

26 A 30 DE OUTUBRO DE 2020

XVI Semana da Física  
**SeFis** **IVEN:NF**  
Encontro de Ensino de Física  
UFSCar - Campus São Carlos

**UFSCar - Campus São Carlos**

**APRESENTAM:**

**Desenvolvimento Científico e  
Tecnológico: a Física e seus  
impactos na sociedade**

**&**

**O ensino de Física na Atualidade**

**Caderno de  
Programação**

**REALIZAÇÃO:**

XVI Semana da Física  
**SeFis**



**APOIO:**



**IVEN:NF**  
Encontro de Ensino de Física  
UFSCar - Campus São Carlos



**PATROCINADORES:**

**EdUFSCar** **THORLABS**  
Entrega em 2 semanas no Brasil

**Quantum Design** **Blucher**  
LATIN AMERICA

**CENGAGE**

**ufscar** **ccet** **Departamento de Física**

O template aberto de  $\text{\LaTeX}$  , `AMCOS_booklet`, usado para gerar esse modelo se encontra disponível em: [https://github.com/maximelucas/AMCOS\\_booklet](https://github.com/maximelucas/AMCOS_booklet)

# Sumário

<b>Sobre</b>	<b>5</b>
Histórico do evento . . . . .	5
XVI Edição . . . . .	6
Comissão Organizadora . . . . .	7
<b>Grade horária</b>	<b>9</b>
Segunda, 26 de Outubro . . . . .	9
Terça, 27 de Outubro . . . . .	10
Quarta, 28 de Outubro . . . . .	11
Quinta, 29 de Outubro . . . . .	12
Sexta, 30 de Outubro . . . . .	13
<b>Lista de Resumos – Atividades</b>	<b>15</b>
Segunda, 26 de Outubro . . . . .	15
Terça, 27 de Outubro . . . . .	18
Quarta, 28 de Outubro . . . . .	22
Quinta, 29 de Outubro . . . . .	24
Sexta, 30 de Outubro . . . . .	26
<b>Cronograma Detalhado – Workshop</b>	<b>27</b>
Quinta, 29 de Outubro . . . . .	27
Ensino de Física e Divulgação Científica . . . . .	27
Física da Matéria Condensada . . . . .	28
Sexta, 30 de Outubro . . . . .	29
Física Básica e Física Estatística . . . . .	29
Pôsteres . . . . .	30
Física da Matéria Condensada . . . . .	30
Física Básica e Física Estatística . . . . .	30
<b>Apresentações Orais</b>	<b>31</b>
Ensino de Física e Divulgação Científica . . . . .	31
Física da Matéria Condensada . . . . .	36
Física Básica e Física Estatística . . . . .	47
<b>Lista de Pôsteres</b>	<b>57</b>
Física da Matéria Condensada . . . . .	57
Física Básica e Física Estatística . . . . .	59
<b>Lista de Convidados</b>	<b>63</b>
<b>Patrocinadores</b>	<b>65</b>



## Histórico do evento

A SeFís surge em 2005 dentro do Diretório Acadêmico da Física (DAF) com o objetivo de prover a discussão de atualidade da área da Física, Engenharia e Ensino de Física, bem como criar e ampliar os instrumentos de acesso ao conhecimento científico e cultura geral dos novos educadores, cientistas e engenheiros, como também a disseminação científica ao público geral. Com o sucesso das primeiras edições, a semana tornou-se tradição e passou a ser organizada por um grupo independente de graduandos, pós-graduandos e discentes. Desde então foram quinze edições anuais ininterruptas até o presente ano, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Na 16ª edição da Semana da Física da UFSCar, refletimos sobre o papel da Física no desenvolvimento científico e tecnológico e de que forma essas novas tecnologias e conhecimentos impactam a vida no planeta e em sociedade. Com a pandemia surgiram novos desafios, tornando necessário que toda a sociedade se adaptasse às novas condições de trabalho e convívio social. Dessa maneira, a SeFís também adaptou suas atividades para o formato digital e como de costume, todas as atividades serão gratuitas e com o intuito de ser acessíveis a todos os públicos. Outra novidade é que nesta edição, as atividades do IV Encontro de Ensino de Física (ENENF) passam a integrar a programação da Semana.

É possível confirmar o sucesso desse evento pelo grande número de edições já realizados, permitindo o acesso dos alunos de ensino médio, graduação, pós-graduação e ao público em geral o conhecimento produzidos nas mais diversas áreas da Física, Engenharia e Ensino de Física.

**Tabela 1 - Histórico com detalhes dos eventos anteriores**

Ano	Edição	Período	Tema
2005	I SeFís	14/03 a 18/03/2005	1a Semana de Física da UFSCar
2006	II SeFís	03/04 a 06/04/2006	Fronteiras da Física
2007	III SeFís	06/08 a 09/08/2007	Física, uma ciência para todos
2008	IV SeFís	04/08 a 07/08/2008	Vivendo e Aprendendo... Física!!!
2009	V SeFís	10/08 a 13/08/2009	Somos todos poeira das estrelas
2010	VI SeFís	09/08 a 12/08/2010	Física no Brasil: Desafios e Horizontes
2011	VII SeFís	08/08 a 11/08/2011	Átomos: a Natureza ama esconder-se
2012	VIII SeFís	06/08 a 09/08/2012	Energia Sustentável para Todos

2013	IX SeFís	05/08 a 09/08/2013	100 anos do modelo atômico de Niels Bohr: "A physicist is just an atom's way of looking at itself - Niels Bohr"
2014	X SeFís	18/08 a 22/08/2014	Onda <-> Partícula e a busca por simetrias
2015	XI SeFís	10/08 a 14/08/2015	Reconstruindo as noções de tempo e espaço
2016	XII SeFís	01/08 a 05/08/2016	Física - Pra que serve?
2017	XIII SeFís	21/08 a 25/08/2017	A Física Brasileira em Destaque: Histórias, realizações e diversidade
2018	XIV SeFís	13/08 a 17/08/2018	Ciência e Responsabilidade Social: à Física aos olhos de Stephen Hawking
2019	XV SeFís	02/09 a 06/09/2019	Grandes Feitos Científicos em Terras Brasileiras

## XVI Edição

Na 16<sup>a</sup> edição da Semana da Física da UFSCar, refletimos sobre o papel da Física no desenvolvimento científico e tecnológico e de que forma essas novas tecnologias e conhecimentos impactam a vida no planeta e em sociedade. Alguns temas relacionados à Física e ao fazer científico que serão contemplados nas atividades do evento são: conhecimento aberto e fake news, exploração espacial, computação quântica, física de partículas, ferramentas de escrita científica e análise de dados, entre outros. Além disso, no tradicional workshop, os alunos do Departamento de Física poderão compartilhar os trabalhos de pesquisa que desenvolvem no âmbito da graduação e pós-graduação.

Novos desafios surgiram devido à pandemia do novo coronavírus, tornando necessário que toda a sociedade se adaptasse às novas condições de trabalho e convívio social. Dessa maneira, a SeFís também adaptou suas atividades para o formato digital e como de costume, todas as atividades serão gratuitas e com o intuito de ser acessíveis a todos os públicos.

Outra novidade é que nesta edição, as atividades do IV Encontro de Ensino de Física (ENENF) passam a integrar a programação da Semana. Com o tema "Ensino de Física na atualidade", as atividades do ENENF acontecem no período noturno e discutem sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica, Política e Educação

Científica, Transmidialidade e gamificação. A inscrição acontecerá de forma única para os dois eventos e o público pode conferir informações detalhadas também no site do Encontro. Nossa preocupação é a melhoria da formação profissional e o desenvolvimento da formação humana e cultural de graduandos e pós-graduandos em Física e áreas afins. Contudo, gostaríamos que toda a comunidade pudesse aproveitar o evento, por isso convidamos todos os interessados e especialmente alunos secundaristas para participarem das atividades de divulgação programadas para o público em geral.

## **Comissão Organizadora**

### **Professores Responsáveis**

Coordenadora de Gestão: Profa. Dra. Alice Helena Campos Pierson

Coordenadora Acadêmico: Profa. Dra. Lílian Menezes de Jesus

Coordenador Financeiro: Prof. Dr. Fabio Luis Zabotto

Coordenador Workshop: Prof. Dr. Romain Pierre Marcel Bachelard

### **Técnica**

Secretária Geral: Terezinha Gagliardi

### **Estudantes**

Augusto Octávio Nascimento

Caio Zuantti Nogueira

Catarine Padovani Moreira

Guilherme Ilário Correr

Igor Lúcio Manta Guedes

José Andrés Gusmán Morán

Leandro Alexander Bueno

MSc. Leonardo José Dalla Costa

Luan Pinheiro

Thais Ribeiro

Wesley Flávio Gueta

# Grade horária

MC: Mini Curso, MR: Mesa Redonda, OF: Oficina, PA: Palestras e WS: Workshop.

## Segunda, 26 de Outubro

10:00–10:30		<b>Cerimônia de abertura da XVI SeFís</b>	
10:30–11:00		<b>Intervalo</b>	
11:00–12:30	PA	<b>Prof. Dr. Francisco Aparecido Rodrigues</b> ICMC - USP	<b>Palestra de abertura</b> - Processos dinâmicos em redes Complexas
12:30–14:00		<b>Almoço</b>	
14:00–14:30	MR	<b>Participantes:</b> Prof. Dr. Ivã Gurgel (IFUSP/USP), Dr. Reinaldo José Lopes (Folha de São Paulo), Prof. Dr. Rafael de Almeida Evangelista (Labjor - UNICAMP) <b>Mediadora:</b> Dr. Mariana Rodrigues Pezzo	<b>Mesa Redonda</b> - Fontes confiáveis e conhecimento aberto: como surgem as Fake News?
16:30–16:45		<b>Intervalo</b>	
16:45–18:15	PA	<b>Pedro Henrique Sousa Martins</b> Sirius/CNPEM	<b>Palestra temática</b> - Relatividade, Vibrações e Parafusos: Quanta Física e Engenharia cabem num acelerador de partículas?
18:45–19:00		<b>Cerimônia de abertura do IV ENENF</b>	
19:00–20:30	PA	<b>Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales</b> DME - UFSCar	<b>Palestra 1 (ENENF)</b> - Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica: em que ponto estamos nessa caminhada?

