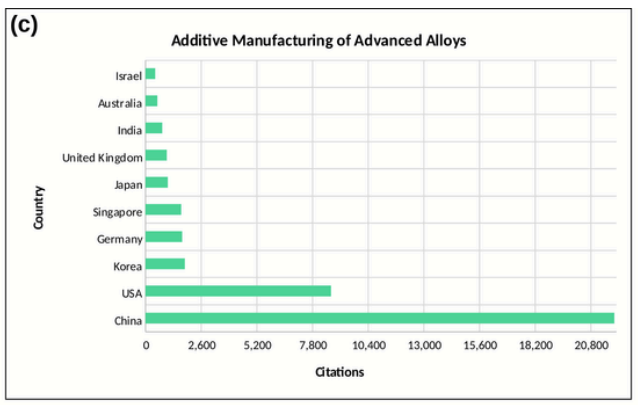


Figura 1, 2 e 3 (c): Manufatura Aditiva com uso de Ligas Avançadas

Nicho	Tecnologia	Período	Artigos	Crescimento Anual (%)	Coeficiente de Regressão (R^2)
Aspectos Gerais da Manufatura Aditiva	–	1868–2027	376.258	1,07	0,796[a]
Aspectos Gerais da Manufatura Aditiva com uso de Metais	–	1955–2027	46.185	5,61	0,886[a]
Aspectos Gerais da Manufatura Aditiva com uso de Ligas Avançadas	–	2008–2027	1.479	8,84	0,883
Aspectos Gerais das Tecnologias da Manufatura Aditiva	VPP	1990–2027	1.459	4,45	0,926
	MEX	1962–2027	12.308	2,79	0,902
	MJT	2014–2026	360	21,81	0,931
	BJT	1977–2027	996	0,81	0,854
	PBF	1999–2027	11.078	11,85	0,891
	SHL	1979–2026	71	3,48	0,794
	DED	2011–2027	3.809	11,85	0,857
Aspectos Gerais das Tecnologias da Manufatura Aditiva com uso de Ligas Avançadas	VPP	2026	1	0,00[b]	–
	MEX	2017–2026	27	8,01	0,388
	MJT	2026	1	0,00[b]	–
	BJT	2019–2026	10	21,90	0,685
	PBF	2018–2026	257	63,07	0,985
	SHL	–	0	–	–
	DED	2020–2027	89	10,41	0,810
Total	–	–	**454.388**	–	–

[a]R^2 obtido pelo ajuste das séries anuais de artigos via *RStudio*. [b]Série restrita a 2026. –: sem dados ou não aplicável.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1: Volume de artigos, taxa de crescimento anual e coeficiente de regressão por nicho.

Afunilamento: 376.258 artigos de MA → 46.185 com metais (12,3%) → 1.479 com ligas avançadas (0,39%);
Fronteira Recente: +8,84% ao ano e pico de 317 artigos em 2025;
Países: China lidera o volume (63,5%); EUA, o impacto (64,2 citações/artigo, ante 23,9 da China);
Modelos: melhor ajuste na PBF com ligas avançadas (R^2 = 0,985; RMSE = 3,00);
Tecnologias: PBF (257) e DED (89) concentram os estudos; MEX (27) e BJT (10) são emergentes.
Fases: Saturação (S), Maturidade (M) e Rápido Crescimento (RC).

Conclusões

A revisão sistemática dos **454.388 artigos** apontou a **MA com uso de ligas avançadas** como um **campo emergente** da engenharia moderna, com pespectiva de **crescimento anual de 8,84%**. **China** e **EUA** lideram em **publicações** e **relevância acadêmica**, respectivamente. Ademais, **PBF** e **DED** predominam o cenário, enquanto **MEX** e **BJT** permanecem **pouco exploradas** mas com campos viáveis ao desenvolvimento de ligas avançadas.

Referências e Agradecimentos

CALIGNANO, F. *et al*. Overview on additive manufacturing technologies. **PROCEEDINGS OF THE IEEE**, v. 105, n. 4, p. 593-612, 2017. doi.org/10.1109/JPROC.2016.2625098.
MARTIN, J. H. *et al.* 3D printing of high-strength aluminium alloys. **NATURE**, v. 549, n. 7672, p. 365-369, 2017.
REN, J. *et al.* Strong yet ductile nanolamellar high-entropy alloys by additive manufacturing. **NATURE**, v. 608, n. 7921, p. 62-68, 2022.
ZHANG, Y. et al. Additive manufacturing of metallic materials: a review. **JOURNAL OF MATERIALS ENGINEERING AND PERFORMANCE**, v. 27, n. 1, p. 1-13, 2018. doi.org/10.1007/s11665-017-2747-y.