

## Estudo do transporte eletrônico, correntes de spin e caloritrônica de spin em filmes finos

L.V.Freitas, M.Q.Andrade, J.B.S.Mendes, R.O.Cunha - [leonardo.v.freitas@ufv.br](mailto:leonardo.v.freitas@ufv.br)

Universidade Federal de Viçosa – Departamento de física

Física da Matéria Condensada – Ciências Exatas e Tecnológicas – Pesquisa

### Introdução

A evolução tecnológica dos últimos anos trouxe um novo universo em termos de materiais, principalmente na área de sólidos nanoestruturados, onde os efeitos quânticos assumem um importante papel nas descrições dos fenômenos físicos envolvidos. Sistemas magnéticos de baixa dimensionalidade podem apresentar comportamentos peculiares, os quais não são observados em sistemas massivos similares. Filmes finos magnéticos com espessuras da ordem do livre caminho médio eletrônico permitem que o elétron conserve seu estado de spin ao longo de sua trajetória. Spintrônica e caloritrônica de spin são linhas de pesquisa que surgiram recentemente no cenário científico e fazem uso do spin do elétron para novas funcionalidades. Neste trabalho investigamos o Efeito Seebeck de Spin em um filme fino de permalloy (Py = Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>). Esse fenômeno é responsável por gerar corrente de spin com um gradiente de temperatura, a qual é convertida, por meio do efeito Hall de spin inverso, em uma corrente de carga que pode ser medida.

### Objetivos

O objetivo desse trabalho é analisar a conversão de corrente de spin em corrente de carga em diferentes materiais, de modo que possamos identificar a eficiência desses materiais ou, até mesmo, identificar algum comportamento inesperado.