## Terça, 27 de Outubro

8:30–10:30	MC	<b>Prof. Dr. Emanuel Fernandes de Lima</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 1</b> - Introdução aos Métodos de Monte Carlo
8:30–12:30	MC	<b>Prof. Dr. Raul Celistrino Teixeira</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 2</b> - Pequena introdução às estranhezas da física quântica
11:00–12:30	PA	<b>Profa. Dra. Andréa Simone Stucchi de Camargo Alvarez Bernardez</b> IFSC - USP	<b>Palestra 1</b> - Panorama da participação das Mulheres nas Ciências Exatas
12:30 –14:00	<b>Almoço</b>		
14:00–16:00	MC	<b>Prof. Dr. Raul Celistrino Teixeira</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 3</b> - Formação de Pesquisadores e Escrita de Artigos Científicos de Alto Impacto
14:00–16:00	MC	<b>Prof. Dr. Wladimir Seixas</b> DM - UFSCar	<b>Minicurso 4</b> - Introdução ao LaTeX, usando a plataforma Overleaf
16:30–18:00	PA	<b>Prof. Dr. Celso Jorge Villas Boas</b> DF - UFSCar	<b>Palestra 2</b> - Tecnologias quânticas de segunda geração
18:00–22:00	OF	<b>Dr. Paulo Roberto Montanaro</b> SeaD - UFSCar	<b>Oficina</b> - Transmidialidade e gamificação na educação: novos paradigmas para a sala de aula

## Quarta, 28 de Outubro

8:30–10:30	MC	<b>Prof. Dr. Emanuel Fernandes de Lima</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 1</b> - Introdução aos Métodos de Monte Carlo
8:30–12:30	MC	<b>Prof. Dr. Thiago Signorini Golçalves</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 2</b> - Pequena introdução às estranhezas da física quântica
11:00–12:30	PA	<b>Profa. Dra. Andréa Simone Stucchi de Camargo Alvarez Bernardes</b> Observatório de Valongo/UFRJ	<b>Palestra 3</b> - Starlink e os riscos das constelações de satélites para a pesquisa astrofísica
12:30 –14:00	<b>Almoço</b>		
14:00–16:00	MC	<b>Prof. Dr. Raul Celistrino Teixeira</b> DF - UFSCar	<b>Minicurso 3</b> - Formação de Pesquisadores e Escrita de Artigos Científicos de Alto Impacto
14:00–16:00	MC	<b>Prof. Dr. Wladimir Seixas</b> DM - UFSCar	<b>Minicurso 4</b> - Introdução ao LaTeX, usando a plataforma Overleaf
16:30–18:00	PA	<b>Profa. Dra. Cristina Kurachi</b> IFSC - USP	<b>Palestra 4</b> - Biofotônica aplicada ao controle microbiano
18:00–19:00	<b>Intervalo</b>		
19:00–20:30	MR	<b>Participantes:</b> Alexandre Bagdonas Henrique (UFLA), Guilherme da Silva Lima (UFOP) <b>Mediador:</b> Vitor Brunelli Pereira (UFSCar)	<b>Mesa Redonda (ENENF)</b> - Educação Científica e política

## Quinta, 29 de Outubro

8:30–10:30	MC	<b>Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes</b> IFSC - USP	<b>Minicurso 5</b> - Vida Íntima das Partículas
8:30–10:30	MC	<b>Prof. Dr. Alexandre Luis Magalhães Levada</b> DC - UFSCar	<b>Minicurso 6</b> - Introdução a Python para programação numérica
10:30–11:00	<b>Intervalo</b>		
11:00–12:30	PA	<b>Prof. Dr. Paulo Eduardo Artaxo Netto</b> IF - USP	<b>Palestra 5</b> - Mudanças climáticas: Física aplicada às questões ambientais
12:30 –14:00	<b>Almoço</b>		
14:00–15:30	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>ENSINO DE FÍSICA E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA:</b> apresentações orais
15:30–15:45	<b>Intervalo</b>		
15:45–17:00	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA:</b> apresentações orais
17:00–17:15	<b>Intervalo</b>		
17:15–18:30	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA:</b> apresentações orais
18:30–19:00	<b>Intervalo</b>		
19:00–20:30	PA	<b>Prof. Dr. Márton Pessanha</b> DME - UFSCar	<b>Palestra 2 (ENENF)</b> - Cultura didática, inovação e ensino de Física

## Sexta, 30 de Outubro

8:30–10:30	MC	<b>Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes</b> IFSC - USP	<b>Minicurso 5</b> - Vida Íntima das Partículas
8:30–10:30	MC	<b>Prof. Dr. Alexandre Luis Magalhães Levada</b> DC - UFSCar	<b>Minicurso 6</b> - Introdução a Python para programação numérica
10:30–11:00	<b>Intervalo</b>		
11:00–12:30	PA	<b>Dra. Ana Amelia Machado</b> IFGW - UNICAMP	<b>Palestra 6</b> - Experimentos de Argonio Líquido para a detecção de Neutrinos
12:30 –14:00	<b>Almoço</b>		
14:00–15:00	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA BÁSICA E FÍSICA ESTATÍSTICA:</b> apresentações orais
15:00–15:15	<b>Intervalo</b>		
15:15–17:00	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA BÁSICA E FÍSICA ESTATÍSTICA:</b> apresentações orais
17:00–17:15	<b>Intervalo</b>		
17:15–18:30	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA:</b> pôsteres
17:15–18:30	WS	<b>Programa de Pós Graduação em Física</b> DF - UFSCar	<b>FÍSICA BÁSICA E FÍSICA ESTATÍSTICA:</b> pôsteres



# Lista de Resumos – Atividades

**Obs.:** As atividades que ocorreram em dois dias diferentes estão descritas somente na sua primeira aparição.

## Segunda, 26 de Outubro

### **Palestra de Abertura: Processos dinâmicos em redes Complexas**

**Prof. Dr. Francisco Aparecido Rodrigues,** Instituto De Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo - ICMC/USP, São Carlos - SP, Brasil

Sistemas complexos são formados por partes discretas que interagem de forma não-linear. Exemplos de Sistemas Complexos incluem a Internet, as interações genéticas, os ecossistemas, o cérebro e nossa sociedade. A modelagem desses sistemas considera as interações entre os seus elementos e processos dinâmicos que regem o comportamento do sistema. Nessa palestra vamos mostrar como podemos modelar processos dinâmicos, tais como propagação de epidemias e sincronização de osciladores acoplados, em redes complexas. Mostraremos como a estrutura da rede influencia na emergência do comportamento coletivo e como esse resultado pode ser usado para controlar sistemas dinâmicos em redes. Também apresentaremos alguns resultados recentes, tais como o método para identificação dos principais propagadores de epidemias e rumores, bem como o fenômeno de sincronização explosiva. Aplicações em medicina, ecologia e epidemiologia também serão apresentadas.

## **Mesa Redonda 1: Fontes confiáveis e conhecimento aberto: como surgem as Fake News?**

**Prof. Dr. Ivã Gurgel<sup>1</sup>, Dr. Reinaldo José Lopes<sup>2</sup>, Prof. Dr. Rafael de Almeida Evangelista<sup>3</sup>,**

**Mediadora: Dra. Mariana Pezzo<sup>4</sup>,**

<sup>1</sup>*Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP, São Paulo - SP, Brasil*

<sup>2</sup>*Folha de São Paulo*

<sup>3</sup>*Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo - Labjor - UNICAMP, Campinas - SP, Brasil*

<sup>4</sup>*Laboratório Aberto de Interatividade - LABI - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil,*

Qual o papel de cientistas, educadores e jornalistas em informar a sociedade? Como a ciência contribui para o pensamento crítico? Como podemos ter acesso a conhecimento e informação se muitas revistas, jornais e periódicos cobram por eles? Questões como essas tendem a aparecer naturalmente em contextos em que a ciência e o conhecimento são colocados em xeque. A produção e propagação desenfreada de conteúdo confiável e não confiável nos deixa atordoados: o que é seguro ler? No que é seguro investir tempo para saber as notícias? Muitas vezes nossa análise crítica é suficiente para filtrar o que chega por todas as vias, mas precisamos saber: como classificar fontes seguras? A mesa redonda visa responder esses questionamentos e levantar novos, discutindo o assunto com especialistas e pesquisadores em divulgação científica e jornalismo científico.

## **Palestra Temática: Relatividade, Vibrações e Parafusos: Quanta Física e Engenharia cabem num acelerador de partículas?**

**Pedro Henrique Sousa Martins**, Sirius - Centro Nacional de Pesquisa em Materiais - Campinas - SP, Brasil

A construção de um acelerador de partículas perpassa diversos desafios técnicos que vão muito além daqueles relacionados à física de aceleradores. A construção de ímãs de altíssimo campo, dispositivos com elevada rigidez e precisão de movimentação mecânica, métodos de simulação, tecnologia de vácuo, entre outros, são exemplos de atividades que tem como pré-requisito a pluralidade de conhecimentos envolvidos. Nesta palestra, serão apresentados os conceitos básicos da física de aceleradores síncrotrons e, em seguida, utilizando o projeto do Ondulador Delta, um dispositivo de inserção que é hoje um dos maiores projetos da Engenharia do CNPEM, serão dados exemplos de soluções técnicas nas quais a multidisciplinariedade se faz presente e o Engenheiro Físico pode contribuir. Por fim, serão apresentados alguns exemplos de atividades desenvolvidas por Engenheiros Físicos no CNPEM e como esta atuação, que se mostrou qualificada, impulsionou a criação de um novo grupo de Engenharia.

## **Palestra 1 - ENENF: Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica: em que ponto estamos nessa caminhada?**

**Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales**, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos - DME/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

A atualização dos currículos de física da Educação Básica, em particular do Ensino Médio, com a inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea, é algo discutido e desejado desde a virada deste século. No final dos anos 1990 e início dos anos 2000 muito se discutiu sobre as justificativas e possibilidades para termos temas mais atuais da física em sala de aula. Passados alguns anos já era esperado que tal atualização já estivesse em prática. Mas a pergunta que coloco para discutirmos nessa palestra é: em que ponto estamos nessa caminhada? Para isso pretendo trazer algumas informações sobre os diferentes aspectos desta questão, passando pelo contexto da pesquisa, da formação de professores, como também pelos documentos norteadores do Ensino de Física, tanto na Educação Básica como nas licenciaturas, e algumas políticas públicas associadas à essa questão.

# Terça, 27 de Outubro

## Minicurso 1: Introdução aos Métodos de Monte Carlo

**Prof. Dr. Emanuel Fernandes de Lima**, Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos - DF/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Métodos de Monte Carlo constituem maneiras eficientes de se calcular integrais de dimensão alta ou de se resolver equações integrais. O nome Monte Carlo vem da característica aleatória dos métodos e do famoso casino localizado em Mônaco. Ao invés de se calcular um integrando em muitos pontos de quadratura, a ideia básica do método é de se calcular o integrando apenas em um fração aleatória, porém representativa, de pontos. Os Métodos de Monte Carlo são muito apropriados para se resolver uma vasta classe de problemas envolvendo um número grande de graus de liberdade, como no caso de muitos átomos em matéria condensada ou átomos com muitos elétrons.

Nesse minicurso, faremos uma introdução básica dos métodos de Monte Carlo cobrindo os seguintes tópicos: (1) A estratégia básica dos métodos Monte Carlo; (2) Geração de variáveis aleatórias com uma distribuição especificada; (3) O algoritmo Metropolis; (4) O modelo de Ising em duas dimensões; (5) Discussão de outras aplicações e variações dos métodos de Monte Carlo.

