



# CBPF

Centro Brasileiro  
de Pesquisas Físicas

**science deep tech  
and innovation**

**4<sup>a</sup> O2I**

**OFICINA**

**DE INSTRUMENTAÇÃO E INOVAÇÃO**

**LIVRO DE RESUMOS  
2022**



**nit rio**

 **FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

 **CAPES**

# LIVRO DE RESUMOS | 2022

realização

---



apoio

---



## **Direção**

Márcio Portes de Albuquerque

## **Coordenação de Formação Científica**

Roberto Silva Sarthour Júnior

## **Comitê organizador**

João Paulo Sinnecker (*chairperson*)

Marcelo Portes de Albuquerque (*co-chairperson*)

Aguinaldo Helcio Guimarães Júnior

Alexandre Mello de Paula Silva

Gabriel Fidalgo Queiroz da Silva

Herman Pessoa Lima Júnior

Mariana Carnavale Bottino

Patricia Brito Coimbra

Rubem Luis Sommer

## **Secretaria e revisão textual**

Mônica Ramalho Silveira

## **Comunicação e divulgação**

Denise Coutinho de Alcântara Costa

Suellen Bianka Campos

## **Programação web e design**

Ana Paula Marques Farias

Gustavo Costa Cabral

Wilnette Rodrigues Ferreira Dias

## Introdução

A 4ª Oficina de Instrumentação e Inovação (O2I) do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), entre os dias 16 e 18 de novembro de 2022, tem como tema *Science Deep Tech and Innovation* e seu objetivo consiste em apresentar as pesquisas atuais e oportunidades para a nova grande onda de inovação impulsionada pela ciência.

O evento visa conectar as áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) do CBPF com o setor produtivo, proporcionando a formação de parcerias para inovar a partir da ciência. Para isso, pretende-se estimular a pesquisa aplicada e o desenvolvimento tecnológico em parceria, promover a relação entre centros de pesquisa e empresas, divulgar o potencial da instrumentação científica para geração de inovação, discutir desafios, analisar resultados e propor metas.

Para alcançar seus objetivos, o encontro tem como princípio proporcionar um ambiente para reunir profissionais e estudantes de Física, Química e Engenharias que atuam na ciência com empresários e funcionários de organizações da sociedade, empenhados na promoção da inovação com base científica no país.

A 4ª O2I é dividida em três partes, sendo a primeira composta por dois minicursos (opcionais) em temas relacionados à inovação. São eles: 1) **Inteligência Artificial e Data Science – Construindo Pontes entre a Ciência e a Indústria** e 2) **Inovação – Transformando P&D em Oportunidades de Negócios**.

A segunda parte é voltada para **P&D e a Inovação no CBPF**, onde são apresentadas as atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias realizadas no âmbito do CBPF, bem como as oportunidades de inovação e relacionamento com outros centros de pesquisa e empresas privadas.

A terceira parte traz informações sobre **Ambientes de Inovação e a Ciência**, mostrando o ambiente brasileiro de inovação e suas conexões com a pesquisa científica, tendo como base a ciência como indutora da inovação no país e o papel estratégico do Estado Brasileiro.

Dessa forma, a 4ª O2I tenciona estimular ações de incentivo à inovação tornando públicas as atividades de pesquisa desenvolvidas em todas as áreas de conhecimento do CBPF e seu potencial.

Comitê Organizador da 4ª O2I

## Sumário

A técnica de LIBS no aproveitamento sustentável de escórias de siderúrgicas do Rio de Janeiro para a produção e caracterização de novos materiais vítreos.....	5
Associação de antibióticos a Fosfatos de Cálcio para o tratamento de infecções.....	6
Cavity Quantum Electrodynamics, Simulation for circuit fabrication.....	7
Construção de sondas de RMN de baixo campo .....	8
Desenvolvimento de um sistema aquecedor de amostras compatível com ultra alto vácuo e altas pressões de gases.....	9
Estudo dos efeitos celulares, liberação e adsorção de doxiciclina por microesferas de hidroxiapatita carbonatada .....	10
Experimento CRE4AT .....	11
Fabricação de dispositivos supercondutores para a computação quântica.....	12
Fabricação de nanoestruturas com feixe de íons focalizados e dissolução química seletiva.....	13
Influence of annealing temperature on nanostructured calcium phosphate coating synthesized by pulsed laser deposition under 1 Torr.....	14
Investigating dynamic magnetic properties of Co <sub>2</sub> FeAl/IrMn bilayers for spintronics applications..	15
IoT Platform for Monitoring Labs and Experiments .....	16
Magnetoelastic resonators for biomedical application .....	17
Modelos magnetoidrodinâmicos aplicados na mitigação de incrustações na indústria .....	18
Produção de filmes de carbeto de tungstênio de estrutura cúbica ( $\beta$ -WC) para novas aplicações industriais .....	19
Projeto e fabricação de sonda de RMN com microrressonador planar e sistema microfluídico de amostragem para volumes nanométricos.....	20
Proteção de espelho contra o acúmulo de poeira estática em detector industrial de bolhas e nós na superfície de tubos de vidro FIOLEX <sup>®</sup> <i>clear</i> , utilizando vidro recoberto por filme fino de óxido de estanho dopado com flúor (FTO) e jato de ar ionizado .....	21
Remoção de múltiplas sísmicas por modelos de aprendizado de máquina .....	22
Sb <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> Thin-films for the next generation solar cells .....	23
Sistema de monitoramento ambiental para medição de salinidade da água do mar .....	24
Sistema de regeneração de gases de RPCs .....	25
Sistema supervisorio aplicado ao monitoramento de dados geofísicos.....	26
Transformando projetos de instrumentação em instrumentos científicos.....	27
Visão de máquina aplicada à identificação de nuvens embrionárias para estudo de física atmosférica e mudanças climáticas no Programa CRE4AT.....	28

## A técnica de LIBS no aproveitamento sustentável de escórias de siderúrgicas do Rio de Janeiro para a produção e caracterização de novos materiais vítreos

Eliel Eleuterio Farias<sup>(a,b)</sup>, Elvis Lopez Meza<sup>(a)</sup>, Alexandre Mello<sup>(a)</sup>,  
Munike Eva Paiva de Araujo<sup>(c)</sup>, Ladário da Silva<sup>(c)</sup>, Fabio de Oliveira Borges<sup>(d)</sup>

(a) Laboratório de Laser, Fotônica e Plasma Aplicado / COMAN, CBPF, RJ, Brasil

(b) Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica / Departamento de Física, UFRR, Roraima, Brasil

(c) Laboratório de Óptica / Departamento de Física, ICEx-UFF, RJ, Brasil

(d) Laboratório de Plasma / Instituto de Física, UFF, RJ, Brasil

\*[eliel@cbpf.br](mailto:eliel@cbpf.br), [eliel.eleuterio@ufr.br](mailto:eliel.eleuterio@ufr.br)

Acreditamos que dentro das grandes demandas da sociedade atual está o desenvolvimento de materiais sustentáveis visando à preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. A pesquisa de material sustentável pode ser entendida como uma pesquisa que incorpora melhorias no material visando: diminuir impactos ambientais; evitar desperdícios; preocupação com o meio ambiente e agregar valores de sustentabilidade.

O material foco deste projeto é o vidro, amplamente usado em nossa sociedade. Com o avanço do conhecimento encontramos vidro na reparação óssea, sendo empregado como biovidro [1], também na imobilização de resíduos radioativos [2]. Todas estas aplicações são possíveis devido às diferentes composições que podem ser ajustadas dependendo da funcionalidade desejada. Tais ajustes são fruto de pesquisas científicas, que proporcionam o conhecimento das propriedades físicas e químicas deste versátil material. Devido a sua importância tecnológica, científica e econômica, a Organização das Nações Unidas (ONU) elegeu 2022 o ano internacional do vidro - IYOG22.

Justificamos a execução deste Projeto devido à grande demanda para destinação de resíduos proveniente de diferentes produções industriais, tais como: siderurgia (produção do aço); construção naval (descomissionamento de navios e plataformas) e extração de minérios. As ordens de grandeza dos rejeitos são de milhões de toneladas, além de possuírem grande potencial financeiro [3,4]. Há direcionamento específico para este tema e seus impactos jurídicos estão previstos na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que define um gerenciamento de resíduos sólidos descartados, provenientes das atividades humanas.

O projeto em andamento no CPBF visa dar continuidade ao estudo de vidros produzidos agregando escórias de siderurgia [5,6]. Propomos sintetizar e analisar vidros com adição de escórias. As caracterizações destes vidros serão através de técnicas ópticas de interesse em diversas áreas do conhecimento, entre elas a técnica *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Também objetivamos realizar ensaios de toxicidade e resistência ao ataque químico almejando aplicações futuras. Este projeto tem apoio da FAPERJ.

[1] Sanz, Carolina Kaminski et al. Niobo-phosphate bioactive glass films produced by pulsed laser deposition on titanium surfaces for improved cell adhesion. *Ceramics International*, v. 45, n. 14, p. 18052-18058, 2019.

[2] Rambo, C. R. et al. Manufacturing of porous niobium phosphate glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v. 352, n. 32-35, p. 3739-3743, 2006.

