



# Simpósio de Integração Acadêmica

## Inteligência Artificial: A Nova Fronteira da Ciência Brasileira

### SIA UFV Virtual 2020



## Efeitos de metais nobres no magnetismo de gelos de spin artificiais quadrados

Universidade Federal de Viçosa<sup>1</sup>, International Iberian Nanotechnology Laboratory<sup>2</sup>

Fernando Faria Andrade Martins<sup>1</sup>, Clodoaldo Irineu Levartoski de Araújo<sup>1</sup>, Daniel Gouveia Duarte<sup>1</sup>, Jérôme Borme<sup>2</sup>

Palavras chave: Gelos de spin, nanomagnetismo

### Introdução

Os gelos de spin artificiais (GSA) tem sido uma ferramenta eficaz para entender as interações magnéticas em um nível microscópico em sistemas frustrados, visto que eles exibem excitações magnéticas que se comportam como monopolos magnéticos, que se podendo andar livremente, geram um análogo de uma corrente magnética. Além disso, estes possuem potenciais aplicações no armazenamento de informações, transporte de sinais e em dispositivos lógicos.

### Objetivos

O objetivo desse trabalho foi o de estudar a interferência da presença do alumínio na magnetização e na formação de cargas magnéticas em GSA quadrados constituídos por nanoilhas de permalloy (liga de NiFe) por meio da comparação de dados obtidos de amostras com e sem este metal.

### Material e Métodos

Para a nanofabricação das amostras, filme fino de permalloy ferromagnético precedido por 3nm de tântalo para adesão foram crescidos por sputtering em substrato de silício. Os diferentes arranjos lineares de nanomagnetos com dimensão de  $3\mu\text{m} \times 400\text{nm}$ , grande o suficiente para ter um bom sinal magnético e o contraste da imagem sem perder a magnetização de um único domínio, foram obtidos por litografia por feixe de elétrons desenvolvida em 80nm de um resiste negativo ARN7520 (figura 1). Por fim, entre as amostras acima dessas, foi crescido 20nm de alumínio por evaporação térmica e em seguida, foram obtidas imagens de MFM (Microscopia de força magnética) destas para diferentes valores de campo magnético aplicado paralelo a ilhas em x e perpendicular a ilhas em y (figura 2 c).