## Minicurso 2: Pequena introdução às estranhezas da física quântica

**Prof. Dr. Raul Celistrino Teixeira**, Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos - DF/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

A mecânica quântica povoa o imaginário de leigos e cientistas com conceitos que desafiam nosso pensar, e testam os limites de nossa linguagem para descrevê-los. Exemplos destes conceitos-quimera são a "dualidade onda-matéria", uma partícula estando "aqui e ali ao mesmo tempo", gatos "mortos e vivos", colapso do estado de uma partícula, partículas emaranhadas. As dificuldades que temos em descrever tais fenômenos é ligada ao fato de que as regras segundo as quais vemos o nosso mundo macroscópico se comportar parecem excluir tais esquisitices - e, no entanto, elas existem. Tentarei discutir nestes dois seminários, em termos os mais simples possíveis, em que sentido exato estas esquisitices são esquisitas, porque elas violam nossa compreensão do universo, como podemos observar estas esquisitices no laboratório, e quais as consequências que elas podem ter para aplicações tecnológicas, como computadores quânticos ou criptografia quântica.

## **Palestra 1: Panorama da participação das Mulheres nas Ciências Exatas**

**Profa. Dra. Andréa Simone Stucchi de Camargo Alvarez Bernardez**, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo - IFSC/USP, São Carlos - SP, Brasil

Ainda que esforços e iniciativas tenham se intensificado, globalmente, para promover a participação mais igualitária das mulheres em Ciências, em particular nas Ciências Exatas, ainda há muito que se avançar para vencer as barreiras que retardam ou impedem o pleno desenvolvimento profissional de cientistas mulheres. Estudos demonstram que, dessa maneira, não só perdemos a oportunidade de inclusão de uma força de trabalho e massa crítica valiosa, mas também que a diversidade de gênero pode trazer enormes benefícios para a produção científica e o desenvolvimento de soluções tecnológicas, ao reunir diferentes visões e perspectivas. Com esse horizonte, fazem-se necessárias a conscientização do cenário atual no Brasil e no mundo, e a compreensão dos gargalos que previnem mudanças efetivas de comportamento humano e em políticas públicas que incentivem e dêem reais condições para a maior participação profissional feminina. Nesta apresentação pretendo abordar essas questões e estimular uma discussão profícua sobre este tema, bem como compartilhar minha experiência pessoal na construção de uma carreira científica e conciliamento com a família.

## **Minicurso 3: Formação de Pesquisadores e Escrita de Artigos Científicos de Alto Impacto**

**Prof. Dr. Valtencir Zucolotto**, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo - IFSC/USP, São Carlos - SP, Brasil

O número crescente de pós-graduandos e recém-doutores no país tem feito com que o número de publicações científicas destes futuros pesquisadores seja utilizado como um importante critério em suas avaliações. Contudo, a escrita científica em língua estrangeira representa ainda uma grande barreira ao pleno desenvolvimento científico de alunos de pós-graduação e pós-doutorandos. Neste curso abordaremos tópicos relevantes em escrita científica como: i) Ideias e Projetos de Pesquisa; ii) principais seções de um artigo científico (abstract, introduction, results and discussion, conclusions and references), iii) estilo e linguagem da escrita científica em inglês e iv) O processo Editorial.

## **Minicurso 4: Introdução ao L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, usando a plataforma Overleaf**

**Prof. Dr. Wladimir Seixas**, Departamento de Matemática da Universidade Federal de São Carlos- DM/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Objetivo do curso: Apresentar os recursos do programa de editoração TeX/LaTeX para a produção de textos matemáticos, posters e apresentação. Justificativa: O programa TeX/LaTeX para a editoração profissional de textos matemáticos é amplamente difundido na comunidade científica. O programa LaTeX é utilizado para a editoração de monografias, dissertações, teses, livros e artigos. Em geral, a comunidade acadêmica desconhece as potencialidades deste programa de editoração. Conteúdo programático: 1. Histórico do LaTeX. 2. Instalação do TeX/LaTeX. 3. Estrutura do documento LaTeX. 4. Modo texto/matemático. 5. Classes: relatórios, artigos e livros. 6. Gerenciamento de referências e citações. BibTeX. 7. Arquivos de formatação. 8. Tabelas e listas. 9. Inserção de figuras. 10. AMS-LaTeX e ABNTeX. 11. Editoração de textos matemáticos. 12. Elaboração de posters. 13. Elaboração de apresentações: Beamer.

## **Palestra 2: Tecnologias quânticas de segunda geração**

**Prof. Dr. Celso Jorge Villas Boas**, Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos - DF/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

A teoria quântica, um dos pilares da física moderna, tem sido responsável por grandes avanços tecnológicos. Muitos dos dispositivos eletrônicos que hoje fazem parte do nosso cotidiano só puderam ser desenvolvidos a partir de um entendimento mais preciso do comportamento microscópico ou mesmo atômico da matéria, que permitiram o desenvolvimento de transistores e lasers, por exemplo. Todo esse progresso tecnológico advindo da teoria quântica ficou conhecido como primeira revolução quântica. No entanto, o avanço recente do domínio da interação radiação-matéria em seu nível mais fundamental está nos levando a uma segunda revolução quântica, em que aspectos fundamentais dessa teoria, como superposição de estados e emaranhamento, são os protagonistas de novas tecnologias. Hoje, computação quântica, criptografia quântica, internet quântica, etc já não são mais promessas para um futuro distante, tendo atraído bilhões de dólares em investimentos não somente de governos mas também de grandes empresas de tecnologia.

## **Oficina 1: Transmidialidade e gamificação na educação: novos paradigmas para a sala de aula**

**Dr. Paulo Roberto Montanaro**, Secretaria Geral de Educação a Distância da Universidade Federal de São Carlos - SeaD/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Com novas percepções sobre a presencialidade, diálogo e participação, que ganham notoriedade com esta verdadeira revolução digital e de comportamento social pela qual passamos nos últimos anos, faz-se necessário buscar novas e criativas formas de se estruturar conteúdos e estratégias pedagógicas dentro e fora da sala de aula, seja ela qual for. Esta atividade tem por objetivo, portanto, propor algumas provocações acerca de conceitos como os processos de construção gamificada na educação; trilhas narrativas e ramificadas; desenho de mundo transversal; estratégias de construção e organização de conteúdos audiovisuais para diferentes espaços, linguagens e suportes; convergência midiática; elaboração de roteiros para mídias digitais interativas; e outras possibilidades de se explorar a gamificação e narrativas transmidiáticas no campo da educação.

## Quarta, 28 de Outubro

### **Palestra 3: Starlink e os riscos das constelações de satélites para a pesquisa astrofísica**

**Prof. Dr. Thiago Signorini Golçalves**, Observatório de Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - OV/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

O tema da exploração espacial desperta grande curiosidade no público, e é uma grande oportunidade para a divulgação científica. No entanto, parece haver um conflito entre interesses tecnológicos, de comunicação e a pesquisa astrofísica desenvolvida em observatórios ao redor do mundo. Nessa palestra, vou apresentar as preocupações de cientistas com as mega-constelações de satélites como o Starlink, e discutir as possíveis soluções para os novos (e inesperados) conflitos.

### **Palestra 4: Biofotônica aplicada ao controle microbiano**

**Profa. Dra. Cristina Kurachi**, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo - IFSC/USP, São Carlos - SP, Brasil

Nesta palestra discutiremos técnicas fotônicas aplicadas para a ação antimicrobiana. A terapia fotodinâmica é uma técnica baseada no uso de um fotossensibilizador que, ao ser ativado por luz, produz espécies reativas de oxigênio e radicais livres, resultando na morte celular. Serão dados exemplos de desenvolvimento das tecnologias, desde os ensaios laboratoriais até os ensaios clínicos. Também discutiremos como a Biofotônica pode contribuir no enfrentamento da pandemia de COVID-19.

## Mesa Redonda 2: Educação Científica e política

**Prof. Dr. Alexandre Bagdonas<sup>1</sup>, Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima<sup>2</sup>,**

**Mediador: Vitor Brunelli Pereira<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup> *Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP. São Paulo - SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto - MG, Brasil*

<sup>3</sup> *Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos - DF/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil,*

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique: É reconhecido que o objetivo de promover a formação crítica e voltada para a cidadania tem encontrado desafios cada vez maiores. Os adeptos da educação CTSA tem defendido há décadas que devemos privilegiar nas escolhas curriculares temas com relevância social, intrinsecamente políticas, como habitação, alimentação, guerras, racismo, identidade nacional, visões de mundo, religião e espiritualidade. Este tipo de questões complexas envolvem tensões entre interesses e demonstram a urgência de que o ensino de ciências não se furte do engajamento em controvérsias e do posicionamento envolvendo dilemas éticos. Com base em estudos de história da física, apresentamos exemplos de casos que tem sido investigados para promover este tipo de discussão, envolvendo a Física e questões intrinsecamente políticas, como “A Física da Casa”, o Efeito Mpemba, armas nucleares e cosmologia e visões de mundo.

Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima: A divulgação científica é uma prática consolidada na sociedade contemporânea. Atualmente, é possível encontrar diversas práticas que, inclusive, incorporam as novas tecnologias da comunicação e informação. Vale ressaltar que a divulgação científica é uma atividade produzida em uma sociedade capitalista, que fez da divisão social do trabalho uma forma de potencializar a mais valia e as desigualdades sociais. Por isso, a própria divulgação científica carrega contradições e está orientada de acordo com interesses sociais. Nesse sentido, podemos compreender a divulgação científica por meio de suas orientações ideológicas. A abordagem apresentada problematiza a relação entre ideologia e divulgação científica e suas implicações para a educação científica e para política.

## Quinta, 29 de Outubro

### Minicurso 5: Vida Íntima das Partículas

**Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes**, Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo - IFSC/USP, São Carlos - SP, Brasil

Quais são as partículas realmente elementares, das quais tudo é feito? Como elas interagem entre si, e como se combinam para formar os objetos que nos cercam, nós mesmos e o resto do Universo? Como são estudadas as partículas, na teoria e na prática? Você sabia que o Modelo Padrão da Física de Partículas, amplamente comprovado, explica apenas 5% da matéria existente no Universo? E que o bóson de Higgs, que dá massa às partículas elementares, contribui com apenas 1% da nossa massa? No curso, vamos discutir sobre a natureza das partículas e suas interações, fornecendo referências para iniciar e aprofundar seu estudo. Vamos também responder (e fazer!) algumas perguntas sobre o Modelo Padrão, que reúne de forma compacta e elegante as teorias quânticas de campos das interações fundamentais, e pode ser resumido em uma camiseta, ou caneca de café.

### Minicurso 6: Introdução a Python para programação numérica

**Prof. Dr. Alexandre Luis Magalhães Levada**, Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos- DC/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Python é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e que prioriza a legibilidade do código sobre a velocidade. Com sua sintaxe clara e concisa, além de suas bibliotecas para computação científica, tornou-se uma ferramenta computacional ideal para cientistas e pesquisadores de diversas áreas da ciência. Uma de suas principais características é permitir a fácil leitura do código e exigir poucas linhas de código se comparado a outras linguagens. Neste minicurso, apresentaremos os principais recursos dessa linguagem a partir de uma abordagem "hands on", através de exemplos práticos e exercícios de programação. Além disso, uma breve apresentação dos pacotes numpy, especialmente desenvolvido para facilitar a manipulação de vetores e matrizes, e matplotlib, focado na plotagem e visualização de dados, será realizada como forma de ilustrar o potencial da linguagem como ferramenta para programação numérica.