[3] Resíduos Sólidos: Disponível em: <<http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/Residuos.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

[4] Relatório do Grupo de Trabalho Interdisciplinar para o Projeto: “Reciclagem Naval”: Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/a-rq/di/relatorio-final-do-gti-reciclagem-naval.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

[5] Araújo, Munike Eva Paiva de. Síntese e Caracterização de Vidros Fosfatos Alcalinos de Nióbio com Adição de Escórias, Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Fluminense, junho de 2019.

[6] Araújo, Munike Eva Paiva de. Uso de escórias na produção de vidros Fosfatos Alcalinos de Nióbio e caracterizações. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física da UFF, junho de 2022.

## Associação de antibióticos a Fosfatos de Cálcio para o tratamento de infecções

Andréa Machado Costa<sup>(a)</sup>, Luís Felipe Morgado Alves<sup>(b)</sup>, Victor Hugo Souza Lima<sup>(c)</sup>, Carlos Alberto Soriano de Souza<sup>(a)</sup>, Elena Mavropoulos<sup>(b)</sup>, Alexandre Malta Rossi<sup>(a,b)</sup>

(a) Laboratório de Biocerâmicas/COMAN, CBPF, RJ, Brasil

(b) Laboratório de Cultura de Células/COMAN, CBPF, RJ, Brasil

(c) Unidade de Pesquisas Clínicas do Hospital Universitário Antônio Pedro HUAP/UFF, RJ, Brasil

\*[andreamc@cbpf.br](mailto:andreamc@cbpf.br)

As infecções dos tecidos calcificados abrangem doenças que acometem os ossos e articulações como a osteomielite, a infecção articular periprotética e a artrite séptica, assim como doenças que acometem a região da cavidade oral, como a cárie dental, a periodontite e a peri-implantite. São geralmente causadas pela ação de bactérias, e seu tratamento envolve, em sua maioria, a administração de antibióticos e intervenção cirúrgica. Vale ressaltar que a solução definitiva depende de um diagnóstico rápido e preciso, para evitar que a infecção se torne crônica, o que levaria a um aumento de morbidade no tecido atingido, aumento no tempo de internação, acometimento do paciente e aumento no número de cirurgias de revisão.

Sistemas de liberação controlada de drogas têm sido propostos para tratar diversas infecções, e possuem como vantagens: i) o aumento da atividade farmacológica e/ou meia-vida do fármaco; ii) a redução de picos de concentração no paciente; iii) a redução de efeitos colaterais, e quando *in situ*; iv) o direcionamento da ação do fármaco ao alvo ou região acometida. Fosfatos de cálcio, em especial nanopartículas de hidroxiapatita (nHA), têm sido estudadas como sistema de liberação devido a sua alta biocompatibilidade, bioestabilidade e afinidade com proteínas, genes, fármacos e radioisótopos. A distribuição de fármacos no tecido ósseo é reduzida uma vez que a circulação sanguínea nesses locais é limitada. A administração de antibióticos por meio de liberação controlada *in situ* neste caso é mais efetiva, sendo o polímero polimetil metacrilato (PMMA) como carreador, que não sendo biocompatível, exige um segundo procedimento cirúrgico para a sua remoção, após a liberação do antibiótico.

O Grupo de Biomateriais do CBPF tem investigado a associação de nanopartículas de hidroxiapatita (nHA) com diversos fármacos para o tratamento de doenças dos tecidos calcificados. Neste caso, microesferas de alginato contendo HA e antibióticos como clorexidina, doxiciclina, minociclina e, mais recentemente, vancomicina, foram produzidas visando aplicações no tratamento de infecções e reparo ósseo. Neste trabalho são apresentados os resultados de estudos de sistemas de liberação sustentada de fármacos usando microesferas de alginato, com dimensões de 425-600 µm de diâmetro, contendo hidroxiapatita nanocristalina (nHA) e antibióticos. As amostras foram caracterizadas por difração de raios-X (DRX) e espectroscopia no infravermelho (FTIR). A capacidade de adsorção dos antibióticos pela nHA e o processo de liberação foram investigados por análises de espectrometria no UV-Vis. Ensaios *in vitro* utilizando células osteoblásticas avaliaram a citotoxicidade dos materiais, e a atividade antimicrobiana foi avaliada por ensaios de concentração inibitória mínima (CIM) utilizando cepas de microrganismos. Ensaios *in vivo* avaliaram efeitos no reparo ósseo dos materiais produzidos.

[1] Sigmund, I. K.; McNally, M. A. Diagnosis of bone and joint infections, *Orthopaedics and Trauma*, v. 33, i. 3, p. 144-152, jun. 2019.

[2] Irani, S. Orofacial bacterial infectious diseases: An update. *J Int Soc Prevent Communit Dent*, v. 7, p. S61-S67, 2017.

[3] Mondal, S.; Dorozhkin, S. V.; Pal, U. Recent progress on fabrication and drug delivery applications of nanostructured hydroxyapatite. *Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol*, v. 10, i. 4, p. e1504, jul. 2018.

## Cavity Quantum Electrodynamics, Simulation for circuit fabrication

Arthur Rebello<sup>(a,b)</sup>, Naiara Yohanna Klein<sup>(a,b)</sup>, Francisco Rouxinol<sup>(c)</sup>,  
Ivan Oliveira<sup>(a)</sup>, João Paulo Sinnecker<sup>(a)</sup>

(a) Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, RJ, Brasil

(b) FACC - Petrobras, Brasil

(c) Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, SP, Brasil

\*[arthurrebello@gmail.com](mailto:arthurrebello@gmail.com), [ivan@cbpf.br](mailto:ivan@cbpf.br), [sinnecker@cbpf.br](mailto:sinnecker@cbpf.br)

Simulations enable fabrication to cost less, progress faster, and gain complexity. Using a combination of both open source and proprietary software such as ANSYS, COMSOL, and Python libraries such as Qiskit Metal, it is possible to explore and design prototypes for cQED experiments. The Qiskit Metal Python library is especially useful as it takes advantage of the known methods 1,2,3,4 of extracting quantum properties of the circuit through classical simulations in a seamless manner.

Furthermore the simulations are directly connected to fabrication methodology. After a circuit is simulated it can be exported for lithography. This enables reproducibility and greater control of model parameters. Another key aspect of simulations is the freedom to test new ideas free from the burden of associated costs and risks.

Superconducting qubits are controlled by microwave waveguides, which can be simulated using finite element solvers. To create circuits with determined specifications, simulations enable fast check and adjust alternative to manual calculation. Furthermore the complexities of a geometry are inherently taken into account as opposed to when approximations are made, to simplify calculations. This work shows how wave guides and superconducting qubits can be simulated, and information from the geometry of the circuit can be used to describe the coupling between the qubit and cavity by defining the Jaymes Cummings Hamiltonian. These classical simulations become exceptionally useful when quantization is applied to them, making it possible to simulate qubit properties such as frequency, anharmonicity and lifetime.

- [1] Mineev, Z. K.; Leghtas, Z.; Mudhada, S. O.; Reinhold, P.; Diringer, A.; Devoret, M. H. py EPR: The energy participation ratio (EPR) open-source framework for quantum device design (2018).
- [2] Mineev, Z. K.; Leghtas, Z.; Mundhada, S. O.; Christakis, L.; Pop, I. M.; Devoret, M. H. (2020). Energy participation quantization of Josephson circuits. ArXiv. Retrieved from: <http://arxiv.org/abs/2010.00620> (2020).
- [3] Mineev, Z. K.; McConkey, T. G.; Takita, M. Corcoles, A. D.; Gambetta, J. M. Circuit quantum electrodynamics (cQED) with modular quasi-lumped models. Retrieved from: <https://arXiv:2103.10344v1> (2021).
- [4] Nigg, S. E.; Paik, H.; Vlastakis, B.; Kirchmair, G.; Shankar, S.; Frunzio, L.; Girvin, S. M. BlackBox Superconducting Circuit Quantization. Physical Review Letters, v. 108, i. 24, p. 240502, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.240502>>.



## Construção de sondas de RMN de baixo campo

**Davi Henrique<sup>(a)</sup>, Josie Pereira<sup>(a)</sup>, Roberto Sarthour<sup>(a)</sup>,  
Ivan Oliveira<sup>(a)</sup>, Alexandre M. Souza<sup>(a)</sup>**

*(a) Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, RJ, Brasil*

*\*[davihf@cbpf.br](mailto:davihf@cbpf.br)*

A ressonância magnética nuclear (RMN) é uma das técnicas mais poderosas de análise, sendo utilizada em laboratórios de física, química, biologia e medicina. Podemos identificar duas principais modalidades de experimentos de RMN: A RMN de alto campo e a RMN de baixo campo. A primeira se utiliza de altos campos magnéticos gerados por bobinas supercondutoras e a segunda modalidade usa campos magnéticos mais baixos gerados por ímãs permanentes.

Os aparelhos de RMN de alto campo são de grande porte e alto custo. Estes aparelhos são geralmente utilizados em experimentos de imageamento por RMN e na obtenção de espectros de RMN de alta resolução (espectroscopia de RMN). Por outro lado, a RMN de baixo campo utiliza equipamentos mais compactos e de baixo custo. Geralmente nesta modalidade são feitos experimentos de relaxometria, no qual a informação dos tempos de relaxação dos *spins* nucleares revela importantes informações sobre a amostra estudada.