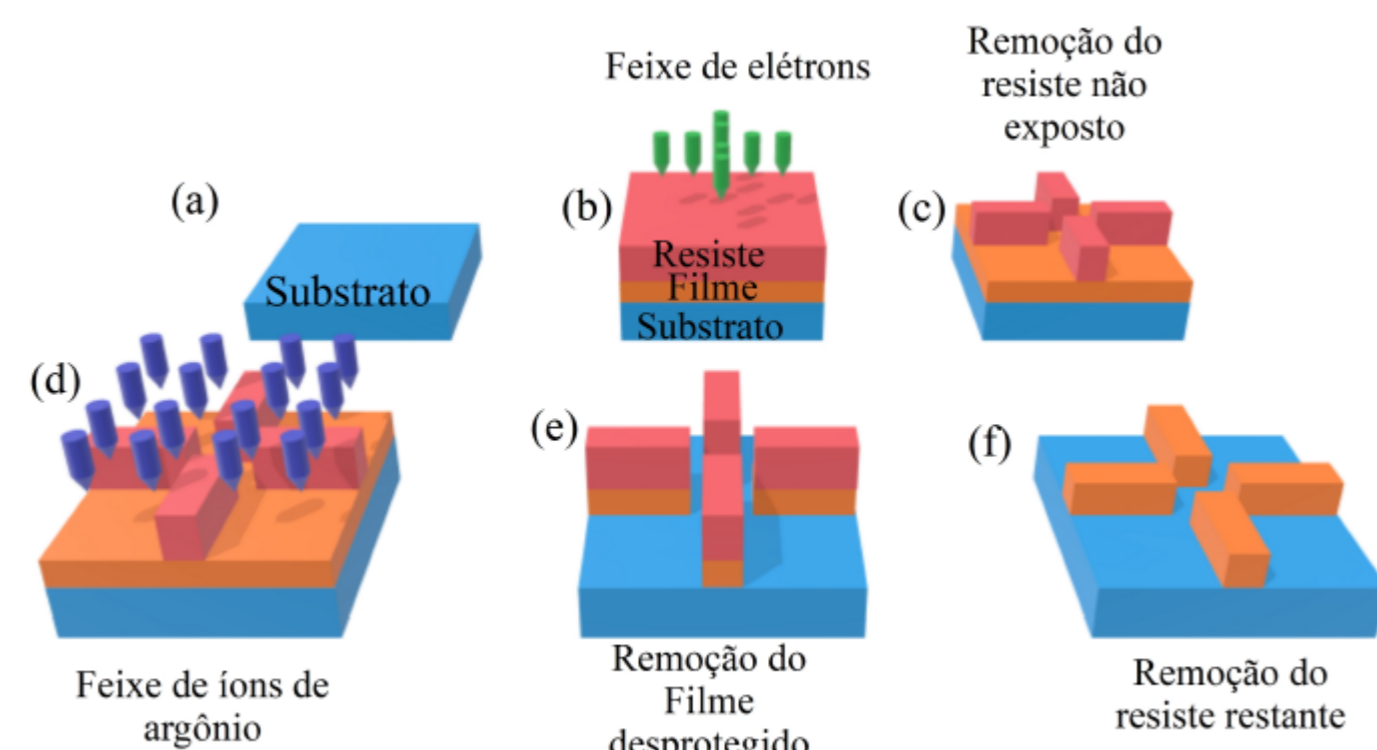


Figura 1: Processo de Litografia eletrônica. (a) Substrato sobre o qual o filme foi depositado. (b) Filme crescido sobre o substrato, submetido por resiste negativo e a exposição de parte deste. (c) Remoção do resiste não exposto ao feixe. (d) Exposição da amostra ao feixe de argônio para uma definição do contorno das ilhas. (e) Remoção da parte do filme que não está protegida pelo resiste. (f) Remoção do resiste restante. Figura retirada da referência [1].