## **Palestra 5: Mudanças climáticas: Física aplicada às questões ambientais**

**Prof. Dr. Paulo Eduardo Artaxo Netto**, Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP. São Paulo - SP, Brasil

RESUMO

## **Palestra 2 - ENENF: Cultura didática, inovação e ensino de Física**

**Prof. Dr. Márlon Pessanha**, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos - DME/UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Nas últimas décadas, muito tem se falado sobre a necessidade de inovação educacional e da prática do professor, mas pouco tem se discutido sobre o próprio conceito de inovação. A prática docente é regida por significados e ações que tendem a ser reproduzidas, constituindo uma cultura didática que permeia o ensino. Reconhecer a existência de uma cultura didática é, um primeiro passo para compreender e melhor definir o que é uma inovação didática. Nesta palestra, além de apresentar tais conceitos, serão apresentadas propostas de ensino inovadoras voltadas para o ensino de Física, desenvolvidas em parceria com professores da rede pública.

## Sexta, 30 de Outubro

### **Palestra 6: Experimentos de Argônio Líquido para a detecção de Neutrinos**

**Dra. Ana Amelia Machado**, Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade de Campinas - IFGW/UNICAMP, Campinas - SP, Brasil

A física de neutrinos nos dias de hoje é uma área de fronteira na física das partículas. Esta intrigante partícula ainda reserva segredos que estão à espera de serem descobertos, segredos que implicam na própria existência do nosso universo.

O programa para o estudo dessa partícula mais ambicioso e abrangente está concentrado no laboratório nacional FERMILAB nos EUA. Através de experimentos de longo e curto alcance poderíamos descobrir porque o universo é feito de matéria, se existe realmente um quarto sabor de neutrino e qual hierarquia de massa dos três sabores de neutrino. Estes experimentos oferecem também a opção de testar alguns modelos de matéria escura.

Trataremos aqui dois desses experimentos, o experimento DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) e o experimento SBND (Short Baseline Neutrino Detector) que estão sendo planejados e construídos com a colaboração de mais de 1000 pesquisadores de instituições internacionais.

# Cronograma Detalhado – Workshop

Gr: Graduação, Me: Mestrado, Dr: Doutorado.

## Quinta, 29 de Outubro

### Ensino de Física e Divulgação Científica

14:00–14:15	Gr	<b>Érika Rocha Lima</b> UESB	<b>História da Astronomia - Uma proposta transdisciplinar</b>
14:15–14:30	Gr	<b>Simone Macêdo Ribeiro</b> UESB	<b>Planetas e Satélites Naturais - Uma Proposta Transdisciplinar</b>
14:30–14:45	Gr	<b>Maria Eduarda</b> UESB	<b>Sistema Solar - Uma Proposta Transdisciplinar</b>
14:45–15:00	Dr	<b>Maria Veronica Silva Vilarinho Aguilera</b> UERJ	<b>Universo compartilhado: por um mundo melhor</b>
15:00–15:15	Gr	<b>Lincoln Correia</b> UESB	<b>Estrelas e Buracos Negros Uma Proposta Transdisciplinar</b>

## Física da Matéria Condensada

15:30–15:45	Gr	<b>Vitor Melo Frata Barbosa</b> DF - UFSCar	<b>Propriedades Magnetodielétricas do Filme Fino de PZT/CFO</b>
15:45–16:00	Gr	<b>André Berretta da Costa</b> DF - UFSCar	<b>Síntese de Nanofios Semicondutores de Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub></b>
16:00–16:15	Gr	<b>Gustavo Correia Espirito Santo</b> DF - UFSCar	<b>Propriedades Dielétricas de Compósitos Magnetoelétricos Particulados de K<sub>x</sub>Na(1-x)NbO<sub>3</sub></b>
16:15–16:30	Gr	<b>Rodrigo Ambrosio Rodrigues de Carvalho</b> DF - UFSCar	<b>Um modelo fenomenológico para o efeito magnetodielétrico</b>
16:30–16:45	Me	<b>Vinicius Rocha</b> UFSM	<b>Propriedades Eletrônicas e Acoplamento Spin-Órbita de Compostos Tetrapirrólicos</b>
16:45–17:00	Dr	<b>Fernando Maia de Oliveira</b> DF - UFSCar	<b>Strain biaxial em super-redes de nitreto de gálio e alumínio</b>
17:00–17:15	<b>Intervalo</b>		
17:15–17:30	Dr	<b>Daniele de Souza</b> DF - UFSCar	<b>Efeito Raman das ligas GaSbBi com alta concentração de Bi</b>
17:30–17:45	Dr	<b>Felipe S. Covre o</b> DF - UFSCar	<b>Efeitos de tensão nas propriedades ópticas de monocamada MoSe<sub>2</sub></b>
17:45–18:00	Dr	<b>Ricardo Pereira Bonini</b> DF - UFSCar	<b>Evolução ferroelétrica em função da dimensionalidade do sistema Pb(Zr<sub>0,2</sub>Ti<sub>0,8</sub>)O<sub>3</sub>/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> crescido via RF-Sputtering</b>
18:00–18:15	Dr	<b>Andrea Naranjo</b> DF - UFSCar	<b>Determinação da densidade e dinâmica de portadores de carga via espectroscopia de magneto-eletroluminescência em diodos de tunelamento ressonante</b>
18:15–18:30	Dr	<b>Raphael Benjamin de Oliveira</b> UFRN	<b>Armazenamento e liberação de H<sub>2</sub> em materiais bidimensionais</b>

## Sexta, 30 de Outubro

### Física Básica e Física Estatística

14:00–14:15	Gr	<b>Matheus Melo Santos Velloso</b> DF - UFSCar	<b>Tentativas de Mecânica Quântica Relativística e a Necessidade de Campos Quânticos</b>
14:15–14:30	Gr	<b>Mário Raia Neto</b> DF - UFSCar	<b>Introdução à Física dos Buracos Negros e a Algumas Soluções Exóticas da Relatividade Geral</b>
14:30–14:45	Gr	<b>Gabriel Jacobsen</b> DF - UFSCar	<b>Assimetria de spin em complexos excitônicos confinados em poços quânticos</b>
14:45–15:00	Gr	<b>Caio Martins</b> UFRN	<b>Aplicação e revisão dos conceitos da Álgebra Linear no contexto da Teoria da Relatividade</b>
15:00–15:15	Gr	<b>Rodrigo M. Nunes</b> UFSM	<b>Efeito do momento magnético anômalo dos quarks no cenário de restauração de simetria quiral</b>
15:15–15:30	<b>Intervalo</b>		
15:30–15:45	Gr	<b>Andrés Guzmán</b> DF - UFSCar	<b>Fotoionização caótica do Átomo de Hidrogênio através de campos dependentes do tempo</b>
15:45–16:00	Me	<b>Lucas Figueiredo</b> UFLA	<b>O movimento browniano: uma abordagem utilizando o princípio de Jaynes</b>
16:00–16:15	Dr	<b>Caio Fernando Silva</b> DF - UFSCar	<b>Dinâmica de sistemas quânticos no espaço de fases e termalização a partir do formalismo de Weyl-Wigner</b>
16:15–16:30	Dr	<b>Vanderli Laurindo</b> DF - UFSCar	<b>Armadilhas naturais como caminho a BEC em sistemas com éxcitons direto</b>
16:30–16:45	Dr	<b>Diogo Lima</b> DF - UFSCar	<b>Análise de segurança de criptografia quântica baseada em teletransporte</b>

## Pôsteres

### Física da Matéria Condensada

17:15–17:25	Gr	<b>Natan Moreira Regis</b> DF - UFSCar	<b>Efeito da Adsorção de Moléculas Atmosféricas nas Propriedade de Transporte Eletrônico da Monocamada de MoS<sub>2</sub></b>
17:25–17:35	Dr	<b>Pablo Gabriel Santos Dias</b> DF - UFSCar	<b>Correlações estatísticas da luz espalhada por amostras atômicas densas</b>

### Física Básica e Física Estatística

17:35–17:45	Gr	<b>Gabriel Pedro Lima Moyses Fernandes</b> DF - UFSCar	<b>Simulação Quântica da Equação de Dirac e da Equação de Weyl</b>
17:45–17:55	Me	<b>Ciro Micheletti Diniz</b> DF - UFSCar	<b>Introdução à Mecânica Pseudo-Hermitiana</b>
17:55–18:05	Dr	<b>Celso Benedito Oliveira</b> ICET - Univap	<b>Abundância Química de Oxigênio Em Galáxias LINERs</b>

# Apresentações Orais

**Obs.:** "Grad", "Me" e "Dr" se referem a alunos da graduação, mestrado e doutorado.

## Ensino de Física e Divulgação Científica

### HISTÓRIA DA ASTRONOMIA – UMA PROPOSTA TRANSDISCIPLINAR **Grad**

**LIMA, É. R.<sup>1\*</sup>, CORREIA, L. S. F.<sup>1</sup>, FERREIRA, R. C.<sup>1</sup>, MACÊDO, S. M.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

A transdisciplinaridade é uma abordagem científica a qual propõe que o conhecimento deve ultrapassar e atravessar diferentes áreas do saber sempre buscando a compreensão da realidade vivenciada sem desprezar as diferenças entre as áreas do conhecimento. Essa abordagem foi usada no presente trabalho por ser um mecanismo de grande potencial para colocar a Astronomia entre outras áreas.

Esse trabalho foi apresentado em um evento on-line através da plataforma digital Google Meet, com a presença de 63 pessoas, entre elas docentes, discentes e pessoas do convívio dos autores. A palestra foi desenvolvida abordando pontos ligados ao tema História da Astronomia com abordagem transdisciplinar. Durante a palestra foi feito questionamentos aos participantes e espaço para perguntas ao fim da palestra, que associados promoveram um debate. Os recursos utilizados foram slide que contaram com uma linha do tempo marcando períodos ou descoberta, além do software Space Engine. Um questionário on-line para a coleta de dados foi disponibilizado aos participantes ao fim da palestra.

Concluimos que a proposta alcançou o objetivo desejado, no questionário aplicado a última questão é questionado se o participante acredita que a palestra com intuito de ter caráter transdisciplinar cumpriu com o objetivo de modo que (93,1%) avaliaram como satisfatório.

#### Referências

[1] FERREIRA, R. C.; LIMA, É. R. História da Astronomia. Itapetinga, Bahia. Edições UESB: em publicação, 2020.

[2] NICOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento – Transdisciplinaridade. Itatiba, São Paulo, Brasil, 1999.