### Material e Métodos

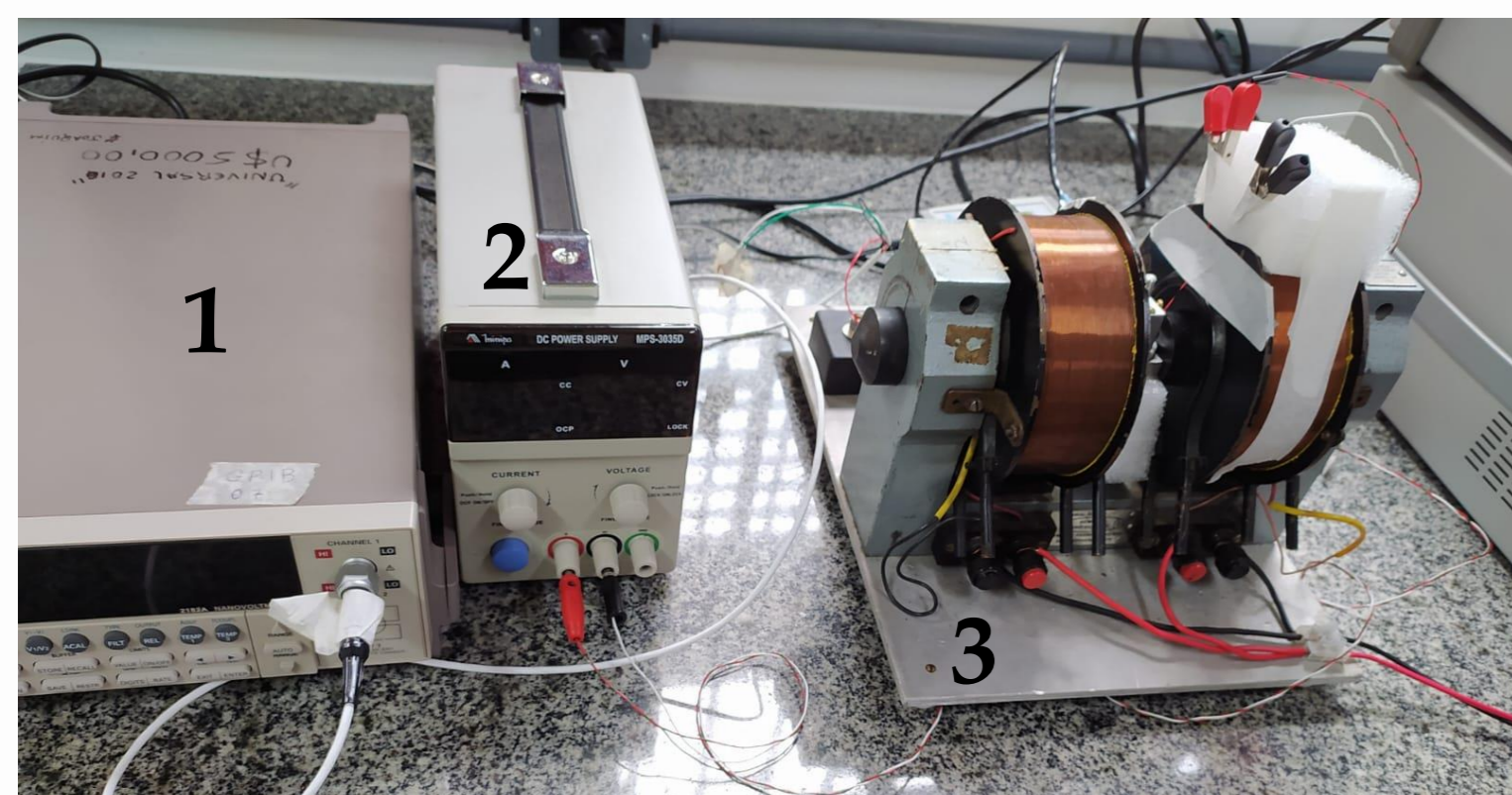


Figura 1: 1) Multímetro de alta precisão. 2) Fonte do módulo de Peltier. 3) Eletroímã

