

EDITAL ARD/PPP/FAPERGS/CNPq 08/2014

PROGRAMA DE INFRAESTRUTURA PARA JOVENS PESQUISADORES

PROGRAMA PRIMEIROS PROJETOS

PROJETO: Estudo das Correlações entre Supercondutividade e Magnetismo:
Produção e Caracterização de Sistemas Baseados em Ferro

PROPONENTE: Jorge Luiz Pimentel Junior

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Dezembro 2014

ÍNDICE

1. Identificação e Objetivos da proposta

1.a Objetivos Gerais

1.b Objetivos Específicos

2. Justificativa

1. Metodologia

2. Cronograma físico-financeiro

4.a Orçamento detalhado

4.b Justificativas dos recursos

5. Identificação dos participantes, Plano de Atividades, Metas e Ações

1. Infra-estrutura disponível

2. Outras possíveis fontes de recursos financeiros

3. Resultados Pretendidos

4. Referências Bibliográficas

1. Identificação da proposta

Título do Projeto

Estudo das Correlações entre Supercondutividade e Magnetismo: Produção e Caracterização de Sistemas Baseados em Ferro

Instituição Copartícipe

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Av. Itália, km 8. Bairro Carreiros

Rio Grande, RS, Brasil. CEP: 96203-900.

Tel: (53) 3233-6500

Identificação pessoal e vínculo institucional do Proponente

Jorge Luiz Pimentel Junior

Professor Adjunto A – IMEF, Instituto de Matemática, Estatística e Física

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Rio Grande, RS, Brasil.

Resumo

O presente Projeto de Pesquisa tem por objetivo principal o desenvolvimento de pesquisa básica, de natureza experimental, sobre efeitos produzidos por fortes correlações eletrônicas em novos materiais sólidos. O tema central deste projeto busca fornecer resultados que auxiliem o estudo da complexa e multifacetada fenomenologia relacionada à interação entre as ordens magnética e supercondutora em sistemas baseados em Ferro. Uma das metas é o estudo das propriedades da fase normal de Ferrocálcogenetos. Investigações, usando técnicas de magneto-transporte, visam o estudo de efeitos de dopagens e de variações estequiométricas e sua relação com o fenômeno do pseudogap. Os objetivos deste projeto estão divididos entre gerais, de âmbito institucional, e específicos, de âmbito científico, descritos nas seções a seguir. Desse modo, pretende-se contribuir para a compreensão das correlações entre supercondutividade e magnetismo dos sistemas baseados em Ferro. Assim, esta proposta busca recursos para equipar e fornecer materiais para a preparação de amostras e a subsequente investigação das suas propriedades

1.a - Objetivos Gerais

O objetivos gerais deste projeto são:

1. Fortalecer e consolidar a pesquisa em física experimental, recentemente iniciada no Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG);
2. Estabelecer um ponto fixo de pesquisas na FURG da rede de colaborações já existente com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Federal de Pelotas (UFPEL);
3. Preparar estudantes para ingresso no PPGF-FURG, e sua conseqüente formação como mestres na área experimental da Física da Matéria Condensada.

1.b - Objetivos Específicos

A questão principal que envolve o problema das correlações entre supercondutividade e magnetismo consiste em determinar se e como as ordens supercondutora e magnética podem coexistir em nível microscópico no mesmo volume de uma dada substância. A descoberta de sistemas em que supercondutividade e magnetismo atuam de forma cooperativa em escala microscópica confronta diretamente a concepção tradicional da supercondutividade [1]. A descoberta da supercondutividade nos ferropnictídeos [2] enriqueceu e abriu novos horizontes no campo da supercondutividade. A substituição do átomo pnictídeo por um calcogênio, originou os compostos tetragonais FeSe e $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ [3] com temperatura crítica $T_c \sim 15\text{K}$ e estrutura relativamente simples quando comparados àquelas dos supercondutores baseados em Fe e As. Este projeto propõe a preparação de amostras diversas estequiometrias do sistema ferro-calcogeneto $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$, e a conseqüente investigação experimental sobre as propriedades magnéticas e de magneto-transporte destes sistemas caracterizados por correlações entre supercondutividade e magnetismo.