# PLANETAS E SATÉLITES NATURAIS - UMA PROPOSTA TRANS-DISCIPLINAR

**MACÊDO, S. M.<sup>1\*</sup>, FERREIRA, R. C.<sup>1</sup>, LIMA, É. R.<sup>1</sup>, CRUZ, Maria Eduarda da Silva, CORREIA<sup>1</sup>, L. S. F.<sup>1</sup>, LEITE, F. S.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

A transdisciplinaridade é uma joia da tecnologia do conhecimento humano. A busca de um ensino que se torne transformador na vida das pessoas, enxergando além da disciplina, como parte de nós, é algo necessário para acrescentar rumos mais promissores à nossa sociedade moderna. Com isso nosso objetivo foi trabalhar o tema Planetas e Satélites Naturais, com abordagem transdisciplinar, trazendo aos ouvintes novos conhecimentos significativos, e a partir disto, proporcionar condições para reflexões sobre o universo e nossa existência como parte integrante desse sistema.

A culminância da pesquisa ocorreu por meio de uma palestra online através da plataforma Google Meet, com a participação de 89 pessoas (docentes e estudantes de graduação da UESB, campus de Itapetinga, também docentes de outras instituições). A palestrante executou a apresentação utilizando da abordagem transdisciplinar, explanando sobre o tema e utilizando softwares de Astronomia para auxiliá-la, com um espaço para perguntas e discussões cedido aos participantes ao final. Como meio de coleta de dados, foi aplicado um questionário online para os participantes presentes.

Concluimos que alcançamos o objetivo, percebemos que houve uma reflexão de conscientização, desejo em conhecer sobre o universo e aquisição de novos conhecimentos. Ficou externado que o aprimoramento da proposta é necessário.

## Referências

[1] FERREIRA, R. C.; RIBEIRO, S. M.; CRUZ, M. E. S. Sistema Solar. Itapetinga, Bahia. Edições UESB: em publicação, 2020.

[2] NICOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento –Transdisciplinaridade. Itatiba, São Paulo, Brasil, 1999.

## SISTEMA SOLAR - UMA PROPOSTA TRANSDISCIPLINAR

**CRUZ, M. E. S.<sup>1\*</sup>, FERREIRA, R. C.<sup>1</sup>, RIBEIRO, S. M.<sup>1</sup>, CORREIA, L. S. F.<sup>1</sup>, LEITE, F. S.<sup>1</sup>, LIMA, E. R.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

A Transdisciplinaridade como prefixo “trans” visa o que está entre, através e além das disciplinas. Possui três pilares básicos: Diferentes níveis de realidade, A lógica do terceiro incluído e a Complexidade. O objetivo deste trabalho foi explanar o tema de forma Transdisciplinar com uma linguagem fácil e significativa.

A pesquisa foi realizada através de um seminário por meio de uma transmissão ao vivo de vídeo com auxílio da plataforma Google Meet, abordando o tema Sistema Solar, os sujeitos da pesquisa foram discentes, docentes e convidados. Estiveram presentes 61 pessoas, a palestrante apresentou os temas com postura Transdisciplinar, passou um vídeo sobre a formação do Sistema Solar, logo após através do software (Space Engine) exibimos a imagem do Sol e partes visíveis, em seguida mostramos a nebulosa planetária M57, na sequência foi dada a oportunidade para perguntas e por fim foi disponibilizado um questionário de forma on-line para a coleta de dados.

Na coleta de dados, dos 29 participantes que responderam, 100% afirmaram que a proposta foi proveitosa, em outra pergunta, 69% disseram que precisa ser melhorada, na pergunta chave, 93,1% afirmaram que a proposta cumpriu com seu caráter Transdisciplinar, portanto concluímos que o objetivo foi alcançado.

### **Referências**

- [1] FERREIRA, R. C; CRUZ, M. E. S; RIBEIRO, S. M. Sistema Solar. Itapetinga, Bahia. Edições UESB: em publicação, 2020.
- [2] NICOLESCU, B. O Manifesto da transdisciplinaridade. Trad. Lúcia Pereira de Souza. São Paulo, Triom: 1999.

**AGUILERA, M. V. S. V.<sup>1\*</sup>,**

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Refletimos aqui sobre a divulgação da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia no Brasil, a partir da utilização crescente das redes sociais, destacando-se o Facebook e o YouTube. Apresentamos evidências nesse sentido com a presença cada vez maior de centros de pesquisa e ensino, instituições e empresas ligadas a esses campos do conhecimento. Nosso trabalho traz a experiência de astrônomos, físicos e astronautas com as redes e aborda questões polêmicas na relação entre ciência e a nova mídia, a exemplo da possível deturpação dos fatos científicos ou da superexposição de cientistas. Aspectos críticos como as fakenews, de discussão crescente pela sociedade, também são considerados, sem esquecer o impacto da pandemia do coronavírus. Para o estudo de canais e páginas, priorizamos aspectos tais como origem e natureza do material publicado, recursos de paginação e produção textual e o fenômeno de sedução da linguagem. Uma das finalidades do trabalho é priorizar a dimensão social da disseminação e do ensino científico, bem como a conexão entre divulgação das ciências astronômicas, os questionamentos ancestrais da humanidade e nossa busca candente por um mundo melhor.

### **Referências**

- [1] HADFIELD, Chris. Guia de um astronauta para viver bem na terra: o que o espaço nos ensinou sobre talento, determinação e desafios. Trad.: Ana Carolina Ribeiro e Rodrigo Peixoto. 1 ed. Rio de Janeiro: Agir, 2014. 256 p.
- [2] MLODINOW, Leonard. De primatas a astronautas: a jornada do homem em busca do conhecimento. Trad.: Claudio Carina. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. 392 p.
- [3] RANDALL, Lisa. Batendo à porta do céu: o bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo. Trad.: Rafael Garcia. Companhia das Letras. 548 p.

# ESTRELAS E BURACOS NEGROS UMA PROPOSTA TRANSDISCIPLINAR

**CORREIA, L. S. F.<sup>1\*</sup>, FERREIA, R. C.<sup>1</sup>, MACÊDO, S. M.<sup>1</sup>, CRUZ, M. E. S.<sup>1</sup>, LEITE, F. S.<sup>1</sup>, LIMA, E. R.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

O objetivo da pesquisa foi apresentar o tema Estrelas e Buracos Negros, com abordagem transdisciplinar, fazendo uso do pensamento complexo que ligar as pessoas não somente ao tema abordado, mas também aos conhecimentos além da daquela área do saber relacionando-os com o cotidiano.

A apresentação ocorreu por meio de palestra on-line por meio do Google Meet, Figura 1, o telescópio foi substituído por software o foco da transdisciplinaridade foi envolta das reflexões sobre nossa existência. Participaram como ouvintes 50 pessoas entre docentes e discentes de graduação da UESB, de outras instituições e alunos do Ensino Médio. O palestrante fez reflexões sobre o cuidado com o nosso planeta ao falar sobre a zona habitável, utilizou software “Spaceengine”, para as exposições de maneira dinâmica das estrelas e buracos negros. Foi aberto espaço para perguntas e discussões. Para coleta de dados foi aplicado um questionário online, em que 24 pessoas responderam. As principais referências foram (CORREIA; FERREIA, 2020) e (SANTOS 2005).

Concluimos que o objetivo foi atingido, pois 79,3% responderam que a proposta foi transdisciplinar, 78,3% disseram ter despertado reflexões sobre a preservação de nosso planeta Figura 2, embora 58% externaram que a proposta deve melhorar.

**Palavras-chave:** Educação; Transdisciplinaridade; Estrelas e Buracos Negros.

## Referências

[1] F. CORREIA, L.; FERREIRA, R. C. Estelas e Buracos Negros. Itapetinga, BA. Edições UESB: em Publicação, 2020.

[2] NNICOLESCU, B. O Manifesto da transdisciplinaridade. Trad. Lúcia Pereira de Souza. São Paulo, Triom: 1999

# Física da Matéria Condensada

## PROPRIEDADES MAGNETODIELÉTRICA DO FILME FINO DE PZT/CFO

**BARBOSA, Vitor Melo Frata<sup>1\*</sup>, ZABOTTO, Fabio Luis<sup>1</sup>, BONINI, Ricardo Pereira<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Os materiais magnetodielétricos tem como propriedade de interesse a variação de suas características dielétricas com a aplicação de um campo magnético. Este efeito é comumente reportado para sistemas com acoplamento magnetoelétrico, tanto na forma volumétrica como em filmes finos. Um dos materiais cujo efeito é reportado são filmes finos do sistema PZT/CFO, cujas aplicações tecnológicas são vastas sendo desde proposições de atuadores multifuncionais até sensores de leitura e gravação de informação. Contudo, para se potencializar suas aplicações faz-se necessário compreender a natureza da interação magnetodielétrica. O presente trabalho tem como objetivo estudar o acoplamento magnetodielétrico no PZT/CFO. A análise baseou-se nas medidas da permissividade complexa ( $\epsilon^{*}$ ) em função da frequência (100Hz a 1MHz) com campo magnético aplicado (-10KOe a 10KOe, passo 200) realizadas em temperatura ambiente, o maior coeficiente magnetodielétrico, na ordem de 0,67%, foi encontrado na frequência de relaxação, para estudar este processo ajustou-se os dados no modelo Cole-Cole para permissividade, observou-se uma variação do tempo de relaxação ( $\tau_0$ ) com campo magnético aplicado de até 2%, indicando que o campo magnético afeta diretamente o mecanismo de relaxação da amostra.

### Referências

- [1] H. Kamimura, R. C. Gouveia, C. J. Dalmaschio, E. R. Leite, and A. J. Chiquito, "Synthesis and electrical characterization of Zn3P2 nanowires," *Semicond. Sci. Technol.*, 2014, doi: 10.1088/0268-1242/29/1/015001;
- [2] A. J. Chiquito, C. A. Amorim, O. M. Berengue, L. S. Araujo, E. P. Bernardo, and E. R. Leite, "Back-to-back Schottky diodes: The generalization of the diode theory in analysis and extraction of electrical parameters of nanodevices," *J. Phys. Condens. Matter*, 2012, doi: 10.1088/0953-8984/24/22/225303.

**COSTA, André Berretta da<sup>1\*</sup>, CHIQUITO, Adenilson José<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

O trabalho tem como objetivos a síntese e caracterizações estruturais e elétricas de nanofios monocristalinos de Fosfeto de Zinco, material semiconductor com potencial aplicação optoeletrônica. O método Vapor-Líquido-Sólido (VLS) foi empregado para sintetizar os nanofios, utilizando nanopartículas de Ouro como catalisador e Argônio como gás de arraste. As sínteses produziram com sucesso amostras dos nanofios desejados e com boa qualidade cristalina, confirmados através da caracterização por Difração de Raios-X. Técnicas de fotolitografia e deposição metálica foram utilizadas para definir padrões de circuitos micrométricos de Au-Ni em dispositivos que permitiram a caracterização elétrica dos nanofios por medições de Resistência por Temperatura (R-T) e de Corrente por Tensão (I-V) através de um único nanofio. As curvas R-T permitiram, além de confirmar a natureza semicondutora do material, identificar os mecanismos de condução dominantes em diferentes regiões de temperatura. Já as curvas I-V foram ajustadas por um modelo de duas barreiras Schottky back-to-back para extração de parâmetros de altura de barreira e fator de idealidade das junções metal-semicondutor dos dispositivos. Iluminando com diferentes lasers, confirmou-se também a fotosensibilidade do material, e, por isso, pretende-se ainda investigar a fundo essa propriedade utilizando dispositivos de redes de vários nanofios.