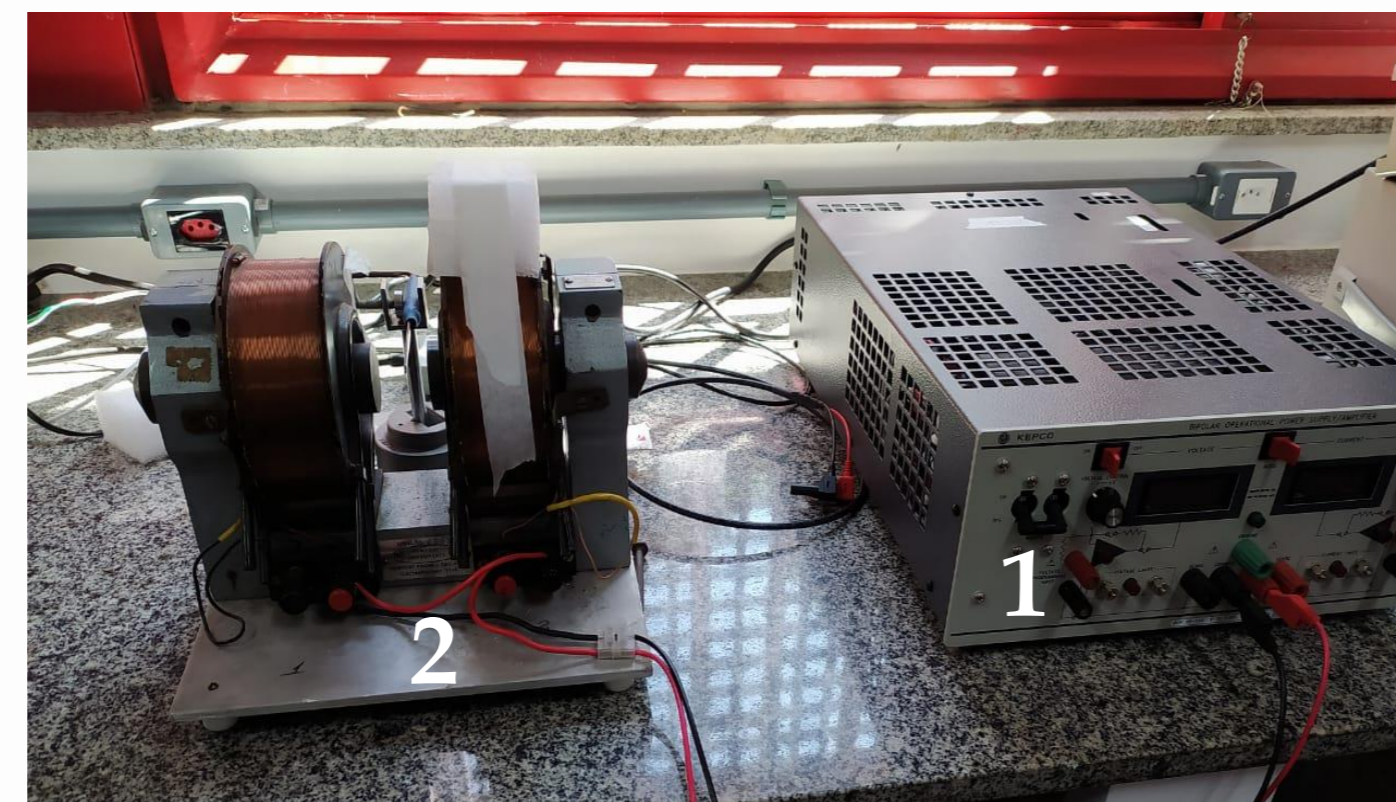


Figura 2: 1) Fonte do eletroímã. 2) Eletroímã

**Amostra:** Foi preparado, por meio da técnica de sputtering, um filme fino de Py com 12nm de espessura sobre um substrato de Si. Os contatos elétricos foram feitos nas extremidades da amostra utilizando tinta de prata, responsáveis por coletar a corrente de carga convertida e medida por um multímetro de alta precisão.

**Gradiente térmico:** Utilizamos um módulo de Peltier sobre a amostra para gerar um gradiente de temperatura através do Py e, conseqüentemente, a corrente de spin.

**Medidas:** As medidas foram feitas coletando a intensidade de corrente de carga convertida, em função da variação do gradiente de temperatura ou a intensidade do campo magnético.