Também é possível fazer espectroscopia com RMN de baixo campo, porém com resolução muito menor. Neste projeto buscamos desenvolver instrumentação para RMN de baixo campo, mais especificamente procuramos desenvolver sondas de RMN.

O RMN de bancada não necessita de criogenia e por isso pode ser miniaturizado. A técnica possui grande versatilidade e pode ser empregada em análise de sistemas biológicos, ciências dos materiais, forense, monitoramento de processos e controle de qualidade.

Os nossos objetivos são: Realizar instrumentação para monitorar e controlar a temperatura do magneto permanente de 0.5 Tesla. Construir sondas de ressonância magnética nuclear para este magneto e uma vez que o aparato experimental estiver pronto, pretendemos desenvolver aplicações.

Neste trabalho estamos propondo a construção de sondas de RMN para baixo campo e o posterior desenvolvimento de aplicações. Ao final do trabalho, esperamos contribuir para o laboratório de RMN construindo um aparato experimental que complemente os equipamentos comerciais já existentes.

[1] Grootveld, M.; Percival, B.; Gibson, M.; Osman, Y.; Edgar, M.; Molinari, M.; Mather, M.; Casanova, F.; Wilson, P. Progress in low-field benchtop NMR spectroscopy in chemical and biochemical analysis. *Analytica Chimica Acta*, v. 1067, p. 11-30, 2019.

[2] Wang X-Y.; Xie J.; Chen X-J. Applications of Non-invasive and Novel Methods of Low-Field Nuclear Magnetic Resonance and Magnetic Resonance Imaging in Aquatic Products. *Front. Nutr.*, v. 8, p. 651804. doi: 10.3389/fnut.2021.651804, 2021.

[3] Uhlig, Guilherme. Construção de uma sonda Microslot para Experimentos com Ressonância Magnética Nuclear. Dissertação (Mestrado em Física), Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2017.

## Desenvolvimento de um sistema aquecedor de amostras compatível com ultra alto vácuo e altas pressões de gases

Guilherme de Lima Felix<sup>(a)</sup>, Emilia Annese<sup>(a)</sup>, Fernando Stavale<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório de Interfaces/COMAN, CBPF, RJ, Brasil

\*[guidlfelix@cbpf.br](mailto:guidlfelix@cbpf.br)

Desde a descoberta da técnica de fotoemissão de elétrons por excitação de raio X, feita por Sighbahn, a caracterização química por meio desta técnica era rigorosamente em ultra alto vácuo. Os avanços tecnológicos desde os últimos 20 anos permitiram a medição de fotoelétrons em alta pressão de gases como oxigênio, monóxido de carbono, e de acompanhar reações químicas heterogêneas sobre suporte sólido. Normalmente as reações químicas precisam de uma energia de ativação para acontecer; do ponto de vista técnico isso significa o desenvolvimento de dispositivos que podem aquecer a amostra em ultra alto vácuo e em presença de alta pressão de gases. O trabalho de mestrado foi focado no desenvolvimento de aquecedores cerâmicos, utilizando um filamento de NiCr recoberto com cerâmica, que permite a troca de energia térmica entre o aquecedor e a amostra. O desafio deste trabalho foi a escolha dos materiais (fio e cobertura da cerâmica), método de preparo e limite superior da temperatura a ser alcançada pelo dispositivo. O sucesso da abordagem é confirmado pela primeira reação química que foi possível acompanhar no sistema capaz de chegar em pressões próximas da pressão ambiente, NAP-XPS (*Near Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy*) do laboratório de interfaces localizado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

[1] Yates Jr., John T. Experimental innovations in surface science. New York: Springer, 1998.

[2] Lüth, Hans. Solid surfaces, interfaces and thin films. Vol. 4. Berlin: Springer, 2001.

[3] Alloys, High-Strength Aluminum Powder Metallurgy. Properties and selection: nonferrous alloys and special purpose materials, 1990.

## Estudo dos efeitos celulares, liberação e adsorção de doxiciclina por microesferas de hidroxiapatita carbonatada

Victor Hugo de Souza Lima<sup>(a,b)</sup>, Alexandre Malta Rossi<sup>(b)</sup>, Gutemberg Gomes Alves<sup>(a)</sup>

(a) Unidade de Pesquisas Clínicas, UFF, RJ, Brasil  
(b) Laboratório de Cultura de Células, CBPF, RJ, Brasil

[\\*vh\\_souzalima@hotmail.com](mailto:*vh_souzalima@hotmail.com)

A hidroxiapatita carbonatada (CHA) é um substituto ósseo de fosfato de cálcio, muito utilizada na bioengenharia por apresentar excelentes resultados clínicos na promoção da formação óssea. Suas vantagens em relação à hidroxiapatita convencional se dão devido às suas grandes propriedades bioabsorvíveis, sua maior semelhança ao osso endógeno e, diante disso, é capaz de promover uma melhor osteointegração e osteocondução [1]. O CHA pode ser associado a diversos fármacos para auxiliar na regeneração, em particular, os antibióticos vêm recebendo destaques, por auxiliar na profilaxia de infecções bacterianas. A doxiciclina (DOXY), em particular, pode se mostrar um bom candidato para sua associação, pois além dos efeitos bactericidas, DOXY mostrou efeitos secundários de melhora na formação óssea [2]. O objetivo do presente estudo foi produzir microesferas de Alginato-CHA, carregadas com diferentes concentrações de DOXY, e realizar análises físico-químicas, medidas de liberação cinética e estudos de efeitos *in vitro* em bactérias e células humanas. A caracterização foi realizada por meio de análise de difração de raios X (DRX), espectroscopia no infravermelho (FTIR), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e medição de área superficial (BET). Foi realizada uma isoterma de adsorção e cinética de dessorção, e células humanas Saos-2 foram expostas ao meio de liberação de DOXY por 24 horas para avaliar seus efeitos na viabilidade celular e capacidade de mineralização e seu sobrenadante foi recolhido para quantificação de fatores pró e anti-inflamatórios. A eficiência de liberação na inibição de bactérias foi medida através de testes de concentração inibitória mínima (CIM). Os resultados mostraram que os CHA carregados com 4,25mg/g e 1,7mg/g são capazes de liberar em longo prazo cerca de 70% e 60% da capacidade total em 10 dias, e apresentam maior potencial de inibição da proliferação bacteriana sem causar maiores danos citotóxicos ou afetando a capacidade mineralizante dos osteoblastos.

[1] R. Resende et al., *Material*, v. 12, p. 22, 2019.

[2] M. S. Walter et al., *Dental Materials*, v. 30, p. 463, 2014.

## Experimento CRE4AT

Diogo Ayres Rocha<sup>(a)</sup>, André Massafferri Rodrigues<sup>(a)</sup>, Ulisses de Freitas Carneiro da Graça<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório Multiusuário de Altas Energias/COHEP, CBPF, RJ, Brasil

\*[dayres@cbpf.br](mailto:dayres@cbpf.br)

Estudos indicam possíveis correlações na formação de nuvens com os raios cósmicos incidentes [1,2,3]. O Experimento *Cosmic Ray Experiment for Atmosphere* (CRE4AT) é motivado por esses indicativos e visa estudar essa correlação através da análise de fluxo de raios cósmicos galácticos com a formação de nuvens embrionárias, instalando detectores de partículas carregadas em vários sítios e analisando dados de satélites e câmeras terrestres captando imagens do céu.

O primeiro projeto do experimento foi instalado no módulo de pesquisas Criosfera I (Antártica), visando estudar essa correlação em um ambiente onde o campo magnético possui um efeito diferenciado, assim como menor radiação proveniente de minerais e menor dimensão da camada atmosférica. Este projeto tomou dados durante três anos e a análise desses dados está sendo realizada. O projeto é composto de cintiladores plásticos e uma fotomultiplicadora multianódica (MAPMT). No final deste ano, este projeto será atualizado com uma nova eletrônica de aquisição (DAQ), juntamente com a inclusão de uma série de sensores que irão monitorar condições atmosféricas locais.

No início deste ano, outro projeto foi instalado no refúgio Ipanema, próximo à Estação Antártica Comandante Ferraz, também utilizando fotomultiplicadoras (PMT) e cintiladores plásticos. No início do ano que vem será instalado um sistema de monitoramento terrestre de formação de nuvens. A análise das imagens, que é realizada por outro integrante do grupo, utiliza *deep learning* e complementa as análises dos dados dos satélites locais.

Para o próximo ano, uma nova atualização já está sendo planejada e em progresso adiantado, com a utilização de fotomultiplicadoras de silício (SiPMs) e uma eletrônica dedicada de *Front-End* (FEE) e DAQ, que tem previsão de ser instalada também na Amazônia e em Minas Gerais, além de no próprio CBPF.

[1] F. Arnold. Ion nucleation - a potential source for stratospheric aerosols, *Nature*, n. 299, p. 134, 1982.

[2] J.-K. Z. a. F. Y. R. P. Turco. A new source of tropospheric aerosols: ion-ion, *Geophys. Res. Lett.*, n. 25, p. 635, 1998.

[3] F. Y. a. R. Turco. Ultrane aerosol formation via ion-mediated nucleation, *Geophys. Res. Lett.*, n. 27, p. 883, 2000.