### Referências

- [1] H. Kamimura, R. C. Gouveia, C. J. Dalmaschio, E. R. Leite, and A. J. Chiquito, "Synthesis and electrical characterization of Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> nanowires," *Semicond. Sci. Technol.*, 2014, doi: 10.1088/0268-1242/29/1/015001.
- [2] A. J. Chiquito, C. A. Amorim, O. M. Berengue, L. S. Araujo, E. P. Bernardo, and E. R. Leite, "Back-to-back Schottky diodes: The generalization of the diode theory in analysis and extraction of electrical parameters of nanodevices," *J. Phys. Condens. Matter*, 2012, doi: 10.1088/0953-8984/24/22/225303.

# PROPRIEDADES DIELÉTRICAS DE COMPÓSITOS MAGNETOE- LÉTRICOS PARTICULADOS DE $KxNa(1-x)NbO_3$

**SANTO, Gustavo Correia Espirito<sup>1\*</sup>, EIRAS, José Antônio<sup>1</sup>, ZABOTTO, Fabio Luis<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Materiais piezoelétricos compostos de óxidos de chumbo como filmes de  $Pb(Zr,Ti)O_3$  (PZT), são amplamente utilizados em diversos dispositivos eletromecânicos como atuadores, sensores, ou transdutores, devido às suas ótimas propriedades piezoelétricas. No entanto, nos últimos anos, houve um grande interesse no desenvolvimento de materiais piezoelétricos livres de chumbo, em especial  $(K,Na)NbO_3$  (KNN), visto que suas propriedades piezoelétricas se mostraram tão eficientes quanto as de matérias compostos de chumbo, além de sua alta temperatura de Curie, o que por sua vez torna um ótimo candidato para pesquisa dos processos de síntese e otimização para as mais diversas aplicações.

Tendo em vista as motivações apresentadas, foram realizados estudos das propriedades estruturais e elétricas dos compósitos de KNN com fases ferritas de Ferrita de Cobalto ( $CoFe_4O_4$ ), Ferrita de Níquel ( $NiFe_4O_4$ ) e Hexaferrita de Bário ( $BaFe_{12}O_{19}$ ), nas proporções 90/10, 80/20 e 70/30. Estudos aprofundados das propriedades elétricas em função da temperatura foram realizados para KNN/NFO (80/20) para verificar o comportamento e investigação dos efeitos de condução elétrica no material.

## Referências

- [1] PLACERES-JIMÉNEZ, R.; RINO, J. P.; EIRAS, J. A. Modeling ferroelectric permittivity dependence on electric field and estimation of the intrinsic and extrinsic contributions. *Journal of Physics D: Applied Physics*, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 35304, 2015. DOI: 10.1088/0022-3727/48/3/035304;
- [2] LAWES, G.; KIMURA, T.; VARMA, C. M.; SUBRAMANIAN, M. A.; ROGADO, N.; CAVA, R. J.; RAMIREZ, A. P. Magnetodielectric effects at magnetic ordering transitions. *Progress in Solid State Chemistry*, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 40–54, 2009. DOI: 10.1016/j.progsolidstchem.2009.08.001;
- [3] JILES, D. C. Theory of the magnetomechanical effect. *Journal of Physics D: Applied Physics*, [S. l.], v. 32, n. 15, p. 1945–1945, 1999. DOI: 10.1088/0022-3727/32/15/501.

# UM MODELO FENOMENOLÓGICO PARA O EFEITO MAGNETO-DIELÉTRICO Grad

**CARVALHO, Rodrigo Ambrosio Rodrigues de<sup>1\*</sup>, ZABOTTO, Fabio Luis<sup>1</sup>, BONINI, Ricardo Pereira<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

As propriedades dielétricas de algumas classes de materiais ferróicos apresentam uma variação considerável sob a aplicação de um campo magnético externo. A compreensão do efeito se torna importante principalmente para elucidar os mecanismos envolvidos no acoplamento magnetoelétrico. O presente trabalho modela a dependência não linear da constante dielétrica com o campo magnético ( $H$ ) adaptando a fórmula de Johnson para a forma  $(H)=\epsilon_{00}/(\alpha+\beta(E+\kappa P(H)))$ . Utilizando as relações termodinâmicas para multiferroicos para representar  $P(H)$ , levando em consideração na análise os efeitos magnetoestrictivos e piezoelétricos, respectivamente, das fases ferromagnética e ferroelétricas, responsáveis pelo acoplamento magnetoelétrico, e considerando a magnetização do material como proporcional à  $\tanh(H)$ . A expressão de  $(H)$  obtida foi então validada por meio de Fitting das curvas experimentais de  $(H)\times H$  de amostras particuladas magnetoelétricas (bulk) de CFO/NFO e PZT/CFO, das quais se obteve altas concordâncias.

## Referências

- [1] PLACERES-JIMÉNEZ, R.; RINO, J. P.; EIRAS, J. A. Modeling ferroelectric permittivity dependence on electric field and estimation of the intrinsic and extrinsic contributions. *Journal of Physics D: Applied Physics*, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 35304, 2015. DOI: 10.1088/0022-3727/48/3/035304;
- [2] LAWES, G.; KIMURA, T.; VARMA, C. M.; SUBRAMANIAN, M. A.; ROGADO, N.; CAVA, R. J.; RAMIREZ, A. P. Magnetodielectric effects at magnetic ordering transitions. *Progress in Solid State Chemistry*, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 40–54, 2009. DOI: 10.1016/j.progsolidstchem.2009.08.001;
- [3] JILES, D. C. Theory of the magnetomechanical effect. *Journal of Physics D: Applied Physics*, [S. l.], v. 32, n. 15, p. 1945–1945, 1999. DOI: 10.1088/0022-3727/32/15/501.

# PROPRIEDADES ELETRÔNICAS E ACOPLAMENTO SPIN-ÓRBITA DE COMPOSTOS TETRAPIRRÓLICOS

**ROCHA, Vinicius<sup>1\*</sup>, KÖHLER, Mateus Henrique<sup>1</sup>, PIQUINI, Paulo<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - SP, Brasil

A geração de oxigênio singleto por moléculas que são usadas em aplicações na terapia fotodinâmica (TFD) requer a absorção de luz visível e uma transição de eletrônica de um estado excitado singleto para tripleto. Este último processo é conhecido como cruzamento intersistema (ISC). Para isso ocorrer o acoplamento spin-órbita (SOC) tem de ser grande o suficiente entre os dois estados. Compostos tetrapirrólicos como os corróis têm sido amplamente investigados e parecem ser potentes fotossensibilizadores. Eles têm longo tempo de vida no estado tripleto, alta absorção na janela terapêutica (550nm - 800nm) e alto rendimento quântico de oxigênio singleto. Neste trabalho avaliamos os espectros de absorção e os elementos de matriz SOC para a molécula de corrol com diferentes ligantes. A Teoria do Funcional da Densidade (DFT) foi usada para determinar as propriedades estruturais e eletrônicas dos estados fundamentais, enquanto a DFT dependente do tempo foi empregada para calcular as propriedades dos estados excitados. Os elementos da matriz SOC entre os estados excitados singleto e tripleto são calculados por um método não interativo usando o operador completo de Breit-Pauli. Os resultados obtidos para moléculas de corrol mostraram que todos os compostos podem ser fotossensibilizadores potentes para uso em terapia fotodinâmica.

## Referências

- [1] Chiodo, S.; Russo, N., J. Comput. Chem. 29, 912-920, (2008);
- [2] RUNGE, E.; GROSS, E. K. Density-functional theory for time-dependent systems. Physical Review Letters, APS, v. 52, n. 12, p. 997, 1984;
- [3] Roeder, B., Laser Med. Sci. 5, 99-106, (1990)

# STRAIN BIAxIAL EM SUPER-REDES DE NITRETO DE GÁLIO E ALUMÍNIO

**OLIVEIRA, Fernando Maia de<sup>1\*,2</sup>, KUCHUK, Andriano<sup>2</sup>, MAZUR, Yuriy<sup>2</sup>, SALAMO, Gregory J<sup>2</sup>, TEODORO, Marcio Daldin<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil, <sup>2</sup> Institute for Nanoscience and Engineering, University of Arkansas, Fayetteville - AR, Estados Unidos

Nitreto semicondutores tem ganhado destaque devido a suas excepcionais propriedades, tais como sua emissão óptica ajustável, ótima operação em amplas faixas de temperatura, elevada mobilidade eletrônica e performance estável sob altas tensões de entrada [1]. Em especial, nos últimos anos heteroestruturas de nitretos de gálio e alumínio tem sido empregadas na indústria de diodos emissores de luz na faixa espectral do azul ao ultravioleta profundo, representando uma alternativa sustentável na substituição de lâmpadas de mercúrio, altamente danosas à saúde e ao meio ambiente [2]. O ajuste do comprimento de onda da emissão óptica destas heteroestruturas tem se mostrado diretamente dependente da razão entre espessuras das camadas alternadas, bem como da proporção estequiométrica empregada em seu crescimento [2]. O estresse mecânico interfacial entre as camadas induz cargas de natureza piezoelétrica, as quais tem sido exploradas na forma de canais bidimensionais de gás eletrônico e mostram-se serem influentes na performance do dispositivo [3]. Neste trabalho, a partir de medidas de micro-Raman em super-redes de nitretos de gálio e de alumínio são obtidos os valores de strain, stress, constantes de rede e razões dielétricas das camadas de nitretos de gálio e de alumínio, comparando-se com resultados obtidos por difratometria de raios X.

## Referências

- [1] Qi, M., Li, G., Protasenko, V., Zhao, P., Verma, J., Song, B., Ganguly, S., Zhu, M., Hu, Z., Yan, X. and Mintairov, A. Dual optical marker Raman characterization of strained GaN-channels on AlN using AlN/GaN/AlN quantum wells and <sup>15</sup>N isotopes. *Applied Physics Letters*, 106 (4), p. 041906, 2015.
- [2] R[2] Islam, S. M., Protasenko, V., Lee, K., Rouvimov, S., Verma, J., Xing, H. and Jena, D. Deep-UV emission at 219 nm from ultrathin MBE GaN/AlN quantum heterostructures. *Applied Physics Letters*, 111 (9), p. 091104, 2017;
- [3] Diez, S., Mohanty, S., Kurdak, C. and Ahmadi, E. Record high electron mobility and low sheet resistance on scaled-channel N-polar GaN/AlN heterostructures grown on on-axis N-polar GaN substrates by plasma-assisted molecular beam epitaxy. *Applied Physics Letters*, 117 (4), p. 042102, 2020.