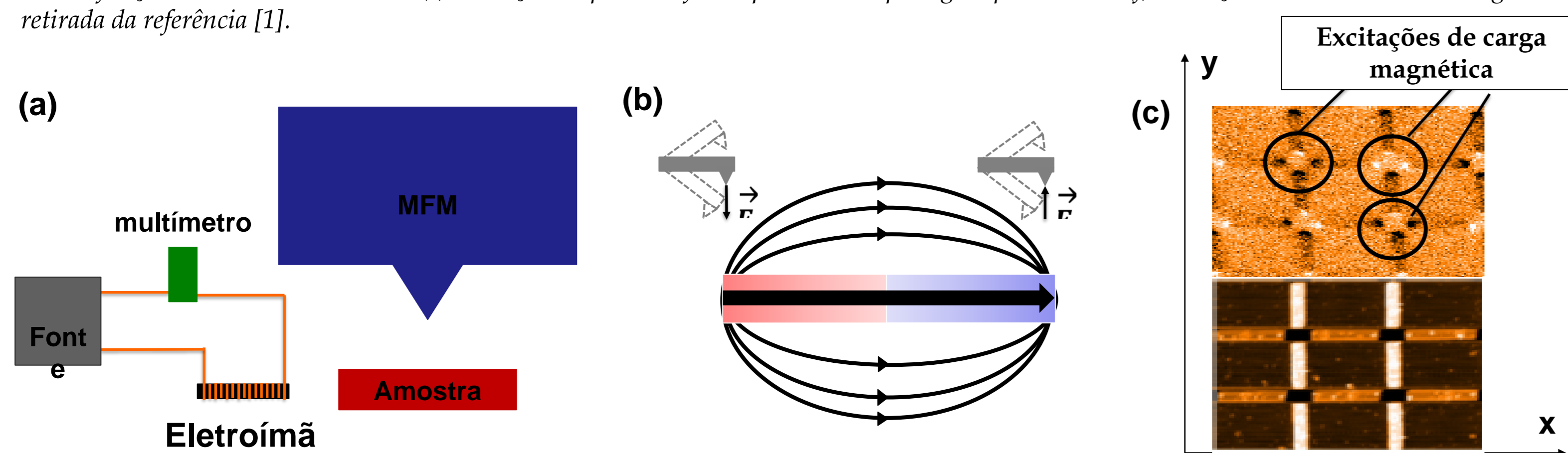


Figura 2: (a) Esquema do aparato experimental utilizado para a realização das medidas de magnetização das amostras. (b) Representação da varredura de uma ilha para a obtenção da imagem magnética, onde a seta maior representa a magnetização da ilha, enquanto as setas curvadas representam as linhas de campo magnético geradas por esta, e as setas menores mostram o sentido da força magnética em cada ponto da varredura. (c) Abaixo é possível observar uma imagem da topologia das amostras medida por Microscopia de força atômica (AFM), acima há a imagem magnética dessa mesma região obtida por MFM, onde há 3 vértices com excitações de carga magnética. Além disso, nessa figura também está esboçado o sistema de referências, sendo x a direção de aplicação do campo.