## Fabricação de dispositivos supercondutores para a computação quântica

Naiara Yohanna Klein<sup>(a,b,c)</sup>, Arthur Rebello<sup>(a,b,c)</sup>, Lucas Ruela<sup>(d)</sup>,  
Francisco Rouxinol<sup>(d)</sup>, João Paulo Sinnecker<sup>(c)</sup>, Ivan Oliveira<sup>(a)</sup>

*(a) Laboratório de RMN, COMAN, CBPF, RJ, Brasil*

*(b) Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica - FACC, Petrobras, RJ, Brasil*

*(c) Laboratório de Nanofabricação - LabNano COMAN, CBPF, RJ, Brasil*

*(d) Laboratório de Física de Dispositivos Quânticos/Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, SP, Brasil*

\*[naiaraklein@gmail.com](mailto:naiaraklein@gmail.com)

A unidade fundamental do computador quântico é baseada nos chamados bits quânticos, ou Qubits [1]. Os Qubits consistem de sistemas quânticos de dois níveis acoplados, sendo que a computação quântica realizada pode ser entendida como a evolução temporal destes mesmos Qubits de modo controlado pela programação/estruturação desenhada para o computador. De modo semelhante aos computadores clássicos, e muito importante para possibilitar uma fabricação de nível industrial e em larga escala, mostra-se muito interessante o desenvolvimento de chips quânticos como ingredientes base do computador quântico.

Entre as diversas realizações físicas dos sistemas de computação quântica, as chamadas Junções Josephson vêm apresentando uma excelente predisposição como sistema físico para a implementação prática de chips quânticos [2]. Estas possuem interessantes atributos no que tange seu acoplamento a circuitos eletrônicos, são de controle consideravelmente mais refinado do que outros sistemas físicos, além de possuírem uma impressionante capacidade de escalonamento para um grande número de Qubits e aplicações a nível industrial.

Uma das maiores dificuldades da computação quântica é a manutenção da superposição quântica dos Qubits, conceito chave e fundamental da mecânica quântica. No caso das Junções Josephson conseguimos evitar fortemente os efeitos de perda trabalhando com sistemas supercondutores abaixo da temperatura crítica, quando o ruído térmico não irá afetar excessivamente a coerência quântica [3].

Apresentaremos a fabricação de um chip quântico baseado em um sistema de Junções Josephson acopladas a uma cavidade ressonante supercondutora. Os Qubits produzidos pelas Junções Josephson são medidos e manipulados a partir de radiofrequência. A fabricação de dispositivos supercondutores para a computação quântica visa o desenvolvimento tanto de estudos em ciência básica quanto suas inúmeras aplicações tecnológicas, utilizando para isso, a micro e nanofabricação como sua ferramenta base.

[1] Steane, A. Quantum computing. Reports on Progress in Physics, v. 61, n. 2, p. 117, 1998.

[2] Makhlin, Y.; Schön, G.; Shnirman, A. Quantum-state engineering with Josephson-junction devices. Reviews of Modern Physics. v. 73, n. 2, p. 357, 2001.

[3] CHATTERJEE, A. et al. Semiconductor qubits in practice. Nature Reviews Physics, v. 3, n. 3, p. 157, 2021.

## Fabricação de nanoestruturas com feixe de íons focalizados e dissolução química seletiva

Grégory Serrano Rodrigues<sup>(a)</sup>, André Linhares Rossi<sup>(a)</sup>

(a) LABNANO, CBPF, RJ, Brasil

\*[gregory92@hotmail.com](mailto:gregory92@hotmail.com)

O microscópio de feixe duplo FIB/MEV (Feixe de Íons Focalizado e Microscópio Eletrônico de Varredura) consiste em um microscópio eletrônico contendo um canhão de íons e um canhão de elétrons. A coluna de íons normalmente possui duas lentes eletrostáticas, uma lente condensadora e uma lente objetiva. Aberturas de vários diâmetros são utilizadas na lente condensadora ajudando na definição do tamanho da sonda e fornecem uma gama de correntes de íons que podem ser usadas para diferentes aplicações. O feixe de íons tem uma seção de choque com a matéria muito maior que o feixe de elétrons, podendo ser utilizado para escavar amostras realizando *sputtering* com resolução nanométrica. Recentemente uma nova forma de litografia foi desenvolvida no FIB.

Quando uma baixa dose de íons interage com um substrato cristalino de silício (Si), a superfície do substrato se amorfiza. Se o substrato for colocado em solução de KOH (hidróxido de potássio) o silício cristalino é dissolvido enquanto a região amorfa é preservada. O silício (Si) é um material de baixo custo, muito utilizado na indústria de semicondutores devido às suas propriedades ópticas, mecânicas e elétricas.

O objetivo deste projeto foi otimizar o processo de litografia utilizando banho de KOH como mencionado acima e verificar a resolução litográfica utilizando apenas o feixe de íons (litografia direta) e utilizando banho com KOH (litografia indireta). Placas de silício com orientação cristalina – (100) foram utilizadas para fabricação de padrões nanoestruturados. O 1º experimento teve como objetivo verificar a resolução espacial do feixe de íons utilizando diferentes condições do FIB: abertura, corrente e voltagem da condensadora. Foram feitos pequenos buracos para identificar o alinhamento das aberturas e a resolução dos padrões litográficos. No 2º experimento, uma solução de KOH a 2 mol/L foi preparada em água deionizada e, após a exposição do feixe de íons Ga<sup>+</sup>, o substrato de silício passou por um banho de 3h. Os resultados revelaram que a abertura da condensadora não possui influências sobre o tamanho do feixe de íons, mas sim em relação à intensidade da corrente, aumentando a intensidade conforme o aumento do diâmetro da abertura.

Concluimos também que o tamanho do feixe, por influência da voltagem da condensadora, aumenta à medida que se aumenta a voltagem da condensadora. Em relação à utilização da escavação química com solução de KOH, os resultados preliminares mostram que a técnica pode gerar padrões de baixa resolução na ordem de  $\sim 1 \mu\text{m}$ .

[1] Giannuzzi, Lucille A. et al. (Eds.). Introduction to focused ion beams: instrumentation, theory, techniques and practice. Springer Science & Business Media, 2004.

[2] Garg, Vivek; Mote, Rakesh G.; Fu, Jing. Facile fabrication of functional 3D micro-nano architectures with focused ion beam implantation and selective chemical etching. Applied Surface Science, v. 526, p. 146644, 2020.

## Influence of annealing temperature on nanostructured calcium phosphate coating synthesized by pulsed laser deposition under 1 Torr

Noemi Raquel Checca Huaman<sup>(a)</sup>, Fabrício Frizera Borghi<sup>(b)</sup>, Alexandre Malta Rossi<sup>(a)</sup>, Alexandre Mello<sup>(a)</sup>, André Rossi<sup>(a)</sup>

*(a) COMAN, CBPF, RJ, Brasil*

*(b) Instituto de Física, UFRJ, RJ, Brasil*

*\*[nomifsc@gmail.com](mailto:nomifsc@gmail.com)*

Hydroxyapatite (HA) has been widely applied as a coating material on metallic supports because it can induce bone regeneration and enhance biochemical interactions with biological systems, which promotes the regeneration of the bone. Nanostructured HA coatings can modify surface properties, even more, when they can generate a controlled porosity because this type of coating increases bioactivity, cytocompatibility, osteoconductivity, and osteogenesis. In this context, the pulsed laser ablation technique was used for the synthesis of HA coatings. Depositions were performed using a crystalline HA target at a background pressure of 1 Torr, laser wavelength of 532 nm, and pulse laser energy of 300 mJ. The coatings were deposited on Si substrate at room temperature (HA-1) and heated at 600 (HA2), 1000 (HA-3), and 1200°C (HA-4). All coatings were studied using XRD, SEM, and EDS techniques. The as-deposited coatings were partially amorphous and had rough surfaces with a lot of droplets. Annealing was necessary to change the amorphous coating to a crystalline coating showing an interconnected network of HA nanoparticles. SEM indicated that the coating bottom is formed by nanoparticles and ultra-nanoparticles spherical. These two types of nanoparticles were studied by TEM in situ to elucidate the mechanism of porosity formation in annealed coatings. Lastly, for the crystallinity study, lamellas were prepared using FIB for analysis by TEM techniques. The EDS of the cross-section shows the diffusion of the substrate atoms as an effect of temperature, creating a calcium ions deficient layer while maintaining the hexagonal structure of HA.

[1] R. Resende et al, Material v. 12, p. 22, 2019.

[2] M.S. Walter et al, Dental Materials, v. 30, p. 463, 2014.