# EFEITO RAMAN DAS LIGAS GASBBI COM ALTA CONCENTRAÇÃO DE BI

**SOUZA, Daniele de<sup>1\*</sup>, SOUTO, Sergio, HILSKA, Joonas, ANDRADE, Marcelo B., KOIVUSALO, Eero, PUUSTINEN, Janne, GUINA, Mircea, GOBATO, Yara Galvão<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Ligas III-V incorporadas com bismuto (Bi) têm despertado grande interesse nos últimos anos principalmente no desenvolvimento de dispositivos optoeletrônicos na região do infravermelho próximo. Em particular, ligas III-V diluídas com pequenas quantidades de Bi apresentam uma forte redução do gap de energia ( $E_g$ ) e um aumento da energia spin-orbit (SO) split-off ( $\Delta$ ) da banda de valência, podendo reduzir o efeito da recombinação Auger quando  $\Delta > E_g$ . Entretanto, como Bi apresenta um raio atômico maior que as ligas III-V, ele tem a tendência de segregar na superfície da liga. De forma geral, para que haja uma incorporação eficiente de Bi é necessário diminuir a temperatura de crescimento em torno de 350°C quando utilizamos a técnica de epitaxia por feixes moleculares (MBE). Recentemente, estudos demonstraram que a rede hospedeira de GaSb diluída com Bi é um sistema bastante promissor para o desenvolvimento de dispositivos na região do infravermelho médio, além de apresentar uma redução do "gap" de energia de 30-36 meV/% de Bi. Neste trabalho, realizamos um estudo detalhado do efeito Raman com lasers de diferentes comprimentos de onda em filmes de GaSbBi (100), com diferentes concentrações de Bi crescidos pela técnica de MBE. Foram observados diversos picos Raman Bi-induzidos associados a aglomerados Bi e modos vibracionais GaBi. Em particular, usamos o efeito Raman ressonante e Raman polarizado para identificar a natureza dos picos Raman observados em camadas GaSbBi.

## Referências

- [1] WANG, Shumin; LU, Pengfei (Ed.). Bismuth-containing Alloys and Nanostructures. Springer, 2019.
- [2] DELORME, Olivier et al. Molecular beam epitaxy and characterization of high Bi content GaSbBi alloys. *Journal of Crystal Growth*, v. 477, p. 144-148, 2017.
- [3] SOUTO, S. et al. Raman spectroscopy of GaSb<sub>1-x</sub>Bi<sub>x</sub> alloys with high Bi content. *Applied Physics Letters*, v. 116, n. 20, p. 202103, 2020.

# EFEITOS DE TENSÃO NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE MONOCAMADA $MOSe_2$

**COVRE, Felipe S.<sup>1\*</sup>, GORDO, Vanessa Orsi, FELIX, Jorlandio, IIKAWA, Fernando, COUTO, Odilon D. D., WITHERS, Freddie, GOBATO, Yara Galvão<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Nesse trabalho, realizamos um estudo das propriedades ópticas de monocamadas de Dissulfeto de Molibdênio ( $MoSe_2$ ) depositadas sobre multicamadas de nitreto de boro hexagonal (h-BN) em um substrato de Si contendo uma camada de dióxido de silício. As monocamadas de  $MoSe_2$  e o h-BN foram obtidos por exfoliação mecânica, e as heteroestruturas utilizando um processo de transferência líquida. Após a transferência, a heteroestrutura foi recoberta com um polímero PMMA para proteção da superfície. Realizamos mapeamento de espectros de micro-fotoluminescência ( $\mu$ -PL) e da espectroscopia micro-Raman em baixa temperatura (5K) em amostras que possuem bolhas formadas naturalmente durante a transferência. Os resultados obtidos indicam efeitos importantes de dopagem e tensão, induzidos pela presença de bolhas com resíduos químicos em seu interior. Esses efeitos podem ser observados no comportamento das emissões ópticas atribuídas a éxcitons e tríons. As energias desses picos variam da posição espacial sobre a bolha, como também variações nos picos dos modos de vibração observadas no espectro Raman. Além disso, observamos diferentes picos de emissão no interior da bolha, associados a diversos complexos excitônicos. Nossos resultados podem contribuir para uma melhor compreensão de propriedades ópticas e vibracionais de materiais semicondutores bidimensionais.

## Referências

- [1] Mostaani, E. et al.; Diffusion quantum Monte Carlo study of excitonic complexes in two-dimensional transition-metal dichalcogenides. *Physical Review B*, 96(7), 1–24, (2017)
- [2] Robert, C. et al.; Measurement of the Spin-Forbidden Dark Excitons in  $MoS_2$  and  $MoSe_2$  monolayers. *Nature Communications*, 11, 4037, (2020).

# EVOLUÇÃO FERROELÉTRICA EM FUNÇÃO DA DIMENSIONALIDADE DO SISTEMA $Pb(Zr_{0,2}Ti_{0,8})O_3/CoFe_2O_4$ CRESCIDO VIA RF-SPUTTERING

**BONINI, Ricardo Pereira<sup>1</sup>, ZABOTTO, Fabio Luis<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Foram fabricados filmes finos de  $Pb(Zr_{0,2}Ti_{0,8})O_3$  utilizando a técnica de deposição física por rádio frequência (RF-Sputtering) crescidos sobre camada de 300 nm de  $CoFe_2O_4$  em substrato de Si (1 0 0). Os filmes fabricados possuem espessuras de 20, 50, 100 e 300 nm e foram cristalizados em forno RTA a temperatura de 700 °C por 3 min. Foi verificado que o tamanho médio de grãos aumenta com o aumento da espessura dos filmes. De maneira geral, os resultados obtidos indicam que o sistema passa a ser tipicamente ferroelétrico para os filmes com tamanho médio de grãos superior a 200 nm, em que, também foi verificado um aumento significativo da quantidade de domínios ferroelétricos. Também foi estudado o avanço da relaxação nas propriedades dielétricas em função da espessura dos filmes, onde, um dos mecanismos de relaxação corre para regiões de alta frequência.

# DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE E DINÂMICA DE PORTADORES DE CARGA VIA ESPECTROSCOPIA DE MAGNETO-ELETROLUMINESCÊNCIA EM DIODOS DE TUNELAMENTO RESSONANTE

**OLIVEIRA, E. R. Cardozo de, NARANJO, Andrea<sup>1\*</sup>, PFENNING, A., RICHARD, Victor Lopez<sup>-1</sup>, MARQUES, G. E.<sup>1</sup>, WORSCHKECH, L., HARTMANN, F., HÖFLING, S., TEODORO, M. D.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Neste trabalho são estudados as propriedades de magneto-transporte e magneto-eletroluminescência de diodos de tunelamento ressonante tipo-n de GaAs/Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As com um poço quântico e um pré-poço emissor de In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As. Antes de atingir a condição de corrente ressonante, as medidas de magneto-transporte revelam densidades de portadores de carga comparáveis a diodos com e sem o pré-poço emissor. A separação dos níveis de Landau é observada na emissão de eletroluminescência do pré-poço emissor, permitindo a determinação de acúmulo de portadores de carga. Os resultados mostram que as técnicas de espectroscopia de magneto-eletroluminescência fornecem informações úteis sobre a dinâmica e determinação da densidade de carga dos portadores eletrônicos nos diodos de tunelamento ressonante e é uma ferramenta versátil para complementar as técnicas de magneto-transporte.

## Referências

- [1] E. R. Cardozo de Oliveira, A. Pfenning, E. D. Guarin Castro, M. D. Teodoro, E. C. dos Santos, V. Lopez-Richard, G. E. Marques, L. Worschech, F. Hartmann, and S. Höfling, Phys. Rev. B 98, 075302 (2018).
- [2] F. Hartmann, A. Pfenning, M. Rebello Sousa Dias, F. Langer, S. Höfling, M. Kamp, L. Worschech, L. K. Castelano, G. E. Marques, and V. Lopez-Richard, J. Appl. Phys. 122, 154502 (2017).
- [3] L. Eaves, M. Leadbeater, D. Hayes, E. Alves, F. Sheard, G. Toombs, P. Simmonds, M. Skolnick, M. Henini, and O. Hughes, Solid-State Electronics 32, 1101 (1989).

## ARMAZENAMENTO E LIBERAÇÃO DE H<sub>2</sub>

**BENJAMIN, Raphael<sup>1\*</sup>, MACHADO, Leonardo Dantas<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física Teórica e Experimental - DFTE, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal - RN, Brasil

Em nosso trabalho, utilizamos o programa Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator (LAMMPS) para analisar se a deformação poderia ser utilizada para liberar gases adsorvidos em materiais 2D. Para determinar se isto era possível, primeiro examinamos se o puxamento alterava a interação entre o gás adsorvido e quatro estruturas: grafeno,  $\alpha$ -grafino,  $\beta$ -grafino e  $\gamma$ -grafino. Para isto, inserimos uma molécula de H<sub>2</sub> a uma altura  $z$  da superfície de cada material, e alteramos a sua posição para determinar a energia de interação ao longo de toda a superfície. A análise dos resultados revelou que o esticamento reduziu a interação atrativa entre o H<sub>2</sub> e todos os materiais 2D investigados. Para confirmar que a quantidade de gás adsorvida seria diferente na presença de deformação, realizamos simulações de Monte Carlo no ensemble Grande canônico, para estruturas com e sem deformação.

### Referências

- [1] WANG, K. et al. Comparative studies of adsorption capacities for graphene based sorbents with different potential functions in molecular simulations. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 41, n. 18, p. 7419 – 7424, 2016. ISSN 0360-3199. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915318498>.
- [2] WANG, Q.; JOHNSON, J. K. Molecular simulation of hydrogen adsorption in single-walled carbon nanotubes and idealized carbon slit pores. *The Journal of Chemical Physics*, v. 110, n. 1, p. 577–586, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.478114>
- [3] XU, B. et al. Li-decorated graphyne as high-capacity hydrogen storage media: First-principles plane wave calculations. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 39, n. 30, p. 17104 – 17111, 2014. ISSN 0360-3199. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319914023337>.

# Física Básica e Física Estatística

## TENTATIVAS DE MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA E A NECESSIDADE DE CAMPOS QUÂNTICOS

Grad

**VELLOSO, Matheus Melo Santos<sup>1\*</sup>, SANTARELLI, Raphael<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

O desenvolvimento da Teoria Quântica foi uma das principais mudanças de paradigma na história da Física. Apesar de se afastar radicalmente da intuição clássica, a Mecânica Quântica pode aproveitar conceitos clássicos devidamente atualizados pelos procedimentos de quantização. Por exemplo, a quantização da relação de dispersão  $E = p^2/2m$  leva à Equação de Schrödinger, que determina a evolução de uma função de onda para uma partícula não-relativística sem spin. Pela mesma lógica, pode parecer uma simples questão de quantizar a relação de energia-momento relativística,  $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$ , para obter uma equação para funções de onda relativísticas. Neste trabalho, é mostrado como essa ideia leva a estados de energia negativos e densidades de probabilidade negativas, bem como outras inconsistências entre a Relatividade e a Mecânica Quântica. É mostrado também como uma conciliação é alcançada com a introdução dos campos quânticos, necessários para uma descrição quântica completamente relativística e extremamente bem sucedida: a Teoria Quântica de Campos.

