

## **PROJETO – DE – PESQUISA**

### **Programa de Iniciação científica e tecnológica CBPF**

Nome do pesquisador ou tecnologista (orientador interno):

MAGDA BITTENCOURT FONTES

Coordenação: COMAN - Coordenação de Matéria Condensada, Física Aplicada e Nanociência

Nome do pesquisador ou tecnologista (coorientador/colaborador externo, se houver):  
MARIELLA ALZAMORA CAMARENA

Instituição de Pesquisa Externa (se houver): UFRJ-CAMPUS AVANÇADOS DE XERÉM

Título do projeto: Produção de amostras intermetálicas baseadas em Sm

Palavra-chave: Magnetismo, Novos Materiais, Resistividade Elétrica

Área de conhecimento: Física da Matéria Condensada Experimental

Pré-requisito desejado (se houver): Aluno deve ter cumprido o ciclo básico do curso de Física

Possibilidade de orientação remota:     Sim     Não

OBS: A orientação remota pode ocorrer nos estudos teóricos sobre o tema. O desenvolvimento do projeto experimental, necessariamente, conta com a presença do aluno em laboratório.

Resultante principal do Projeto:

- Publicação (horizonte de 4 anos).
- Preparação do bolsista para área científica.
- Produto tecnológico.
- Produto educacional ou didático.

Rio de Janeiro, 04 de Novembro de 2022

## PLANO DE TRABALHO

**Supervisor: Prof. Magda Bittencourt Fontes - CBPF**

**Título: Produção de amostras intermetálicas baseadas em Sm**

Este projeto de IC visa o envolvimento do aluno na preparação de amostras intermetálicas na forma policristalina e monocristalina de materiais de interesse, como expomos a seguir.

Estamos interessados no estudo da família de compostos 122, isoestrutural ao  $YbFe_2Ge_2$ <sup>2</sup> e à família  $Ce(Ru_{1-x}Fe_x)Ge_2$ <sup>3</sup>, ambos com a estrutura cristalina do  $ThCr_2Si_2$ , grupo espacial  $I4mmm$ , e com fórmula geral  $SmT_2X_2$  ( $T$ =metal de transição e  $X$ = Si ou Ge). Apresentamos na tabela I a temperatura de transição magnética de alguns compostos desta família encontrados na literatura. Todos os compostos da Tabela I são do nosso interesse, mas para o projeto de IC atual daremos ênfase nos compostos de Fe, Au e Ru. A escolha foi baseada principalmente nos elementos puros que tenho à disposição e em quantidades satisfatórias, de modo a não haver problemas na execução imediata do projeto.

**Tabela I – família (122)**

| Composto  | propriedade                         | Ref. |
|---|-------------------------------------|------|
| <b>SmRu<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_C=10K$                           | i    |
| <b>SmFe<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_N=6K$                            | ii   |
| <b>SmRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub></b>             | $T_N=7K$                            | iii  |
| <b>SmFe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub></b>             | $T_N=3,5K$                          | iv   |
| <b>SmNi<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_N=17,9K$                         | v    |
| <b>SmAu<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_{Or}=10K$ ordem<br>incomensurada | vi   |
| <b>SmAu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub></b>             | $T_N=15,9K$                         | vii  |
| <b>SmCu<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_N=14,5K$                         | viii |
| <b>SmCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub></b>             | $T_N=9K$                            | ix   |
| <b>SmCo<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub></b>             | $T_N=14K$                           | x    |
| <b>SmCo<sub>2</sub>Si<sub>2</sub></b>             | $T_N=17K$                           | 29   |
| <b>SmAg<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub><sup>#</sup></b> | $T_N=9,4K$                          | xi   |

$T_N$  - temperatura de Néel,  $T_C$  - temperatura de Curie;  $T_{Or}$  - temperatura de ordenamento; # este composto apresenta fusão incongruente, o que torna muito difícil a preparação por forno a arco.

