

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Atividades de Pesquisa**  
**Formulário de Tramitação e Registro**

Situação: **Aprovação/Depto Coordenador**  
 Protocolo nº: **2014.0318**

Título:	Construção de um equipamento de baixo custo para preparação de filmes finos através da técnica de Spin Coating
Resumo:	Este projeto visa estabelecer infraestrutura que alimente uma linha de pesquisa no estudo da preparação de materiais e estruturas nanométricas e no estudo de suas propriedades para aplicações em sistemas tecnológicos, como sensores, atuadores, geradores e MEMs. Neste sentido, o objetivo é fomentar atividades de pesquisa em Nanotecnologia e sua interação com áreas tecnológicas, através de estudos de novos materiais e estruturas com aplicações em sensores e dispositivos. O objetivo principal desta proposta é estudar, projetar e construir o arranjo experimental empregado na etapa de espalhamento, ou Spin Coating, para a preparação de materiais na forma de filme fino. Para esta construção, serão utilizados materiais de baixo custo, como motores de discos rígidos de computadores descartados. Um equipamento comercial com o mesmo procedimento está cotado em torno de R\$ 20 000,00 (vinte mil reais), sendo que o arranjo proposto não deve ultrapassar o valor de R\$ 500,00.
Palavras chave: (máximo 5)	Filmes Finos; Spin Coating; Nanotecnologia; Superfícies
Grande Área do conhecimento:	Engenharias
Área do conhecimento:	Instrumentação Eletromecânica
Nome do Grupo de Pesquisa: (CNPq - Diretório)	Grupo de Física Aplicada a Mobilidade
Está vinculado a outro projeto de pesquisa?	
Período de realização:	01/05/2014 a 01/05/2015
A atividade receberá algum aporte financeiro?:	Não
Propriedade Intelectual (o resultado do projeto é ou poderá ser protegido por):	

■ ■ ■ **Envolvidos neste projeto de pesquisa**

<b>Coordenador</b>	
Nº do SIAPE:	2346577
Nome do Coordenador:	RAFAEL GALLINA DELATORRE
CPF do Coordenador:	2108845925
Departamento:	CAMPUS DE JOINVILLE
Centro:	CAMPUS DE JOINVILLE
Regime de trabalho:	DE
Fone de contato:	3461 5900
E-mail:	rafael.delatorre@ufsc.br

Carga horária semanal nesta atividade:	1 horas
Receberá remuneração nesta atividade de pesquisa?	Não

Você gostaria de participar do guia de fontes da UFSC?	Sim
--	-----

Outros prof. ou servidores da UFSC envolvidos?	Sim
Alunos da UFSC envolvidos?	Não
Pessoas externas à UFSC envolvidas?	Não

**Participantes**

Participante: Tiago Vieira da Cunha CAMPUS DE JOINVILLE

Outras Considerações
----------------------

Nº do Processo: 2014.0318
---------------------------



**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Centro de Engenharia da Mobilidade**  
**Campus Joinville**

**Projeto de Pesquisa**

Construção de um equipamento de baixo custo para preparação de filmes finos através da técnica de *Spin Coating*

**Equipe:** Rafael Gallina Delatorre (Coordenador)  
Tiago Vieira da Cunha (Colaborador)  
Allan Kollross (Aluno)

Joinville, 2014

## Introdução

A Nanotecnologia é um dos temas científicos mais investigados atualmente, caracterizado por uma forte interdisciplinaridade entre áreas de ciências básicas e tecnológicas ou aplicadas. Existe muita expectativa nos estudos em temas relacionados à nanotecnologia, principalmente no desenvolvimento de novas estruturas que possam ultrapassar a tecnologia atual, ou criar uma forma alternativa de tecnologia. Um exemplo que norteia esta expectativa ocorreu na década de 1990, com o emprego de materiais magnéticos em multicamadas de espessura nanométrica, e a descoberta da propriedade da magnetorresistência gigante. Esta inovação foi a responsável direta do avanço vertical observado nas tecnologias da informação desde aquela década, proporcionando o armazenamento e a leitura de quantidades muito elevadas de informação.