### Resultados e Discussão

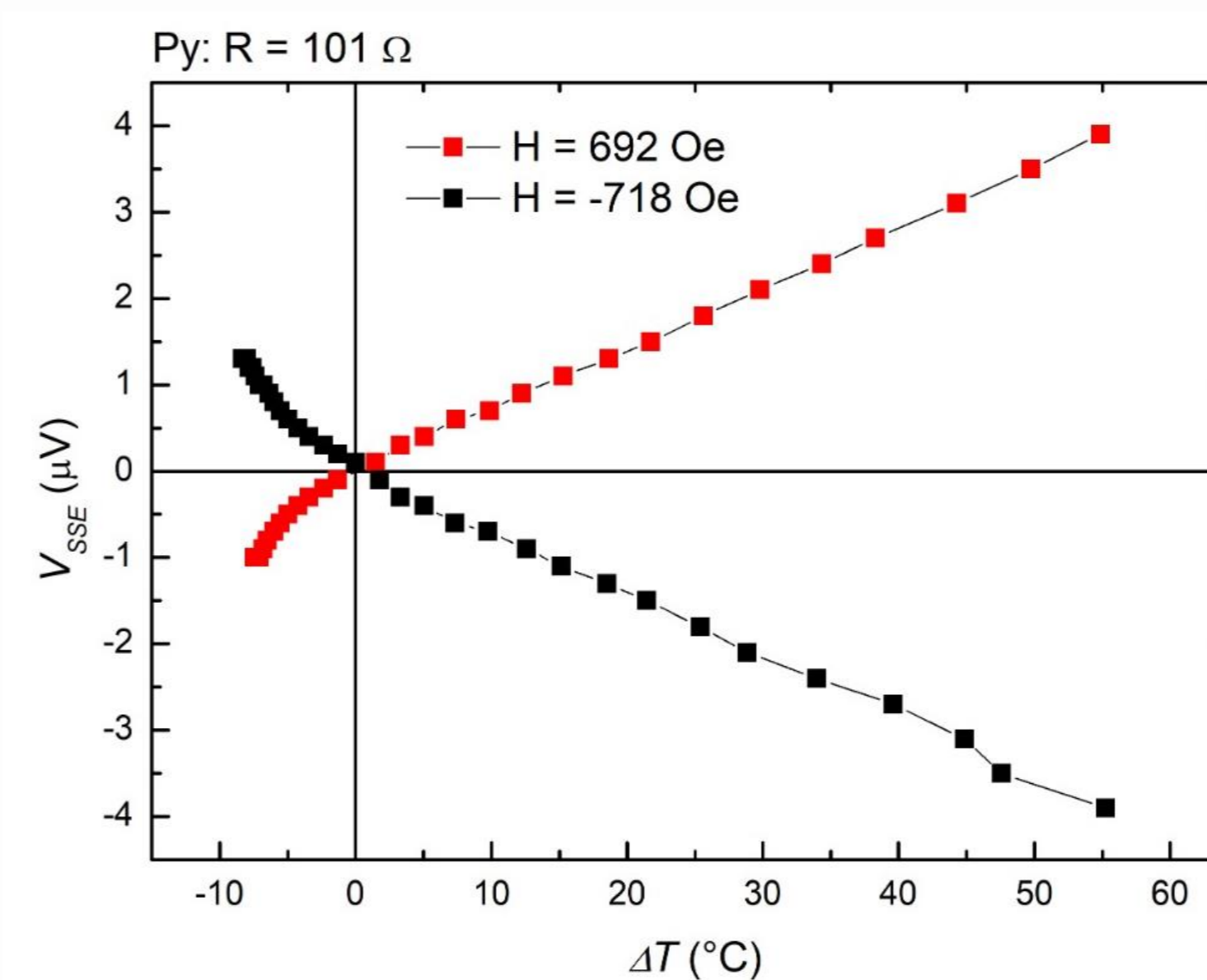


Figura 3: Medidas de tensão em função da variação do gradiente de temperatura

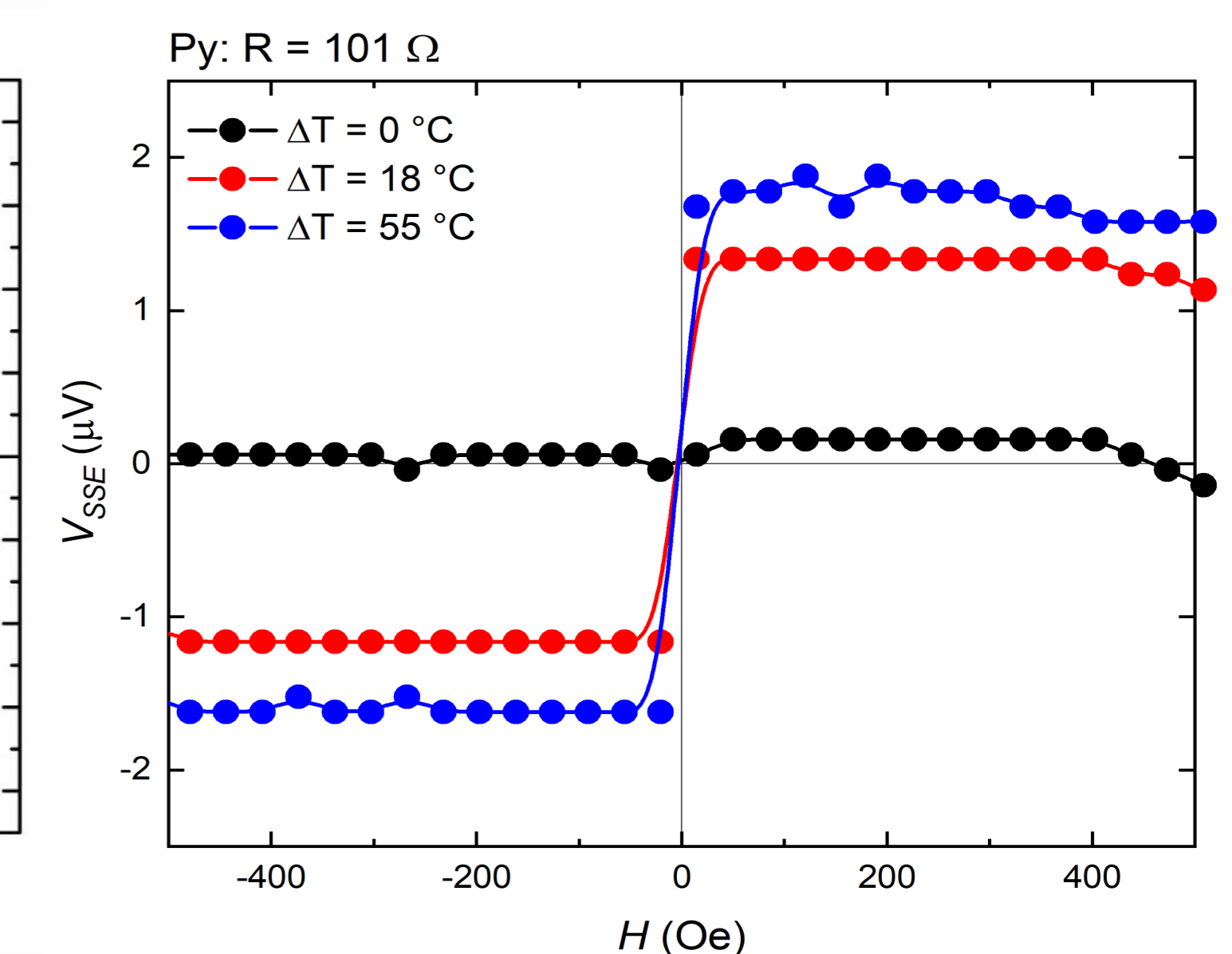


Figura 4: Medidas de tensão, variando intensidade do campo magnético em diferentes gradientes de temperatura.

Na Figura 3, é possível identificar a proporcionalidade entre a intensidade de corrente de carga convertida e o gradiente de temperatura. Além disso, notamos que a inversão de sentido do gradiente resulta, também, na inversão do sentido de corrente de carga, de acordo com a equação que correlaciona as correntes:

$$\vec{J}_C = \frac{2e}{\hbar} \theta_{SH} (\vec{J}_S \times \vec{\sigma})$$

Sendo  $\vec{J}_C$  a corrente de carga,  $\vec{J}_S$  corrente de spin,  $\vec{\sigma}$  o vetor de polarização dos spins dos elétrons e  $\theta_{SH}$  é o ângulo de spin Hall, que mede a eficiência de conversão de corrente de spin em corrente de carga.

Na Figura 4, é possível identificar que o campo magnético é outro fator determinante para o sentido da corrente de carga, uma vez que a mudança da direção do campo altera a orientação dos spins dos elétrons e, conseqüentemente, a corrente de spin.

### Conclusões

Neste trabalho, observamos que o Py apresenta as características necessárias para gerar corrente de spin e convertê-la em corrente de carga de forma eficiente. Além disso, observamos que ele se comporta de maneira similar às amostras compostas por bicamadas, reportadas na literatura.

### Agradecimentos