Investigações, usando técnicas de magneto-transporte, visam o estudo de efeitos de dopagens e de variações estequiométricas e sua relação com o fenômeno do pseudogap. A partir da medida de magneto-resistência e efeito Hall, pretende-se contribuir com evidências da existência de efeitos de coerência de ressonâncias nos sítios do Fe nos sistemas ferro-calcogenetos, importantes na compreensão das propriedades da fase normal; obtendo resultados que auxiliem o estudo da complexa e multifacetada fenomenologia relacionada à interação entre as ordens magnética e supercondutora em sistemas baseados em Ferro.

1. Justificativa

O Programa de Pós-Graduação em Física da FURG (PPGF-FURG) foi iniciado em 2010, sendo um dos mais recentes do país. Localizado na Universidade Federal mais meridional do Brasil, ainda possui conceito 3 segundo avaliação da CAPES. Nesse sentido, este projeto visa, através do fortalecimento da Física Experimental, preparar estudantes para ingresso no PPGF-FURG, e sua conseqüente formação como mestres. O proponente deste

projeto, professor da FURG desde maio de 2013, já está cadastrado como possível orientador neste programa, e deseja com este projeto, adquirir recursos para iniciar seus trabalhos.

De acordo com os objetivos expostos no item 1, as justificativas são as seguintes:

1. Atualmente, a FURG está construindo um novo espaço físico para implementação do Laboratório de Pesquisa em Materiais. A obra está em estágio avançado, com previsão de conclusão para 2015. Uma das metas é a obtenção de recursos para dar continuidade à pesquisa no já existente Laboratório de Preparação de amostras, e para iniciar os trabalhos quando ocorrer o término da obra do novo espaço físico.
2. Os pesquisadores da FURG e UFPel são oriundos do Programa de Pós-Graduação em Física da UFRGS. Desta forma, todos participantes deste projeto já atuam em parceria, comprovada através das publicações científicas [4,5,6,7,8,9,10,11,12,13]. Assim, este projeto objetiva capacitar a FURG para que as etapas de preparação e parte da caracterização das amostras estudadas pela equipe sejam realizadas nesta universidade.
3. A formação de novos pesquisadores é de fundamental importância para o desenvolvimento da ciência. Este projeto fornecerá recursos para a realização de trabalhos de iniciação científica e de mestrado na área de Física Experimental da Matéria Condensada, contribuindo para a consolidação do PPGF da FURG.
4. Estudos realizados no sistema $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ durante o trabalho de doutorado do proponente deste projeto, fornecem importantes informações sobre o processo de formação de momentos magnéticos localizados em sistemas de elétrons itinerantes. Neste sistema, claramente, as flutuações magnéticas e supercondutoras estão relacionadas aos mesmos elétrons, que se organizam em superfícies de Fermi tipo elétron e tipo lacuna com certo grau de congruência. Assim, justifica-se a proposta científica deste projeto pela continuidade da pesquisa do proponente.
5. O proponente desde projeto possui experiência na produção e no estudo de sistemas supercondutores baseados em ferro, comprovada através da publicação de artigos científicos [4,5,9,10,11,12,13]

6. Metodologia

Neste projeto serão produzidas amostras do sistema ferro-calcogeneto, baseados em Fe, Se e Te, com distintas estequiometrias $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$, no Laboratório de Preparação de Amostras, da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Algumas etapas ocorrerão em colaboração com pesquisador da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), especialista na produção de amostras texturizadas e monocristalinas. As amostras produzidas serão caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura e por Difração de Raios-X no Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul do Rio Grande do Sul (CEME-SUL), na FURG. Inicialmente, serão feitas medidas de resistividade elétrica em função da temperatura nas amostras obtidas na FURG. A investigação das propriedades de magneto-transporte (Efeito Hall e Magneto-Resistência), em altos campos magnéticos, será realizada em

uma plataforma PPMS (Physical Property Measurement System) no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Espera-se envolver estudantes de iniciação científica em todas as etapas deste projeto; bem como fornecer resultados que constituam no núcleo da realização de trabalhos de pós-graduação.

7. Cronograma físico-financeiro

Este projeto terá início a partir de 1º de outubro de 2015 e seguirá as seguintes descritas na TABELA A.