É possível notar que esta família (122) tem forte tendência ao ordenamento magnético. A ordem magnética entre os elétrons  $f$  do Sm é alcançada via elétrons de condução, como descrito no modelo RKKY (*Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida*)<sup>xii</sup>. A aplicação de pressão hidrostática nestes compostos pode levar a uma redução da temperatura de ordem magnética, segundo o modelo de *Doniach*<sup>xiii</sup>, mas dificilmente será possível alcançar um PCQ tendo em conta as (razoavelmente) altas

temperaturas críticas. Entretanto, os compostos de  $SmRu_2Si_2$ ,  $SmFe_2Si_2$ ,  $SmRu_2Ge_2$  e  $SmFe_2Ge_2$  chamam a atenção pelas baixas temperaturas de ordenamento, e pelo fato de já termos estudado os compostos contrapartida baseados em  $Ce$ , como mencionado no texto inicial. Já os compostos de  $SmAu_2Ge_2$  e  $SmAu_2Si_2$ , que possuem temperatura mais altas, terão o magnetismo melhor explorados. Com este plano de trabalho de IC, planejamos treinar o aluno nos métodos de preparação de materiais intermetálicos e ao mesmo tempo impulsionar este projeto de pesquisa, que deverá ser levado em conjunto com outro aluno de IC que fará as caracterizações físicas. É uma proposta robusta para iniciação científica, mas temos todas as condições de realizar este projeto no CBPF de forma segura, dando aos alunos envolvidos uma excelente experiência de laboratório de física

### **PLANO DE TRABALHO DO BOLSISTA**

A proposta atual de trabalho para um aluno de IC é aprender os métodos de preparação dos materiais policristalinos usando forno a arco e o método de fluxo para crescimento de materiais monocristalinos. O CBPF possui um laboratório de preparação de monocristais, de caráter multiusuário, totalmente funcional. A preparação de cada material deverá ser acompanhada por medidas de difração raios X do pó. Esta etapa é muito importante, pois somente os materiais com a estrutura cristalina correta serão estudados por outros métodos, que são a resistividade elétrica, medidas magnéticas e térmicas.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O CBPF conta com um laboratório de produção de materiais avançados (LPMA) e o laboratório de crescimento de materiais monocristalinos, onde diversos equipamentos estão disponíveis em caráter multiusuário, como fornos a arco, glove box para manipulação de materiais oxi-reativos, capela preparada para fechamento de tubos de quartzo com gás inerte, fornos de alta temperatura, análise termogravimétrica, corte e polimento de amostras, prensas, balanças de precisão, reagentes químicos (incluindo elementos de alta pureza), etc.. Todos estes equipamentos serão utilizados na preparação das amostras.

O laboratório de raios X conta com um difratômetro para medidas de amostras em pó, inclusive com um sistema de temperatura variável até 10K. Contamos também com dois sistemas PPMS da Quantum Design para as medidas magnéticas e térmicas, e vários sistemas de medidas de resistividade elétrica em função de temperatura.

## **BIBLIOGRAFIA**

- <sup>i</sup> I. Felner, I. Nowik; *Journal Phys. Chem. Solids* 46, 681-687 (1985).
- <sup>ii</sup> M. A. Avila, S. L. Bud'ko, P. C. Canfield; arXiv:cond-mat/0305173v1 [cond-mat.str-el] (2003).
- <sup>iii</sup> K. Hiebl, C. Horvath, P. Rogl, M. J. Sienko; [Journal of Magnetism and Magnetic Materials](#) 37, 287-296 (1983).
- <sup>iv</sup> Jan Prokleška, Jana Vejpravov, Vladimír Sechovský; *Journal of Alloys and Compounds* 408–412, 359–362 (2006).
- <sup>v</sup> Zahirul Islam, J. C. Lang, L. Vasiliu-Doloc, G. Srajer, P. C. Canfield; *Physical Review B* 65, 054404 (2001).
- <sup>vi</sup> K. Nishimura, M. Yamamoto, K. Mori; [Journal of Magnetism and Magnetic Materials](#) 177-181, 1087-1088 (1998).
- <sup>vii</sup> 1. Mayer, J. Cohen, I. Felner; *Journal of the Less-Common Metals* 30, 181-184 (1973) – I. Felner; *Journal Physics and Chemistry of Solids*, 36, 1063-1066 (1975).
- <sup>viii</sup> H. Mendpara, Devang A. Joshi, A. K. Nigam, A. Thamizhavel; [Journal of Magnetism and Magnetic Materials](#) 377, 325-333 (2015).
- <sup>ix</sup> Yuji Takeda et al., *Journal of the Physical Society of Japan* 77, issue 10, 10471 (2008).
- <sup>x</sup> A.V. Morozkin et al., *Journal of Alloys and Compounds* 264, 190–196 (1998).
- <sup>xi</sup> Devang A. Joshi et al., *Physica B (SCES'2008)* 404, 2988–2991 (1998).
- <sup>xii</sup> M. A. Ruderman, C. Kittel; *Physical Review* 96, 99 (1954) - T. Kasuya; *Progress of Theoretical Physics* 16, 45 (1956).
- <sup>xiii</sup> Doniach S., *Physica B* 91 231 (1977)