Em termos de inovação tecnológica, um foco muito promissor da nanotecnologia é o de novos dispositivos, sensores e atuadores, com propriedades e aplicações alternativas. Estruturas denominadas de Sistemas Micro-Eleto-Mecânicos (*Micro-Electro-Mechanical Systems* - MEMs) representam a busca pela miniaturização dos sistemas mecânicos, estudando, em muitos casos, o emprego de estruturas nanométricas como parte constituinte na confecção sistemas miniaturizados. Nestes estudos, as propriedades destes sistemas mecânicos miniaturizados é totalmente dependente dos materiais empregados como sensores, atuadores ou na geração de energia para o sistema. Assim, materiais piezoelétricos, termoelétricos, magnéticos, semicondutores se destacam por suas potenciais aplicações no controle eletrônico da posição, velocidade, pressão, temperatura, e na geração de energia [1 - 7].

A preparação de nanoestruturas e materiais de dimensões reduzidas pode empregar técnicas das mais diversificadas. Dentre estas técnicas, a preparação de filmes finos por *Spin Coating* se diferencia pela simplicidade e baixos custos, não necessitando de ambiente com pressão e temperatura controlados, por exemplo, e pelos bons resultados na preparação de materiais avançados de elevado valor tecnológico como cerâmicas piezoelétricas [8, 11], magnéticas [9], polímeros [10], fotovoltaicos [13].

A preparação de filmes por *Spin Coating* envolve soluções, por exemplo na forma de Sol-Gel, contendo o material de interesse, espalhadas sobre um substrato plano submetido a altas rotações, superiores à 1000 rpm. Este espalhamento leva a formação de uma película sobre o substrato que, após secagem e sucessivas aplicações, forma um filme sólido na superfície do substrato, conhecido como filme fino. A velocidade de rotação e o número de aplicações controlam parâmetros como a espessura do filme fino.

## **Justificativa**

Este projeto visa estabelecer infraestrutura que alimente uma linha de pesquisa no estudo da preparação de materiais e estruturas nanométricas e no estudo de suas propriedades para aplicações em sistemas tecnológicos, como sensores, atuadores, geradores e MEMs. Neste sentido, o objetivo é fomentar atividades de pesquisa em Nanotecnologia e sua interação com áreas tecnológicas, através de estudos de novos materiais e estruturas com aplicações em sensores e dispositivos.

O coordenador do projeto possui toda sua experiência acadêmica envolvida na Física Experimental, trabalhando com a preparação de materiais na forma de filmes finos por eletrodeposição. Durante a carreira acadêmica, que envolveu iniciação científica, mestrado, doutorado e pós doutorado, estudou a preparação e a caracterização de materiais na forma de filme fino, com a intenção de envolver aplicações tecnológicas como sensores termoelétricos [14], sensores catalíticos [15], dispositivos semicondutores [16], sensores magnéticos [17, 18]. Desta forma, o trabalho de pesquisa proposto pretende contribuir com o ambiente de pesquisa do Centro, muito importante para a consolidação da proposta do campus de Joinville, que passa pelo estabelecimento de uma Pós Graduação. Neste sentido, a proposta pretende contribuir para o estabelecimento de uma linha de pesquisa relacionada ao tema de Materiais, ou Materiais Funcionais, no Centro de Engenharia da Mobilidade.

A aquisição de um arranjo para preparação de materiais na forma de filme fino é um passo inicial importante para a consolidação deste tema como linha de pesquisa. A capacidade de preparar amostras de materiais estruturados na forma de filme fino garante relativa independência científica, pois trabalha com as etapas fundamentais da pesquisa experimental. Atualmente a infraestrutura da UFSC proporciona importantes facilidades para a caracterização de materiais, como o multiusuário Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME), com equipamentos como Microscópio Eletrônico de Varredura, com e sem canhão de emissão de campo, Microscópio Eletrônico de Transmissão, ou o multiusuário Laboratório de Difração de Raios X, imprescindíveis na área de materiais, filmes finos e nanoestruturas, garantindo possibilidades para a caracterização das amostras preparadas. Além disso, a realização deste projeto vai reanimar a colaboração com outros grupos da UFSC, como o Laboratório de Filmes Finos e Superfícies do Departamento de Física, onde o professor coordenador deste projeto esteve

envolvido desde a iniciação científica até o estágio de pós doutorado, e conta com experiência comprovada internacionalmente no tema dos filmes finos preparados por eletrodeposição, e com equipamentos imprescindíveis para caracterizações de propriedades elétricas e magnéticas de filmes finos.