TABELA A: Descrição das Etapas do Projeto

Número	Etapas	Descrição
1.	Aquisição de materiais e equipamentos	1.Aquisição dos equipamentos. Aquisição dos reagentes e dos gases para preparação das amostras.
2.	Preparação e Caracterização das amostras	2.Preparação e caracterização (MEV/DRX) das amostras. Medida da resistividade elétrica em função da temperatura das amostras
3.	Ensaio Experimentais	3.Realização de medidas de magneto-transporte e magnetização em altos campos magnéticos
4.	Análise dos Resultados	4.Análise e interpretação dos dados obtidos.
5.	Comunicações científicas	5.Redação de artigos e apresentação de trabalhos em conferências, simpósios e congressos científicos. Realização de trabalhos de conclusão de curso em Física. Redação de dissertação de mestrado em Física

O Cronograma Físico das etapas deste projeto está detalhado na Tabelas B

TABELA B: Cronograma físico

Cronograma Físico												
Etapas	Bimestres											
Atividades da pesquisa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Aquisição de materiais e equipamentos	x	x	x	x	x	x	x	x				
2. Preparação e Caracterização das amostras				x	x	x	x	x	x	x		
3. Ensaio Experimentais					x	x	x	x	x	x		
4. Análise dos Resultados					x	x	x	x	x	x	x	x
5. Comunicações científicas						x	x	x	x	x	x	x

4.a - Orçamento detalhado

Segue abaixo o orçamento deste projeto, cujo cronograma financeiro está detalhado na TABELA C.

I. Recursos para Capital

I.a 1 (um) Computador	R\$	3.900,00
I.b 1 (um) No-break	R\$	2.500,00
I.c 1 (um) Rack para equipamentos eletrônicos	R\$	1.700,00
I.d 2 (dois) Dessecadores	R\$	1.500,00
I.e 1 (um) Desumidificador	R\$	2.300,00
I.f 1 (um) Maçarico Portátil	R\$	800,00

Total Capital **R\$** **12.700,00**

II. Recursos para Custeio

II.a Reagentes de alta Pureza

Te – Telúrio pó, –30 mesh, 99.997% (Aldrich) 264865-100G R\$ 2.237,00

Fe – Ferro pó, >99.5% (Aldrich) 44890-100G R\$ 540,00

Se – Selênio pó, –100 mesh, 99.99% (Aldrich) 229865-100G R\$ 3.117,00

II.b Gás Argônio R\$ 2.000,00

5.0 analítico em cilindro de 10,0 m³ R\$ 200/m³

II.c Tubos de quartzo R\$ 3.000,00

II.d Cadinhos para crescimento de amostras (Zircônia) R\$ 3.500,00

II.e Serviços de Terceiros R\$ 4.000,00

Total Custeio **R\$ 18.394,00**

TOTAL GERAL **R\$ 31.094,00**

4.b Justificativas para os recursos

Capital:

I.a Computador: Servirá para a aquisição dos dados da montagem experimental em andamento

I.b No-Breake: Manter o fornecimento de energia elétrica estável durante a realização da medida de resistividade elétrica a fim de preservar a integridade dos equipamentos eletrônicos.

I.c Rack: Organizar e manter os equipamentos (Controlador de temperatura Eurotherm, Amplificador Lock-In, Resistômetro diferencial, Multímetro e Fonte de Corrente) conectados via Interface GPIB/USB com o computador

I.d Dessecadores: Manter as amostras em um ambiente com umidade controlada para evitar oxidação

I.e Desumidificador: Manter a umidade da sala controlada para preservar os equipamentos eletrônicos

I.f Maçarico Portátil: Necessário para realizar a selagem das ampolas em que serão confinadas as amostras.

Custeio:

- II.a Reagentes de alta Pureza: será necessária a compra de precursores de alta pureza de Fe (ferro), Se (selênio) e Te (telúrio) na forma de pó para a preparação das amostras de Ferrocalcogenetos em diversas variações estequiométricas.
- II.b Gás Argônio: utilizado para garantir atmosfera inerte controlada durante a preparação das amostras
- II.c Tubos de quartzo: utilizados como envoltório para controle de atmosfera das amostras durante tratamento térmico
- II.e Cadinhos: Cadinho de Alumina e Zircônia para a preparação das amostras
- II.f Serviços de Terceiros: Serviço técnico para a conclusão do sistema de haste de medidas/criostato que está em fase final de construção. Envolve adaptação da haste para instalação do termômetro e soldas especiais para vácuo no criostato.