## Investigating dynamic magnetic properties of Co<sub>2</sub>FeAl/IrMn bilayers for spintronics applications

Syed Adnan Raza<sup>(a)</sup>, D. E. González-Chávez<sup>(a)</sup>, M. A. Correa<sup>(b)</sup>, F. Bohn<sup>(b)</sup>, R. L. Sommer<sup>(a)</sup>

(a) CBPF, RJ, Brasil

(b) Departamento de Física, UFRN, RN, Brasil

\*[adnanphy@cbpf.br](mailto:adnanphy@cbpf.br)

The exchange coupling between antiferromagnetic (AF) and ferromagnetic (FM) layers, coming from the interfacial AF/FM interaction, has received increasing attention due to its key role in magnetic tunnel junctions and spin valves among others [1,2,3]. In the following study, we perform a systematic study of the static and dynamic magnetic properties of exchange-biased Co<sub>2</sub>FeAl/IrMn films. Specifically We analyse the evolution of the coercive field, exchange bias field, rotatable anisotropy and magnetic damping, using broadband ferromagnetic resonance, as a function of IrMn antiferromagnet film thickness. Our results shows an increase of exchange bias and rotatable anisotropy with the thickness of the IrMn layer. These anisotropies reach nearly constant values for thickness above 20 nm of IrMn, and surprisingly the rotatable anisotropy does not decrease as observed in other systems. Interestingly, the observed magnetic damping parameters  $\alpha$  for the CoFeAl/IrMn systems, has no clear correlation with the thickness of the IrMn layer or the rotatable anisotropy. The present study brings interesting new results on the behavior of the rotatable anisotropy and magnetic damping of Co<sub>2</sub>FeAl/IrMn systems, and open new challenges for theoretical explanation of the observed effects.

- [1] Kools, J. C. S. Exchange-biased spin-valves for magnetic storage. IEEE transactions on magnetics, v. 32, n. 4, p. 3165-3184, 1996.
- [2] Sukegawa, Hiroaki et al. Spin-transfer switching in full-Heusler Co<sub>2</sub>FeAl-based magnetic tunnel junctions. Applied Physics Letters, v. 100, n. 18, p. 182403, 2012.
- [3] Raza, S. A. et al. Dynamic magnetic response of exchange-biased Co<sub>2</sub>FeAl/IrMn nanostructures. Materials Letters, v. 291, p. 129518, 2021.



## IoT Platform for Monitoring Labs and Experiments

Alan Franco Rosa<sup>(a)</sup>, Nilton Alves Júnior<sup>(a)</sup>

*(a) Laboratório de Instrumentação, Informação e IoT (Lab3I), CBPF, RJ, Brasil*

*\*[alanfr@cbpf.br](mailto:alanfr@cbpf.br)*

Internet of Things (IoT) has grown thanks to advances in wireless communication technologies, allowing for secure and high-speed connections. As a result, automating processes and connecting devices have become possible almost anywhere.

This project develops an IoT platform to operate in the monitoring of environments, laboratories, and experiments. The project was developed following the Cloud of Things (CoT) paradigm involving the cloud, edge processing, and device layers. In the cloud layer, it has been implemented a virtualization environment with high availability, processing, and storage capacity. The edge processing layer used the Raspberry Pi as an IoT gateway to integrate the connections through the network and cloud. Still in the edge layer, an environment using Grafana is used to visualize the data collected from sensors. Finally, in the device layer, a module based on ESP32 was used, in which it connects the sensors, collects the data and send them to the Raspberry Pi.

In the interest of preventing cyber and physical attacks, embedded encryption in the communication layer is used alongside firmware cryptography in order to mitigate physical attacks that aim to insert an altered firmware into ESP32.

Performance tests were also carried out, using the JMeter tool to determine the system's behavior concerning the number of simultaneous requests. In these tests, it was possible to verify that the API is capable of responding to 90 requests per second before beginning to reject connections.

Finally, the project was implemented following the IEEE 2413-2019 standard within the container laboratory of the Neutrinos-Angra project, located in the Angra II Nuclear Power Plant complex.

[1] Rayes, A., Salam, S. Internet of things-from hype to reality: the road to digitization. 2 ed., Springer, 2019.

[2] Franco. R, A. E. A. Comunicações seguras entre dispositivos IoT utilizando o ESP32, Notas Técnicas - CBPF, v. 12, n. 2, p. 25-30, 2022.

## Magnetoelastic resonators for biomedical application

R. Dutra<sup>(a)</sup>, D. R. Louzada<sup>(a)</sup>, B. G. Silva<sup>(a)</sup>, D. E. G. Chavez<sup>(a)</sup>, M. Roesch-Ely<sup>(b)</sup>, R. L. Sommer<sup>(a)</sup>

*(a) Laboratório de Magnetismo Aplicado/LabNano, CBPF, RJ, Brasil*

*(b) Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil*

*\*[rdutra@cbpf.br](mailto:rdutra@cbpf.br)*

Magnetoelastic resonators (MER) are capable of measuring and detecting a variety of physical, chemical, and biological targets. Some of the most important applications in which magnetoelastic sensors have been used in the biological field[1]. A special focus of interest to the research community is the detection of pathogens. For this purpose, the surface of MER is typically coated with biorecognition elements, allowing the resonator to capture with the target microorganism. Once captured, the mass gain induces a decrease in resonance frequency that allows quantification of the analyte[2]. Several parameters of MER have been optimized over the years to improve their performance, such as their composition, shape geometry and surface functionalization[3].

In this work, MER were fabricated with different compositions and sizes. The resonant behavior and mass sensitivity of the samples were investigated in view of their possible application as biological transducers.

Two different fabrication methods were used, depending on the size of the resonators. For millimeter rectangular MER based on Metglas 2826MB tapes a shear method was used, while micrometer resonators based on Fe80B20 film were fabricated by sputter deposition and lithographic process. Protective layers of chromium and metallic gold were deposited on the resonator surfaces to improve adhesion and biocompatibility.

The MER were characterized with the aid of a Keysight E4990A Impedance Analyzer connected to a coil which serves as both exciting and sensing device. From the coil impedance we obtained the magnetoelastic resonance spectrum as a function of the external DC magnetic field. From the resonance spectrum the signal amplitude and linewidth as function of DC field and resonant mode is analyzed in order to obtain the best configuration for sensing applications. The results are compared to theoretical models and simulations carried out using the COMSOL Multiphysics software program.

[1] G. Saiz, Paula et al. Magnetoelastic Resonance Sensors: Principles, Applications, and Perspectives. ACS sensors, 2022.

[2] Menti, C., et al. Antibody-based magneto-elastic biosensors: potential devices for detection of pathogens and associated toxins. Applied microbiology and biotechnology, v. 100, i. 14, p. 6149-6163, 2016.

[3] Saiz, Paula G., et al. Enhanced mass sensitivity in novel magnetoelastic resonators geometries for advanced detection systems. Sensors and Actuators B: Chemical, v. 296, p. 126612, 2019.

## Modelos magnetoidrodinâmicos aplicados na mitigação de incrustações na indústria

**Bruno G. Silva**<sup>(a)</sup>, Elvis O. Lopez<sup>(a)</sup>, Paula R. N. A. Martins<sup>(a)</sup>, Eduardo F. Mesquita de Sá<sup>(a)</sup>, Ricardo S. Mendes<sup>(a)</sup>, João Paulo Sinnecker<sup>(a)</sup>, Alexandre Mello<sup>(a)</sup>, Rubem L. Sommer<sup>(a)</sup>

*(a) CBPF, RJ, Brasil*

*\*[bgsilva@cbpf.br](mailto:bgsilva@cbpf.br)*

A formação de incrustações em tubulações de sistemas de tratamento de água ou em poços de extração de hidrocarbonetos afeta de maneira crítica a capacidade de produção desses sistemas [1]. As paradas necessárias para limpeza envolvem altos custos de execução e de perda de produção. Uma alternativa utilizada para prevenção ou desaceleração de incrustações envolve a introdução de inibidores químicos, que são caros e poluentes. Uma alternativa ambientalmente limpa e menos custosa envolve a introdução de arranjos magnéticos em determinados pontos da tubulação [2]. Este projeto visa pesquisar e identificar os mecanismos físicos e químicos da atuação de arranjos magnéticos aplicados a fluidos aquosos iônicos de composição similar aos presentes em águas de formação em poços de óleo e gás. A partir do estudo de propostas de modelos físicos, simulações computacionais e experimentos em escala de laboratório, procura-se identificar mecanismos de mitigação dos processos de incrustação por agentes inorgânicos em tubulações onde os fluidos encontram-se em um estado dinâmico. No presente trabalho, são mostradas e discutidas as equações fundamentais e a metodologia teórica proposta, assim como os resultados experimentais relativos aos ensaios de incrustação realizados na bancada de experimentos.

[1] Coey, J. M. D.; Cass, Stephen. Magnetic water treatment. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v. 209, n. 1-3, p. 71-74, 2000.

[2] Madsen, H. E. L., Influence of magnetic field on the precipitation of some inorganic salts, Journal of Crystal Growth, v. 152, p. 94-100, 1995.