### Resultados e Discussão

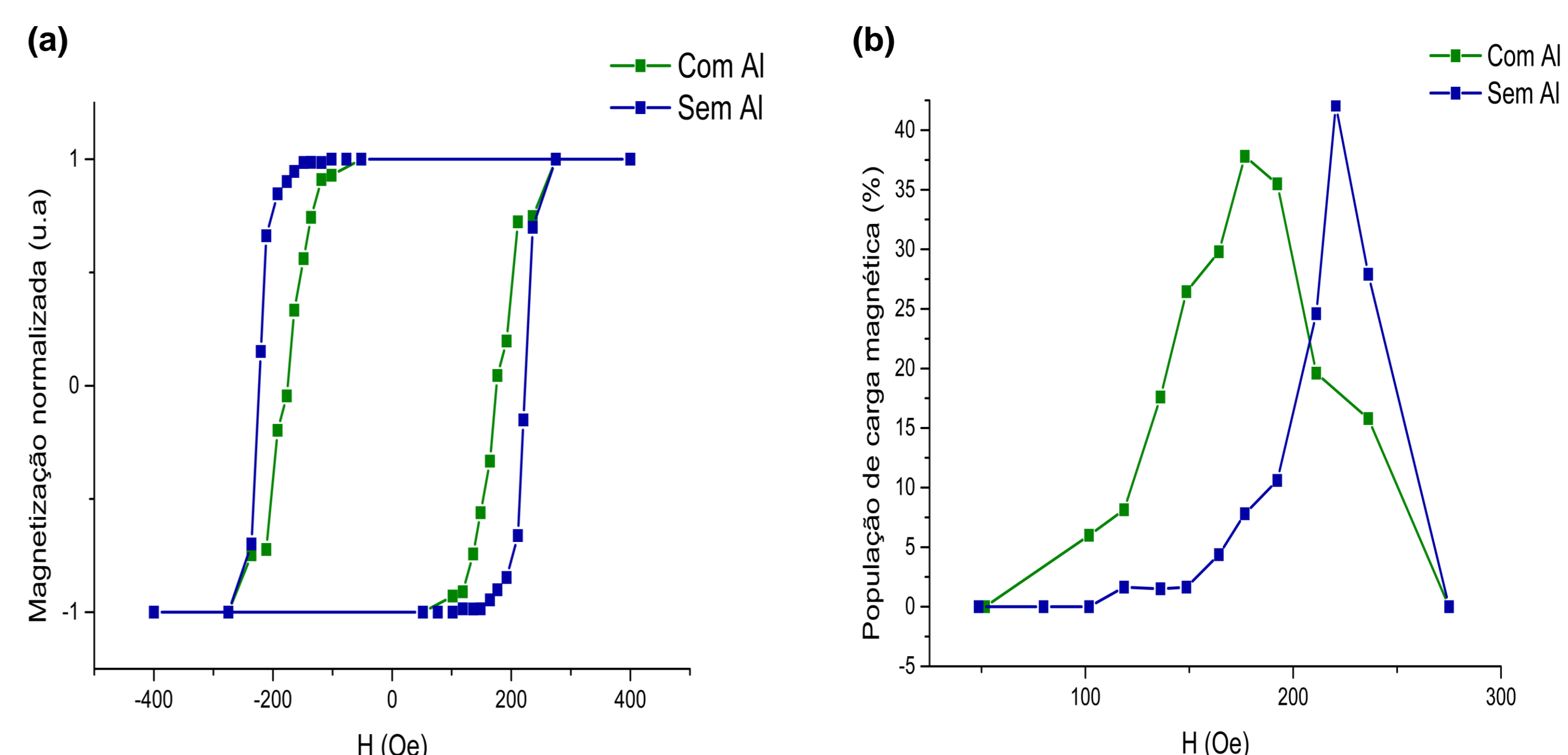


Figura 3: (a) Curvas de magnetização em função do campo aplicado obtida por imagens de MFM de amostras de GSA com e sem alumínio. (b) Curvas da população de carga magnética em função do campo aplicado obtida por imagens de MFM de amostras com e sem alumínio.

Por meio da figura 3 (a), foi possível observar que a histerese com alumínio apresentou uma coercividade magnética menor, o que é consequência da diminuição da magnetização das ilhas que estão em contato com o alumínio. Este efeito que ocorre entre metais nobres e materiais ferromagnéticos é devido a uma alteração da densidade de estados de spin minoritários e majoritários na interface e a um aumento da hibridização sp-d, como demonstrou teoricamente Tersoff [2]. Como as excitações de monopolos magnéticos são geradas por uma confluência das linhas de campo magnético gerado pelas ilhas, uma diminuição da magnetização destas implica em vértices com cargas magnéticas menos intensas. Em um trabalho anterior [3], Paiva mostrou que as curvas da porcentagem de população magnética são deslocada para valores de campo menores de campo em redes onde as ilhas estão mais afastadas e conseqüentemente possuem menos intensidade de carga magnética, o que explica o resultado obtido pela figura 3 (b).

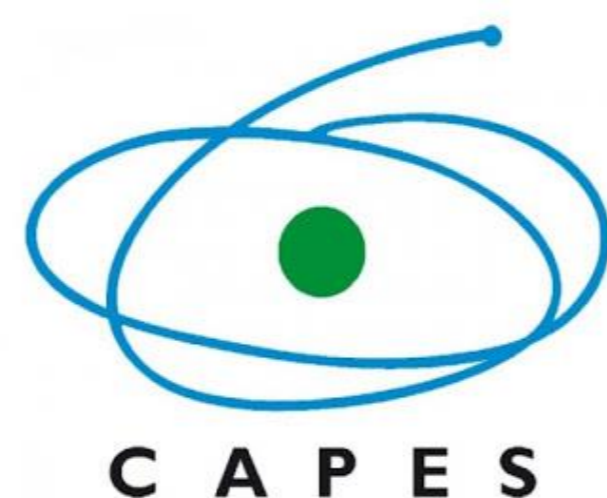
### Conclusões

Por meio da metodologia adotada, foi possível observar uma mudança expressiva no campo coercivo de amostras de permalloy com e sem alumínio, e um deslocamento na curva de população de carga magnética. Essa modificação pôde ser explicada pelo efeito de interface do metal em materiais ferromagnéticos previsto teoricamente na literatura, o que permite concluir que os procedimentos utilizados foram adequados para verificar experimentalmente a teoria.

### Bibliografia

- [1] Paiva, S. T. Magnetização e densidade de cargas emergentes em função do campo em gelos de spin artificial. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil, 2019.
- [2] TERSOFF, J.; FALICOV, L. M. Magnetic and electronic properties of Ni films, surfaces, and interfaces. *Physical Review B*, v. 26, n. 11, p. 6186, 1982.
- [3] DE PAIVA, T. S. et al. Effects of magnetic monopoles charge on the cracking reversal processes in artificial square ices. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2020.

### Apoio Financeiro



### Agradecimentos