TABELA C: Cronograma financeiro

Cronograma financeiro													
Item	Valores (R\$)	Desembolsos – Bimestres (R\$ x 1000)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
II.a	5.894,00	5,894											
II.b	2.000,00	2,0											
II.c	3.000,00		3,0										
II.d	3.500,00		3,5										
I.f	800,00		0,8										
I.d	1.500,00			1,5									
I.c	1.700,00				1,7								
II.e	4.000,00					4,0							
I.e	2.300,00						2,3						
I.a	3.900,00							3,9					
I.b	2.500,00								2,5				
Total	31.100,00	7,894	7,3	1,5	1,7	4,0	2,3	3,9	2,5				

8. Identificação dos participantes, Plano de Atividades, Metas e Ações

Os pesquisadores envolvidos neste projeto, identificados como **Coordendor (C)**, **Colaborador da FURG (F)**, **Colaborador da UFPel (P)**, **Colaborador da UFRGS (U)**, são:

(C) Jorge Luiz Pimentel Junior – FURG – Doutor – Coordenador

(F) Rosângela Menegotto Costa – FURG – Doutora – Colaboradora

(P) Fábio Teixeira Dias – UFPel – Doutor – Colaborador

(U) Paulo Pureur Neto – UFRGS – Doutor – Colaborador

As atividades deste projeto serão desenvolvidas, conforme o Cronograma Físico especificado na TABELA A, pelos pesquisadores acima listados e estão especificadas na TABELA D.

TABELA D: O Plano de Atividades abaixo descrito segue o Cronograma Físico da TABELA A

Plano de Atividades	
Atividades de Pesquisa	Pesquisadores Envolvidos
1. Aquisição de materiais e equipamento	(C)
2. Preparação das amostras	(C), (P)
3. Ensaio Experimentais	
Microscopia	(C), (F)
Resistividade Elétrica	(C), (F)
Difração de Raios-X	(C), (F)
Magneto-Transporte	(C), (U)

4. Análise dos Resultados	(C), (F), (P), (U)
5. Comunicações científicas	(C), (F), (P), (U)

Especificação das Metas e Ações

O coordenador deste projeto será responsável pela administração dos recursos. As Metas e Ações deste projeto estão relacionadas com as Atividades de Pesquisa conforme mostra a TABELA E.

TABELA E: Metas e Ações

Atividades	Metas	Ações
------------	-------	-------

1. Aquisição de materiais e equipamentos	1. Adquirir com o menor custo no mercado os equipamentos e materiais necessários com a qualidade exigida para realização da pesquisa científica em nível de excelência.	1. Uma vez divulgado o resultado do Edital Fapergs/CNPq 08/2014 em 01/07/2014, o coordenador deste projeto irá iniciar a negociação com os fornecedores e vendedores.
2. Preparação e Caracterização das amostras	2. Preparação e caracterização de amostras com diversas estequiometrias do sistema ferro-calcogeneto $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$.	2. Utilização do Forno Mufla do Laboratório de Preparação de Amostras da FURG, com o apoio do colaborador da UFPel, que se deslocará para a FURG com recursos próprios para auxiliar na preparação das amostras. Caracterização (MEV/DRX) das amostras obtidas com a utilização da estrutura do CEME-SUL da FURG. Medida da resistividade elétrica em função da temperatura das amostras obtidas com a utilização do sistema de medidas do Laboratório de Pesquisa em Materiais da FURG.
3. Ensaios Experimentais	3. Realizar a investigação experimental sobre as propriedades magnéticas e de magneto-transporte das amostras obtidas.	3. Realização de medidas de magneto-transporte e magnetização em altos campos magnéticos com a utilização da Plataforma PPMS da UFRGS. O deslocamento para Porto Alegre será feito com recursos do PROCAD/Casadinho (ver item 7. Outras possíveis fontes de recursos financeiros)
4. Análise dos Resultados	4. Análise de dados, e sua conseqüente interpretação.	4. Buscar resultados que auxiliem o estudo da complexa e multifacetada fenomenologia relacionada à interação entre as ordens magnética e supercondutora em sistemas baseados em Ferro. Contribuir com evidências da existência de efeitos de coerência de ressonâncias nos sítios do Fe nos sistemas ferro-calcogenetos, importantes na compreensão das propriedades da fase normal.
5. Comunicações científicas	5. Utilizar os resultados obtidos em trabalhos de conclusão de curso e na orientação de, no mínimo, uma dissertação de mestrado. Divulgar os resultados obtidos. Consolidar a Pesquisa em Física Experimental do PPGF-FURG.	5. Redação de artigos e apresentação de trabalhos em conferências, simpósios e congressos científicos. Realização de trabalhos de conclusão de curso em Física. Redação de dissertação de mestrado em Física.