## Produção de filmes de carbeto de tungstênio de estrutura cúbica ( $\beta$ -WC) para novas aplicações industriais

Elvis O. López<sup>(a)</sup>, Noemi R. Checca<sup>(a)</sup>, Pablo L. Bernardo<sup>(b)</sup>, Ofelia M. A. Pinedo<sup>(c)</sup>, Angélica M.B. Moncada<sup>(c)</sup>, Alexandre Mello<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório de Superfícies e Nanoestruturas, COMAN, CBPF, RJ, Brasil

(b) Laboratório de Ciências Físicas, UENF, RJ, Brasil

(c) Laboratório de Nanofabricação - LabNano/Departamento COMAN, CBPF, RJ, Brasil

(d) Laboratorio de Investigación de Electroquímica Aplicada, Universidad Nacional de Ingeniería, Rimac, Lima, Perú

\*[elvis@cbpf.br](mailto:elvis@cbpf.br), [lopmezel@gmail.com](mailto:lopmezel@gmail.com)

Carbeto de Tungstênio ( $WC_x$ ) apresenta propriedades como: alta resistência à oxidação, estabilidade térmica a altas temperaturas, boa condutividade elétrica, alta dureza e resistência ao desgaste, catalisadores para produção de  $H^+$ , entre outros [1,2]. Desta forma, estes materiais podem apresentar grandes aplicações biomédicas na engenharia mecânica, na ótica e até no setor de energias renováveis. Materiais de  $WC_x$  apresentam 3 principais estruturas cristalinas: hexagonal ( $\alpha$ -WC) que é mais fácil de sintetizar devido a sua baixa energia de ativação; triclinica ( $W_2C$ ) e cúbica ( $\beta$ -WC), que é a mais rara de sintetizar devido ao seu alto ponto de fusão  $> 2800^\circ C$ . Esta última fase cristalina ( $\beta$ -WC) foi pouco explorada devido à dificuldade de produzi-la por diversas técnicas físicas e químicas [3,4], dessa forma suas propriedades mecânicas, físicas e químicas ainda não são bem conhecidas, muito menos na forma de filmes finos.

Por outro lado, a técnica de *right angle magnetron sputtering* (RAMS) assistida por radiofrequências, tem mostrado em diversas oportunidades seu potencial para produzir recobrimentos de estruturas cristalinas complexas como a Hidroxiapatita [ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ], sem necessidade de processos térmicos *in-situ* e/ou *ex-situ* [5,6]. A eficiência deste sistema com respeito a outros sistemas de *sputtering* comerciais se deve a seus efeitos de ressonâncias de ondas eletromagnéticas (EM) ao longo do plasma [7]. As ressonâncias de ondas EM no plasma elevam a temperatura dos átomos pulverizados dos targets, produzindo aumentos na energia de ativação, facilitando assim a formação de materiais com estruturas cristalinas complexas. Desta forma, a produção da fase cristalina  $\beta$ -WC neste trabalho sustenta nosso modelo de deposição proposta [7]. Os filmes de  $WC_x$  apresentam 68% da fase  $\beta$ -WC e 32% da fase  $W_2C$ , como mostrado pelo refinamento Rietveld nos dados de difração de raios-X (XRD), e sustentado pelas medidas de microscopia eletrônica de transmissão por alta resolução (HRTEM). Com isto, este trabalho abrirá novas oportunidades de pesquisa, direcionadas às diversas aplicações em energias renováveis e outras.

[1] Phiri, R. R.; Oladijo, O. P.; Akinlabi, E. T. *Procedia Manuf.*, v. 35, p. 522-528, 2019.

[2] Hara, Y.; Minami, N.; Itagaki, H. *Appl. Catal. A: Gen.*, v. 323, p. 86-93, 2007.

[3] Kurlov, A. S.; Gusery, A. I. *Russ. Chem. Rev.*, v. 75, p. 617-636, 2006.

[4] Tanaka, S.; Bataev, I.; Oda, H.; Hokamoto, K. *Adv. Powder Technol.*, v. 29, p. 2447-2455, 2018.

[5] López, E. O.; Mello, A.; Sendão, L. T.; Costa, L. T.; Rossi, A. L.; Ospina, R. O.; Borghi, F.; Filho, J. G. S.; Rossi, A. M. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, v. 5, p. 9435-9445, 2013.

[6] López, E. O.; Rossi, A. L.; Bernardo, P. L.; Freitas, R. O.; Mello, A.; Rossi, A. M. *Ceram. Int.*, v. 45, p. 792-804, 2019.

[7] López, E. O.; Borges, F. O.; Rossi, A. M.; Galvão, R. M. O.; Mello, A. Mello. *Vaccum*, v. 146, p. 233-245, 2017.

## Projeto e fabricação de sonda de RMN com microrressonador planar e sistema microfluídico de amostragem para volumes nanométricos

Josie P. Silva<sup>(a)</sup>, Eldues O. Martins<sup>(b)</sup>, Roberto S. Sarthour<sup>(a)</sup>, Ivan S. Oliveira<sup>(a)</sup>,  
Alexandre M. Souza<sup>(a)</sup>

*(a) Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear, CBPF, RJ, Brasil*

*(b) Centro de Pesquisas Leopoldo Miguez de Mello, Petróleo Brasileiro S.A., RJ, Brasil*

\*[josie@cbpf.br](mailto:josie@cbpf.br), [josierps@gmail.com](mailto:josierps@gmail.com)

A técnica de espectrometria via RMN já é consagrada pela sua versatilidade, aplicada em diversas linhas de pesquisa relacionadas às investigações físicas, químicas e biológicas. Esta técnica baseia-se na transmissão de radiações eletromagnéticas, absorção e reflexão desta energia. A variável a ser medida é a frequência. A amostra a ser analisada é submetida a uma radiação eletromagnética com uma frequência específica que, ao ser absorvida, leva a amostra a um estado de energia maior do que o seu estado fundamental, ou seja a amostra passa a um estado excitado, todavia a tendência natural da amostra é que ela retorne a sua frequência natural retornando assim ao estado de energia anterior liberando a energia absorvida, permitindo assim que o seu comportamento possa ser analisado e caracterizado [1, 2, 3, 4, 5].

Em um espectrômetro de RMN a excitação e detecção do sinal são feitas através de uma sonda, que de maneira simplificada consiste de um circuito ressonante e seu invólucro. Em linhas gerais a sonda é a estrutura mecânica necessária para fixar, dar suporte à amostra em uma posição específica do magneto, uma bobina que irá interagir com a amostra, um capacitor variável e uma linha de transmissão de radiofrequência [8]. Usualmente as sondas de RMN não possuem sensibilidade para detectar sinais de amostras com massa e volume pequenos, como por exemplo, moléculas isoladas, nanopartículas e algumas amostras biológicas. Uma maneira de aumentar a sensibilidade da técnica de RMN consiste na utilização de ressonadores planares, com dimensões reduzidas, de maneira que o fator de preenchimento seja o melhor possível. Sistemas com alta sensibilidade podem ser importantes ferramentas em física fundamental e também na indústria [6, 7].

No presente trabalho temos como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma sonda para investigação de micro e nano amostras por espectrometria de ressonância magnética nuclear (RMN). A mesma foi projetada para operar em alto campo com magneto de 11.7 T, sintonizada em 500 Mhz com processamento de sinal realizado pelo console da Bruker, integrada com um sistema de microfluídica que possibilita medidas online com volumes inferiores a 50 nanolitros e fluxo laminar.

- [1] Zalesskiy, Sergey et al. Miniaturization of NMR Systems: Desktop Spectrometers, Microcoil Spectroscopy, and “NMR on a Chip” for Chemistry, Biochemistry, and Industry Chem. Rev., v. 114, n. 11, p. 5641-5694, 2014.
- [2] Fratila, Raluca M.; Velders, Aldrik H. Small-Volume Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy Annu. Rev. Anal. Chem., v. 49, n. 4, 2011.
- [3] Lacey, Michael E. et al. High-Resolution NMR Spectroscopy of Sample Volumes from 1 nL to 10  $\mu$ L. Chem. Rev., v. 99, p. 3133, 1999.
- [4] Lee, Hakho; Sun, Eric; Ham, Donhee; Weissleder, Ralph. Chip-NMR biosensor for detection and molecular analysis of cells. Nature Medicine, v. 14, p. 869, 2008.
- [5] Sun, Nan et al. Palm NMR and 1-Chip NMR. IEEE Journal of Solid State Circuits, v. 46, n. 1, 2011.
- [6] Maguire, Y. G. Microslot-scalable electromagnetic instrumentation, Tese de Doutorado, MIT-USA (2007)
- [7] Maguire, Y.; Chuang, I. L., Zhang, S.; Gershenfeld, N. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 104, p. 9198-9203, 2007.
- [8] Doty, F. David. Probe design and construction. (2007).

## Proteção de espelho contra o acúmulo de poeira estática em detector industrial de bolhas e nós na superfície de tubos de vidro FIOLEX<sup>®</sup> *clear*, utilizando vidro recoberto por filme fino de óxido de estanho dopado com flúor (FTO) e jato de ar ionizado

Lihoy Aguiar Bellissimo<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório de Superfícies e Nanoestruturas (LabSurf), COMAN, CBPF, RJ, Brasil

\*[lihoy.bellissimo@schott.com](mailto:lihoy.bellissimo@schott.com)

Este trabalho de pesquisa tem o objetivo de abordar a proteção de espelhos contra o acúmulo de poeira estática presente no ambiente de produção de indústria vidreira, mais especificamente a produção de tubos de vidro FIOLEX<sup>®</sup> *clear* tipo I [1,2]. A produção de tubos de vidro FIOLEX<sup>®</sup> *clear* tipo I é essencial para a indústria farmacêutica, pois está diretamente ligada ao envase, armazenamento e aplicação de medicamentos e substâncias controladas nas áreas de pesquisa e medicina. Através de uma cadeia de indústrias de transformação, os tubos são moldados e se tornam ampolas, seringas, carpules, entre outros com finalidades similares [3].