No caso específico deste projeto, a conclusão do arranjo experimental viabilizaria a aquisição de um equipamento utilizado em pesquisas científicas de elevada relevância utilizando recursos extremamente reduzidos. Um equipamento comercial com o mesmo procedimento está cotado em torno de R\$ 20 000,00 (vinte mil reais), sendo que o arranjo proposto não deve ultrapassar o valor de R\$ 500,00.

## **Objetivos**

O objetivo principal desta proposta é estudar, projetar e construir o arranjo experimental empregado na etapa de espalhamento, ou *Spin Coating*, para a preparação de materiais na forma de filme fino. Para esta construção, serão utilizados materiais de baixo custo, como motores de discos rígidos de computadores descartados.

## **Metodologia**

A construção do arranjo experimental envolve duas partes fundamentais: um mecanismo para rotacionar um substrato a velocidades superiores a 1000 rpm e um mecanismo para controlar o valor da velocidade desta rotação. O sistema proposto para rotacionar o substrato vai utilizar o mecanismo de rotação de um disco rígido de computador, que pode atingir 12000 rpm, que é uma velocidade adequada para a realização do espalhamento da solução Sol-Gel.

Primeiramente será realizado um estudo experimental e teórico sobre os motores elétricos sem escova empregados nos discos rígidos, com o intuito de compreender seu funcionamento e controlar externamente a velocidade de rotação. Estes sistemas são interessantes para a utilização como *Spin Coater* pela elevada estabilidade no movimento de rotação do eixo, que garante um recobrimento da solução de deposição em superfícies planas de elevada uniformidade. Esta etapa está bastante avançada com o trabalho já realizado até o momento, sendo atualmente possível controlar o funcionamento do motor utilizando um arduíno, um controlador eletrônico de velocidade e uma bateria.

Garantido o controle externo da velocidade do motor, será estudada e realizada a calibração da velocidade de rotação do sistema, de maneira a fazer o controle desta variável e preparar as películas com reprodutibilidade. Nesta etapa o objetivo é pré-determinar o valor desejado na velocidade de rotação, que é um parâmetro de controle imprescindível para o crescimento de filmes finos de qualidade.

Finalizado este estudo experimental, inicia-se a etapa de projeto e construção do equipamento, onde deverá ser estudada, projetada e confeccionada a estrutura para utilização do equipamento. Neste caso, deverão ser resolvidos problemas como a fixação dos substratos ao sistema de rotação, e todo o arranjo externo de suporte para sua utilização.

O sistema será testado com procedimentos padrão que empregam *Spin Coating*, como a preparação sobre vidro de recobrimentos de polímeros isolantes, que são normalmente utilizados pela indústria microeletrônica na confecção de circuitos sobre silício.

## Cronograma

	Abr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Ago 14	Set 14	Out 14	Nov 14	Dez 14	Jan 15	Fev 15	Mar 15
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Controle do mecanismo de rotação	X	X										
Calibração da velocidade de rotação	X	X	X	X								
Projeto e construção do equipamento				X	X	X	X	X	X	X	X	
Testes com polímeros isolantes								X	X	X	X	X

## Viabilidade

A execução do projeto conta com uma equipe composta por 2 professores, o coordenador com experiência em preparação e propriedades de filmes finos, e o colaborador com experiência em sistemas elétricos e mecânicos. A equipe também conta com um estudante do curso de Engenharia Mecatrônica, que atua de maneira muito efetiva mesmo sendo voluntário. Além disso, o trabalho vai contar com o apoio do Laboratório de Filmes Finos e Superfícies, do Departamento de Física da UFSC - Florianópolis, que possui experiência de quase 20 anos na área de filmes finos, eletrodeposição, nanotecnologia, contendo uma infraestrutura adequada para o desenvolvimento de diversos testes e atividades.