1. Infra-estrutura disponível

O Laboratório de Preparação de Amostras do IMEF/FURG possui infra-estrutura para preparação de amostras. Além disso, existe uma montagem experimental de transporte elétrico em função da temperatura está em fase final de construção. Os equipamentos abaixo especificados fazem parte da infra-estrutura atual do IMEF/FURG:

1. Bomba de vácuo de palhetas rotativas RV5 Edwars com cabeça sensor tipo Pirani

2. Balança Analítica AB135-S/FACTDU com resolução 0,01 mg / 0,1 mg e capacidade máxima de 120 g
3. Forno Mufla EDG / Série FC Modelo II para 7.2 L, 4000 W, para temperaturas de até 1250 °C
4. Controlador de temperatura Eurotherm modelo 2408/CC/VH configurado com uma saída lógica e relé de alarme com 4 x 16 segmentos de programação
5. Pastilhador de amostras em aço D-6 temperado, cilindros em aço rápido de diâmetro 10 mm e acessórios para compactação do pó
6. Amplificador Lock-In Stanford SR830
7. Resistômetro diferencial para medidas da resistência em função da temperatura
8. Multímetro HP34401A 6 ½ dígitos
9. Sistema de cana de medidas/criostato (em construção)
10. Termômetros calibrados de Platina
11. Fonte de Corrente de 1mA/5mA para o termômetro
12. Interface GPIB/USB para aquisição de dados
13. Reservatório de 500 litros de nitrogênio líquido

O Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul, CEME-SUL da FURG, dotado de Microscópio Eletrônico de Transmissão (JEOL JEM 1400 120KV) e de um Microscópio Eletrônico da Varredura (JEOL JSM 6610LV), ambos os equipamentos acoplados com sistemas de Raios X do tipo EDS, será utilizado para a caracterização da microestrutura das amostras. Além disso, a o CEME-SUL está equipado com um Difratômetro de Raios X (D8-Advanced, Bruker), com geometria $\theta-2\theta$ e radiação de Cu K α ($\lambda=1,5412\text{nm}$), além de uma câmera acoplada para medidas em temperaturas de até 80 K.

Os Laboratórios parceiros neste projeto na UFPel e UFRGS possuem a estrutura complementar para a realização deste projeto.

14. Outras possíveis fontes de recursos financeiros

O proponente deste projeto faz parte do seguinte projeto de pesquisa, que fornecerá recursos para o deslocamento da equipe, e dos estudantes para a UFRGS.

*Chamada Pública Casadinho/Procad - MCTI/CNPq/MEC/Capes - Ação Transversal 06/2011 **Projeto de pesquisa: Teoria de sistemas fortemente correlacionados, supercondutividade, e métodos matemáticos.*** Este projeto permite o financiamento das despesas de diárias e passagens necessárias

para colaboração entre pesquisadores vinculados às seguintes instituições: FURG, UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) e UFF (Universidade Federal Fluminense).

Eventualmente, poderão ser realizadas as etapas das medidas em altos campos magnéticos no Rio de Janeiro, uma vez que os recursos permitem viagens para o CBPF e para a UFF.

15. Resultados Pretendidos

O fortalecimento e a consolidação da pesquisa envolve a formação de novos pesquisadores. Este projeto, ao atrair estudantes de mestrado, estimulando que os mesmos desenvolvam seus trabalhos em temas pertinentes Física Experimental na área da Matéria Condensada, contribuirá para a consolidação do Programa de Pós-Graduação em Física da FURG. A pesquisa realizada neste projeto será divulgada em revistas científicas, congressos, conferências e simpósios internacionais da área de Física da Matéria Condensada. Do ponto de vista científico, espera-se contribuir com evidências da existência de efeitos de coerência de ressonâncias nos sítios do Fe (tanto dos ferro-calcogenetos, quanto dos ferro-pnictídeos) que se revelam importantes na compreensão das propriedades da fase normal. Este mecanismo se traduz em um forte indício de que o controverso fenômeno do pseudogape, importante na descrição da natureza física dos sistemas em que supercondutividade e magnetismo se manifestam, tem origem em flutuações magnéticas.

16. Referências Bibliográficas

[1] GINZBURG, V. L. Ferromagnetic superconductors. Soviet Physics Journal of Experimental and Theoretical Physics, v. 4, p. 153-160, 1957.