A produção de tubos de vidro em ambiente industrial conta com diversos equipamentos para garantir a qualidade de produção e as especificações do produto para o restante da cadeia industrial de transformação. Dentre os equipamentos medidores e detectores na linha de produção, a fim de garantir uma análise minuciosa e uma abordagem de zero defeitos [4] nos tubos de vidro que serão produzidos, estão os detectores de bolhas e nós. Bolhas de ar são detectadas ao longo do tubo de vidro e são geradas principalmente por problemas na mistura do vidro FIOLEX<sup>®</sup> *clear* ainda altamente viscoso, elas são indesejadas, pois fragilizam as paredes do tubo de vidro e podem causar problemas no produto final. Nós, nesse contexto, são pedras formadas por composição de vidro que não foram corretamente fundidas nos fornos de fusão [1].

Estes equipamentos detectores de bolhas e nós possuem espelhos que refletem a superfície do tubo de vidro para sensores que posteriormente serão transformados em imagens e sinais a serem analisados por um *software* especialmente desenvolvido para essa finalidade.

O método de proteção dos espelhos aborda uma combinação de vidro recoberto por filme fino de FTO [4] que possui condutibilidade elétrica [5] e jato de ar ionizado, mudando a energia de superfície para mitigar o acúmulo de poeira estática e a ação mecânica do sopro de ar para afastá-las da área de interesse. O acúmulo de poeira estática afeta diretamente a detecção, pois eleva a perda de produção por bolhas e nós falsos, ou seja, gerados por interferência da poeira estática acumulada na superfície dos espelhos dos detectores.

[1] FIOLEX Academy. Apostila, Módulo I: Tubing Glass Basics. SCHOTT AG, 2017. Pág. 56.

[2] Tubos farmacêuticos de vidro tipo I. Disponível em:

<<https://www.schott.com/pt-br/products/pharmaceutical-tubing-p1000372>>. Acesso em: out. 2022.

[3] Tubos farmacêuticos de vidro tipo I (Aplicações). Disponível em:

<<https://www.schott.com/pt-br/products/pharmaceutical-tubing-p1000372/applications>>. Acesso em: out. 2022.

[4] Vídeo: A Zero Defect Approach – The perfeXion<sup>®</sup> Quality Process (Portuguese Version). Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=OTQTyb3EMzw>>. Acesso em: out. 2022.

[3] Bilgin, Vildan et al. Electrical, structural and surface properties of fluorine doped tin oxide films. Applied Surface Science, v. 256, n. 22, p. 6586-6591, 2010.

[4] FTO Glass Substrates. Sheet resistances measured using the Ossila Four-Point Probe System. Disponível em: <<https://www.ossila.com/products/fto-glass-unpatterned>>. Acesso em: jul. 2022.

## Remoção de múltiplas sísmicas por modelos de aprendizado de máquina

Thiago Pacheco Carneiro<sup>(a)</sup>, Marcelo Portes de Albuquerque<sup>(a)</sup>, Elisangela Lopes de Faria<sup>(a)</sup>

(a) Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico, CBPF, RJ, Brasil

\*[thiago.carneiro@petrobras.br](mailto:thiago.carneiro@petrobras.br)

Muitos dos recursos naturais que consumimos encontram-se no subsolo: metais, carvão, petróleo, gás etc. Assim, é inegável a importância de termos informações adequadas sobre a composição e a estrutura da subsuperfície do subsolo. Como seria inviável visitarmos diretamente cada trecho do subsolo, utilizamos técnicas geofísicas para sondar essas regiões à distância. Uma das principais técnicas que empregamos é a chamada “aquisição sísmica”, uma espécie de ultrassonografia do subsolo: emitimos ondas mecânicas e captamos a resposta do ambiente a elas.

Imagens sísmicas são utilizadas para conhecer a subsuperfície. Durante a aquisição de uma imagem sísmica, obtemos o retorno de ondas diretas e de ondas múltiplas. Apenas as ondas diretas nos interessam: as ondas múltiplas são consideradas um ruído que precisamos eliminar para podermos analisar a imagem sísmica.

Reflexões múltiplas são um ruído de tratamento complexo e caro no imageamento sísmico, ferramenta fundamental para diversas atividades econômicas, como a indústria de óleo e gás. É investigada a criação de modelos de aprendizado de máquina baseados na arquitetura RESUNET++ para remoção de múltiplas internas e de superfície de imagens sísmicas. Para tal é elaborado um simulador capaz de gerar imagens sísmicas sem múltiplas, bem como um conjunto de treinamento de 100.000 cenários geológicos. A RESUNET++ treinada usando as imagens sísmicas com e sem múltiplas é avaliada em um conjunto de teste e, para avaliação da capacidade de generalização do modelo, em cenários geológicos selecionados. Observa-se boa capacidade de remoção de múltiplas e de generalização da rede.

[1] Chollet, F. Deep Learning with Python. 2<sup>nd</sup> ed. [S.l.]: Manning, 2021. ISBN 9781617296864.

[2] Jha, D. et al. Resunet++: An advanced architecture for medical image segmentation. 11 2019. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1911.07067>>.

[3] Kearey, P.; Brooks, M.; Hill, I. An Introduction to Geophysical Exploration. 3<sup>rd</sup> ed. [S.l.]: Wiley-Blackwell, 2013.

## Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> Thin-films for the next generation solar cells

Santunu Ghosh<sup>(a)</sup>, Elvis O. López<sup>(a)</sup>, Ricardo Santos<sup>(a)</sup>, Syed A. Raza<sup>(a)</sup>, Alexandre Mello<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório de Superfícies e Nanoestruturas (LabSurf), COMAN, CBPF, RJ, Brasil

\*[santunug@gmail.com](mailto:santunug@gmail.com)

In recent years, antimony selenide (Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>) has emerged as a promising candidate for thin-film solar cells due its attractive optoelectronic properties with desirable band-gap (1-1.2 eV) [2]. Moreover, low cost of naturally abundant Sb and Se, high optical absorption coefficient of above 10<sup>5</sup> cm<sup>-1</sup> in the visible region, stable chemical properties and long carrier lifetime makes Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> a sophisticated absorber material for high power conversion efficiency photovoltaic device application [1]. In this work, four Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> thinfilms were grown at different substrate temperatures (room temperature, 150°C, 250°C and 350°C) with the help of magnetron sputtering. The X-ray diffraction peaks ensure that the films-are polycrystalline in nature. The topographic measurement using AFM demonstrates that there is an increase of average grain size as the substrate temperature increases. The XPS measurement provides an estimation of elemental quantification of Sb and Se and it shows that there is a loss of Se during the deposition. The Raman spectroscopy measurements confirms the presence of Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> phase, Se-Se and Sb-Sb bonds.

[1] Wang et al. Nat. Energy, v. 2, p. 17046, 2017.

[2] Ghosh et al. Sol. Energy, v. 211, p. 613-621, 2020.



## Sistema de monitoramento ambiental para medição de salinidade da água do mar

Alan Júlio de Almeida<sup>(a)</sup>, Geraldo Roberto Carvalho Cernicchiaro<sup>(a)</sup>

(a) Laboratório de Instrumentação e Medidas, CBPF, RJ, Brasil

\*[alanjalmeida@gmail.com](mailto:alanjalmeida@gmail.com), [geraldo@cbpf.br](mailto:geraldo@cbpf.br)

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de monitoramento ambiental com aplicações no âmbito da colaboração com o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, IEAPM, para realizações de medidas de salinidade da água do mar *in situ*. Foi desenvolvido para ser utilizado como perfilador em queda livre, porém também pode ser utilizado como perfilador estático ou mesmo em uma posição fixa. O sistema eletrônico embarcado apoia-se no emprego de microcontroladores e eletrônica analógica para condicionamento de sinais e possui recursos de relógio de tempo real, comunicação serial e gravação de dados, além de sensores de pressão, temperatura e condutividade. Foram alcançadas inovações na medição de condutividade pelo método de corrente contínua em célula de quatro eletrodos, e na medição de maré ou profundidade pelos dados de pressão. Os ensaios em laboratório permitiram a aferição dos sensores de temperatura e pressão, bem como o refinamento da técnica de medida adotada no sensor de condutividade desenvolvido. Os testes em campo serão acompanhados por medições paralelas realizadas com CTD e análise de amostras com AutoSAL, para demonstrarem a aplicabilidade do instrumento.

- [1] UNESCO (Org.). Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Paris: Unesco, 1981. 145 p. (UNESCO tec).
- [2] Braunstein, J.; Robbing, G. D. Electrolytic conductance measurements and capacitive balance. *Journal of Chemical Education*, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 52, jan. 1971. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ed048p52>.
- [3] Johnson, Donald Edwin.; Enke, C. G. Bipolar pulse technique for fast conductance measurements. *Analytical Chemistry*, [S. L.], v. 42, n. 3, p. 329-335, 1 mar. 1970. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ac60285a015>.
- [4] Silva, Marco Vinicius Ribeiro Lopes da. Desenvolvimento de um Sistema Costeiro Baseado em Sensores Industriais para Monitoramento em Tempo Real do Ambiente Marinho. 2019. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Física, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2019.
- [5] Colton, R. et al. The measurement of the conductance of electrolyte solutions. A DC method. *Journal of Chemical Education*, [S.L.], v. 53, n. 2, p. 130-132, fev. 1976. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ed053p130>.
- [6] Stewart, Robert H.. *Introduction to Physical Oceanography*. College Station: Texas A&M University, 2009. 358 p. Disponível em: <<https://sites.google.com/tamu.edu/oceanworld/resources>>. Acesso em: 29 out. 2020.
- [7] Lopes, Marco V. R.; Candella, Rogério N.; Cernicchiaro, Geraldo. Calibração de Sensores de Temperatura de Circuito Integrado para Fundeios em Águas Rasas. *Notas Técnicas*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 3-4, dez. 2019. Anual.
- [8] Barmak, Rafael; Cernicchiaro, Geraldo. Caracterização de um Transdutor de Pressão para Instrumentos Submarinos. *Notas Técnicas*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 1-8, fev. 2017. Disponível em: <<http://revistas.cbpf.br/index.php/nt/article/view/231/162>>. Acesso em: 13 out. 2022.