A aquisição de material estará limitada ao apoio particular dos membros da equipe, já que não conta com apoio financeiro.

## Resultados esperados

Com este projeto se pretende adquirir um equipamento para a preparação de materiais na forma de filme fino, para a realização de pesquisas avançadas na área de materiais funcionais e nanotecnologia. Ao final do projeto se espera obter todas as características deste equipamento, suas qualidades e limitações.

## Bibliografia

- 1 A.-F. Boukari, J.-C. Carmona, G. Moraru, F. Malburet, A. Chaaba, M. Douimi, *Mechatronics* **21** (2011) 339.
- 2 S. Zhang, Y. Fei, E. Frantz, D. W. Snyder, B. H. T. Chai, T. R. ShROUT, *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control* **55** (2008) 2703.
- 3 K. H. Koh, C. Lee, T. Kobayashi, *Journal of Microelectromechanical Systems* **19** (2010) 1370.
- 4 S. Zhang, X. Jiang, M. Lapsley, P. Moses, T. R. ShROUT, *Applied Physics Letters* **96** (2010) 013506.



- 5 W. Glatz, E. Schwyter, L. Durrer, C. Hierold, *Journal of Microelectromechanical Systems* **18** (2009) 763.
- 6 I.-Y. Huang, Jr.-C. Lin, K.-D. She, M.-C. Li, J.-H. Chen, J.-S. Kuo, *Sensors and Actuators A - Physical* **148** (2008) 176.
- 7 Y. Hu, Y. Zhang, C. Xu, L. Lin, R. L. Snyder, Z. L. Wang, *Nano Letters* **11** (2011) 2572
- 8 X. Fang, B. Shen, J. Zhai, *Journal of Sol-Gel Science and Technology* **58** (2011) 1.
- 9 A. E. Eken, M. Ozenbas, *Journal of Sol-Gel Science and Technology* **50** (2009) 321.
- 10 C. W. Pester, M. Ruppel, H. G. Schoberth, K. Schmidt, C. Liedel, P. van Rijn, K. A. Schindler, S. Hiltl, T. Czubak, J. Mays, V. S. Urban, A. Böker, *Advanced Materials* **23** (2011) 4047.
- 11 Y.-S. Ho, K.-Y. Lee, *Thin Solid Films* **519** (2010) 1431.
- 12 Z. L. Wang, *Advanced Functional Materials* **18** (2008) 3553
- 13 J. Elias, C. Lévy-Clément, M. Bechelany, J. Michler, G.-Y. Wang, Z. Wang, L. Philippe, *Advanced Materials* **22** (2010) 1607
- 14 R. G. Delatorre, M. L. Sartorelli, A. Q. Schervenski, S. Güths, A. A. Pasa, *Journal of Applied Physics* **93** (2003) 6154.
- 15 D. L. da Silva, R. G. Delatorre, G. Pattanaik, G. Zangari, W. Figueiredo, R.-P. Blum, H. Niehus, A. A. Pasa, *Journal of The Electrochemical Society* **155** (2008) E14
- 16 R. G. Delatorre, M. L. Munford, R. Zandonay, V. Zoldan, M. S. Meruvia, I. A. Hümmelgen, A. A. Pasa, *Applied Physics Letters* **88** (2006) 233504.
- 17 C. I. L. de Araujo, M. L. Munford, R. G. Delatorre, R. C. da Silva, V. C. Zoldan, A. A. Pasa, N. Garcia, *Applied Physics Letters* **92** (2008) 222101.
- 18 R. G. Delatorre, R. C. da Silva, J. S. Cruz, N. Garcia, A. A. Pasa, *Journal of Solid State Electrochemistry* **13** (2009) 843.