[2] Yoichi Kamihara, Takumi Watanabe, Masahiro Hirano, and Hideo Hosono. Iron-Based Layered Superconductor $\text{La}[\text{O}_{1-x}\text{F}_x]\text{FeAs}$ ($x = 0.05-0.12$) with $T_C = 26$ K. J. Am. Chem. Soc., 130(11):3296_3297, Feb 2008.

[3] B. C. Sales, A. S. Sefat, M. A. McGuire, R. Y. Jin, D. Mandrus, and Y. Mozharivskyj. Bulk superconductivity at 14 K in single crystals of $\text{Fe}_{1-y}\text{Te}_x\text{Se}_{1-x}$. Phys. Rev. B, 79:094521, 2009.

[4] Luiz Pimentel Júnior, Jorge Pureur, Paulo Santos Lopes, Cristiano Serbena, Francisco Eugenio Foerster, Carlos Aparecida da Silva, Simone Roberto Jurelo, Alcione Luiz Chinelatto, Adilson. Mechanical properties of highly oriented $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ superconductor. Journal of Applied Physics, v.111, p.033908, 2012.

[5] Lopes, Cristiano Santos, Foerster, Carlos Eugênio, Serbena, Francisco Carlos, Júnior, Pedro Rodrigues, Jurelo, Alcione Roberto, Júnior, Jorge Luiz Pimentel, Pureur, Paulo, Chinelatto, Adilson Luiz. Raman spectroscopy of highly oriented $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ superconductor. Superconductor Science and Technology, v.25, p.025014, 2012.

[6] Dias, F.T. ; Vieira, V.N. ; de Almeida, M.L. ; Falck, A.L. ; Pureur, P. ; Pimentel Jr., J.L. ; Obradors, X. . Paramagnetic Meissner effect at high fields in YCaBaCuO single crystal and melt-textured YBaCuO . Physica. C, Superconductivity (Print), p. S111, 2010.

- [7] DIAS, F ; VIEIRA, V ; RODRIGUESJR, P ; OBRADORS, X ; PIMENTEL JR, J. L. ; PUREUR, P ; SCHAF, J. Magnetic irreversibility and zero resistance in melt-textured YBaCuO. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 320, p. e481-e483, 2008.
- [8] VIEIRA, V ; DIAS, F ; SCHAF, J ; PUREUR, P ; PIMENTELJR, J . Granular superconductivity in YBa₂Cu₃O₇ single crystals by divalent impurities doping: Possible role of valence and orbital symmetry. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 320, p. e500-e503, 2008.
- [9] Pimentel, Jorge Luiz, Jurelo, Alcione Roberto, Foerster, Carlos Eugênio, Júnior, Pedro Rodrigues, Costa, Rosângela Menegotto Mechanical properties of FeSex superconductor. *Physica. C, Superconductivity (Print)* , p.S411, 2009.
- [10] Salem-Sugui, S., Ghivelder, L., Alvarenga, A., Cohen, L., Yates, K., Morrison, K., Pimentel, J., Luo, Huiqian, Wang, Zhaosheng, Wen, Hai-Hu. Flux dynamics associated with the second magnetization peak in the iron pnictide Ba_{1-x}K_xFe₂As₂. *Physical Review. B*, v.82, p.054513, 2010.
- [11] Salem-Sugui, S., Ghivelder, L., Alvarenga, A. D., Pimentel, J. L., Luo, Huiqian, Wang, Zhaosheng, Wen, Hai-Hu. Superconducting fluctuations in the reversible magnetization of the iron-pnictide Ba_{1-x}K_xFe₂As₂. *Physical Review. B*, v.80, p.014518, 2009.
- [12] Jurelo, Alcione Roberto, Serbena, Francisco Carlos, DE SOUZA, GELSON BISCAIA, Foerster, Carlos Eugênio, SABINO, NILSON BIAGINI, DA SILVA, SIMONE APARECIDA, Lopes, Cristiano Santos, Pimentel, Jorge Luiz Nanoscratch in highly oriented FeSe_{0.5}Te_{0.5} superconductor. *Wear (Lausanne)*, v.303, p. 78, 20092013.
- [13] Pimentel Júnior, Jorge Luiz, Serbena, Francisco Carlos, Jurelo, Alcione Roberto. Characterization of FeSex Superconductor Prepared by Different Thermal Routes by Instrumented Indentation. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, v.24, p.143 -1441, 2011.