## Sistema de regeneração de gases de RPCs

Eder O. de Souza<sup>(a)</sup>, Luis Miguel Mendes<sup>(a,b)</sup>, Ulisses B. de Almeida<sup>(a)</sup>

(a) *Laboratório de Desenvolvimento de Detectores Neusa Amato, COHEP, CBPF, RJ, Brasil*

(b) *Laboratório de Eletrônica de Raios Cósmicos, LIP, Portugal*

\*[eder@cbpf.br](mailto:eder@cbpf.br)

Freons são largamente utilizados para refrigeração em geral e também em experimentos físicos. Embora não atuem para redução da camada de ozônio, os gases utilizados atualmente contribuem significativamente para o efeito estufa. A fim de reduzir o impacto ambiental e também dos custos dos experimentos, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema de regeneração e reutilização desses gases. Este trabalho apresenta um projeto em desenvolvimento no laboratório de construção de RPCs Neusa Amato do CBPF, que pretende automatizar o processo de reciclagem do gás usado nestes detectores.

- [1] Hawken, P. Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming. New York, New York, USA: Penguin Books, 2017.
- [2] Saviano, G. et al. Properties of potential eco-friendly gas replacements for particle detectors in high-energy physics. JINST 13 P03012, 2018.
- [3] Cern, A. S. Greening gaseous detectors. 2021. Disponível em: <<https://cerncourier.com/a/greening-gaseous-detectors/>>. Acesso em: 14 out. 2022.
- [4] Sarmiento, R. et al. Muon Array with RPCs for Tagging Air showers (MARTA). PoS, ICRC2015, p. 629, 2016.
- [5] Inácio, S. A.; Marinho, P. R. B.; JR., H. L. Estudo e desenvolvimento de um detector a gás utilizando dispositivos thick-gem. Notas Técnicas - Publicações do CBPF, 2019.
- [6] Recigases. 2022. Disponível em: <<https://www.recigases.com/recigases>>. Acesso em: 14 out. 2022.

## Sistema supervisorio aplicado ao monitoramento de dados geofísicos

**Ítalo Maurício<sup>(a)</sup>**, Geraldo Cernicchiaro<sup>(a)</sup>

*(a) Laboratório de Instrumentação e Medidas, CBPF, RJ, Brasil*

*\*[italomauricio@on.br](mailto:italomauricio@on.br)*

Os deslizamentos das barragens de rejeito têm motivado a supervisão e o monitoramento da dinâmica destas instalações. O monitoramento em tempo real dos equipamentos e dos dados geofísicos é imprescindível para garantir a segurança e a precisão no diagnóstico das estruturas das barragens de rejeito. O sistema supervisorio projetado, desenvolvido com softwares em Python e o hardware Raspberry Pi, possibilita uma aquisição de dados rápida e confiável dos equipamentos instalados em campo.

O registro das medidas, comandos de calibração e configuração dos equipamentos são enviados e armazenados em um banco de dados NoSQL, REDIS, em tempo real. O envio de requisições de medidas, consulta de resultados e informações dos equipamentos são acessadas através de uma interface gráfica desenvolvida em PysimpleGUI. Adicionalmente, o resultado das medidas e o status das requisições poderão ser acompanhadas através de App Mobile desenvolvido com as bibliotecas Flask e Kivy. Com essas aplicações, é possível acessar os equipamentos remotamente e otimizar as rotinas de medidas e coleta de dados.

Os resultados obtidos comprovaram o funcionamento da arquitetura de comunicação proposta. Os dados adquiridos pelo equipamento geofísico estão sendo registrados no banco de dados REDIS, em tempo real, e no diretório da Raspberry.

[1] Improving the Scalability and Replicability of Embedded Systems Remote Laboratories Through a Cost-Effective Architecture, Bilboa, Espanha, IEEE ACCESS, 2019.

## Transformando projetos de instrumentação em instrumentos científicos

**Diego Gonzalez Chavez<sup>(a)</sup>**

(a) CBPF, RJ, Brasil

\*[diegogch@cbpf.br](mailto:diegogch@cbpf.br)

Os comandos SCPI *Standard Commands for Programmable Instruments* são o padrão de comunicação mais utilizado para o controle de instrumentos científicos de teste e medição. Os comandos SCPI são baseados em texto ASCII; portanto, são fáceis de aprender e autoexplicativos, o que simplifica o desenvolvimento de programas de controle dos instrumentos. Neste trabalho é apresentada a biblioteca Vreker SCPI parser [1], desenvolvida no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, que permite a implementação do protocolo de comunicação SCPI em sistemas embarcados. A implementação desta biblioteca faz um uso mínimo de memória RAM, permitindo seu uso por microcontroladores com poucos recursos como os usados por sistemas Arduino, mas também pode ser utilizada por controladores mais avançados como o ESP32, entre outros. Em conclusão, a biblioteca permite facilmente implementar o protocolo SCPI em projetos de instrumentação eletrônica controlados por sistemas Arduino ou similares. Isto permite a integração destes projetos ao ecossistema de instrumentos científicos comerciais e seu uso mediante ferramentas padrão para programação e comunicação com os instrumentos. Serão também apresentados exemplos reais do uso da biblioteca para o desenvolvimento de instrumentos de laboratório.

[1] Disponível em: <[https://github.com/Vreker/Vreker\\_scpi\\_parser](https://github.com/Vreker/Vreker_scpi_parser)>.

## Visão de máquina aplicada à identificação de nuvens embrionárias para estudo de física atmosférica e mudanças climáticas no Programa CRE4AT

Rony Vernet<sup>(a)</sup>, André Massafferri<sup>(a)</sup>

(a) Coordenação de Física de Altas Energias, CBPF, RJ, Brasil

\*[vernet@cbpf.br](mailto:vernet@cbpf.br)

Em média, as nuvens reduzem a temperatura terrestre, pois os efeitos de resfriamento causados pela reflexão de radiação solar de volta ao espaço superam os efeitos de aquecimento causados pela reflexão de radiação de volta à superfície. Os raios cósmicos galácticos (RCG) ionizam a atmosfera e alguns estudos apontam que esses íons contribuem para o complexo processo de nucleação presente na formação de nuvens. A correlação entre RCG e nuvens é candidata a contribuir de forma secundária para mudanças climáticas, pois a maior incidência de RCG ocorre nos períodos de menor atividade solar, quando é observada redução da temperatura média terrestre. Uma forma de tentar estabelecer uma correlação entre a incidência de raios cósmicos galácticos e a formação de nuvens é a simulação de um microclima em ambiente controlado, conforme está sendo realizado no experimento CLOUD do CERN, o qual possui grande importância na compreensão dos processos dinâmicos que ocorrem em nossa atmosfera. Entretanto, devido à alta complexidade e de mecanismos de retroalimentação que dificultam a emulação de uma atmosfera real, ainda não é possível estabelecer uma ligação RCG-nuvens. O Programa CRE4AT (Cosmic Ray Experiment for Atmosphere) da COHEP-CBPF busca identificar essa correlação realizando o monitoramento atmosférico e identificação da formação de nuvens embrionárias em conjunto com a detecção de variações abruptas na incidência de raios cósmicos. Esse monitoramento atmosférico é realizado através de dados provenientes de satélites e estações terrestres localizadas em regiões de incidência ótima de raios cósmicos, como a Antártida. O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver uma solução baseada em visão de máquina através de sensores do tipo CCD a ser instalada em estações terrestres para a identificação da formação de nuvens embrionárias. Estudos anteriores mostraram que é possível identificar pixels de nuvem em uma imagem analisando o canal de saturação, após conversão do modelo de cores RGB para HSI. Este estudo desenvolveu um software utilizando a biblioteca de visão computacional OpenCV em Python para realizar a identificação de nuvens em imagens. Foi implementado um ponto de melhoria em relação a estudos anteriores ao realizar a correção dos valores de limiares de saturação para classificação de nuvens de forma adaptativa de acordo com os valores de intensidade da imagem. Os próximos passos são desenvolver um classificador de nuvens embrionárias e realizar a coleta e análise de imagens na Antártida (EACF-Ipanema e Criosfera I).

[1] Guedes, L. C. R. Desenvolvimento de Experimento Antártico para Monitoramento de Raios Cósmicos. 2017. 325 p. Dissertação (Mestrado em Física) – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2017.

[2] Echer, M. P. S. Desenvolvimento de um sistema de mapeamento automático da fração de cobertura de nuvens. 2004. 147 p. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

**science deep tech  
and innovation**

**4<sup>a</sup> O2I | OFICINA  
DE INSTRUMENTAÇÃO E INOVAÇÃO**