### Referências

- [1] Alvarez-Gaumé, L.; Vázquez-Mozo, M.A. "An Invitation to Quantum Field Theory". Springer
- [2] Srednicki, M. "Quantum Field Theory". Cambridge University Press
- [3] Lancaster, T.; Blundell, S. J. "Quantum Field Theory for the gifted amateur". Oxford University

# INTRODUÇÃO À FÍSICA DOS BURACOS NEGROS E A ALGUMAS SOLUÇÕES EXÓTICAS DA RELATIVIDADE GERAL

Grad

**NETO, Mário Raia<sup>1\*</sup>, BOTTI, L. C. L.<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São Paulo - SP, Brasil

As equações dinâmicas que definem o movimento de um corpo na presença de um campo gravitacional gerado por uma distribuição de matéria e energia, são dadas então pelas Equações de Einstein. As soluções das Equações de Einstein são então expressas pelo tensor métrico, sendo assim possível então definir geometrias convenientes e então procurar qual seriam as distribuições de matéria e energia que poderiam causar tal geometria no espaço-tempo. O presente projeto estudou algumas soluções da Equações de Einstein: as soluções que Schwarzschild, Kerr, Reissner-Nordström e Kerr-Newman, e duas outras soluções -ditas exóticas-chamadas de Wormhole de Morris-Thorne e Warpdrive de Alcubierre. As soluções de Schwarzschild, Kerr, Reissner-Nordström e Kerr-Newman definem então, respectivamente, um espaço-tempo que modela corpos esféricos sem carga e sem rotação, um espaço-tempo que modela corpos com simetria axial, com rotação e sem carga elétrica, um espaço-tempo que modela corpos esféricos, sem rotação e com carga elétrica e magnética e, por fim, um espaço-tempo que modela corpos com simetria axial, com rotação e com carga elétrica e magnética. Sob alguns limites dentro das soluções, tais geometrias levam ao conceito de Buraco Negro. Com respeito as soluções exóticas; a solução (ou classe de soluções) de um Wormhole permite uma noção de "ponte" entre duas regiões muito afastadas distintas de um espaço-tempo. Já a solução do Warpdrive infere uma geometria que restaura a noção de "viagem super-luminal". O mérito de tais soluções, do ponto de vista do presente projeto, reside então no estudo das chamadas condições de energia. Tais condições, basicamente, são impostas às Equações de Einstein, para definir a viabilidade física de um espaço-tempo; tais condições então dizem respeito ao tipo de distribuição de energia e matéria que são razoáveis fisicamente. As soluções de Wormhole e Warpdrive em geral levam a condições de energia fisicamente não aceitáveis

## Referências

- [1] ALCUBIERRE.M; Warpdrives: Hyper-fast travel within general relativity, Classical and Quantum Gravity, v.11, n.5, p.L73, 1994.
- [2] CHARLES W.M; THORNE.S.K; WHEELER.J.A; Gravitation. 2.ed. San Francisco: Clarendon Press, 2017.
- [3] MICHAEL.S, MORRIS and THORNE.K.S.; Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity, Am.J.Phys, v.56, n.5, p.395, 1988

# ASSIMETRIA DE SPIN EM COMPLEXOS EXCITÔNICOS CONFINADOS EM POÇOS QUÂNTICOS. Grad

NARANJO, A.<sup>1</sup>, BRAGANÇA, H.<sup>2</sup>, JACOBSEN, G. M.<sup>1\*</sup>, MORAIS, R. R. O. de<sup>4</sup>, DIAS, I. F. L.<sup>5</sup>, QUIVY, A. A.<sup>6</sup>, MARQUES, G. E.<sup>7</sup>, LOPEZ-RICHARD, V.<sup>1</sup>, TEODORO, M. D.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Neste trabalho, apresenta-se um estudo extenso sobre os complexos excitônicos presentes em poços quânticos de alta qualidade de GaAs, em que, através de medidas de fotoluminescência com polarização definida, foram observadas emissões de exciton, biexciton e trión, ajustáveis por parâmetros de temperatura, potência de excitação e de aplicação de campo magnético externo. Neste âmbito, excitons e biexcitons apresentam diferenças importantes em suas dependências com campos externos. Enquanto que o efeito Zeeman em biexcitons depende monotonicamente com o campo magnético, com o fator  $g$  aproximadamente constante, o mesmo efeito para excitons é não monotônico e inclui uma inversão de sinal em função do campo. Ainda, nota-se o surgimento de uma ressonância de trión para um campo magnético finito em baixas potências e predominantemente para a polarização sigma mais ( $\sigma+$ ). A dependência não trivial dos níveis de energia com o campo magnético externo e a emissão de trión com polarização seletiva indica uma intrincada dinâmica de excitons e trions, que pode ser reproduzida por um conjunto de equações acopladas de taxas. Baseado nesta abordagem teórica, mostra-se que um processo rápido de flip de spin pode levar à assimetria de spin na emissão, que revela uma contrastante dinâmica de spin de complexos excitônicos governada por suas cargas elétricas.

## Referências

- [1] S. Glasberg, G. Finkelstein, H. Shtrikman, and I. Bar-Joseph, Physical Review B 59, R10425 (1999).
- [2] J. Jadcak, M. Kubisa, K. Ryczko, L. Bryja, and M. Potemski, Physical Review B 86, 245401 (2012).
- [3] L. K. Castelano, D. F. Cesar, V. Lopez-Richard, G. E. Marques, O. D. Couto Jr, F. Iikawa, R. Hey, and P. V. Santos, Physical Review B 84, 205332 (2011).

# APLICAÇÃO E REVISÃO DOS CONCEITOS DA ÁLGEBRA LINEAR NO CONTEXTO DA TEORIA DA RELATIVIDADE

**MARTINS, Caio<sup>1\*</sup>, PELLICER, Carlos Eduardo<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal - RN, Brasil

A pesquisa objetiva apresentar uma modificação na Álgebra Linear para a formulação da Teoria da Relatividade Restrita sem a necessidade do conceito de “espaço de Minkowski”. Para isso, foram feitas revisões bibliográficas sobre Álgebra Linear, Eletromagnetismo Clássico e Relatividade Restrita. A modificação foi apresentada junto com suas consequências na Física. Em decorrência da modificação, uma revisão bibliográfica de tensores é feita. Também, discussões sobre polinômio de Taylor, Dinâmica de Fluidos, orientação de bases no  $R^n$ , símbolo de Levi-Civita e formas bilineares são apresentadas.

## Referências

- [1] APOSTOL, Tom M. “Calculus”. v 2. ed 2. Nova Iorque: John Wiley. 1967-69.
- [2] GRIFFITHS, David J. “Introduction to Electrodynamics”. ed 3. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.
- [3] RENTELN, Paul. “Manifolds, Tensors, and Forms: An Introduction for Mathematicians and Physicists”. ed 1. Nova York: Cambridge University Press, 2014.

# EFEITO DO MOMENTO MAGNÉTICO ANÔMALO DOS QUARKS NO CENÁRIO DE RESTAURAÇÃO DE SIMETRIA QUIRAL Grad

**NUNES, Rodrigo M.<sup>1\*</sup>, FARIAS, Ricardo L.S.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - SP, Brasil

A Cromodinâmica Quântica (QCD) é a teoria que descreve as interações fortes entre quarks e gluons. Apesar de muitos avanços terem sido feitos, a QCD ainda possui muitas lacunas a serem preenchidas. Neste trabalho será analisado o efeito do momento magnético anômalo (AMM) na matéria de quarks. Para isso serão estudados os efeitos do AMM nas propriedades termodinâmicas e na quebra/restauração de simetria quiral. Será usado o modelo Nambu–Jona-Lasinio com dois sabores à temperatura finita e na presença de um campo magnético uniforme. A quebra/restauração de simetria quiral é de importância fundamental para a QCD, ela é usada para explicar o surgimento da massa dos hádrons. Estudos sugerem que na presença de um campo magnético, a temperatura crítica para a restauração de simetria quiral aumenta com o campo magnético, fenômeno conhecido como catálise magnética. Alguns trabalhos sugerem que quando incorporado o efeito do AMM dos quarks, a temperatura crítica para a restauração de simetria quiral diminui na presença de um campo magnético, o que é denominado catálise magnética inversa (IMC). Investigaremos se essa IMC obtida com a inclusão do AMM não é apenas um efeito devido uma regularização indevida de termos de meio.

## Referências

- [1] Sh. Fayazbakhsh and N. Sadooghi, Phys. Rev. D 90, 105030 (2014).
- [2] N. Chaudhuri, S. Ghosh, S. Sarkar and P. Roy, Phys. Rev. D 99, 116025 (2019).

# FOTOIONIZAÇÃO CAÓTICA DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO ATRAVÉS DE CAMPOS DEPENDENTES DO TEMPO.

**GUZMÁN, Andrés<sup>1\*</sup>, LIMA, Emanuel F. de<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

No presente trabalho, investigamos o controle da ionização do átomo de hidrogênio forçado clássico unidimensional, modelo que tem atraído interesse pela sua correspondência com resultados quânticos.

Através da solução numérica das equações de movimento do modelo, estudamos a dinâmica do sistema sob a ação de campos harmônico. Os espaços de fases obtidos mostram como os parâmetros do campo levam à ionização do átomo. A elevação da amplitude do campo propicia o alargamento das ilhas de ressonância e do mar de caos, enquanto que a variação da frequência está ligada ao número e à posição das ilhas de ressonância. Mostramos nesse trabalho que no regime de altas frequências ocorre a estabilização do espaço de fases e a consequente supressão da ionização.

Além do modelo coulombiano também estudamos o modelo do potencial do átomo de hidrogênio de núcleo mole, através de uma alteração no potencial este modelo consegue remover a singularidade na origem sem perder as propriedades e características gerais da dinâmica do átomo. Da mesma forma que com o potencial coulombiano clássico estudamos a dinâmica sob a ação de campos harmônicos e comparamos as características gerais dos espaços de fase de ambos modelos.

## Referências

- [1] Koch, P. M. Interaction of intense microwaves with rydberg atoms. *J. Phys. Colloques*, 43(C2):C2-187-C2-210, Sept 1982.
- [2] J G Leopold and D Richards. The effect of a resonant electric field on a one-dimensional classical hydrogen atom. *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics*, 18(16):3369-3394, aug 1985.
- [3] R. Blumel and U. Smilansky. Microwave ionization of highly excited hydrogen atoms. *Zeitschrift für Physik D Atoms, Molecules and Clusters*, 6(2):83-105, Jun 1987.

# O MOVIMENTO BROWNIANO: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO O PRINCÍPIO DE JAYNES

**FIGUEIREDO, Lucas<sup>1\*</sup>, BUFALO, Rodrigo<sup>1</sup>, CARDOSO, Tatiana<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG, Brasil

O movimento browniano, descrito por Robert Brown (séc XIX) ao observar pólen suspenso em água, é um exemplo de movimento randômico executado por partículas suspensas em um fluido. As primeiras tentativas de descrevê-lo foram por meio do cálculo das velocidades das partículas, o que se mostrou ineficiente devido à natureza irregular das trajetórias. Somente em 1905 Einstein propõe uma abordagem termodinâmica ao tratar o movimento browniano como um processo de difusão. Resolvendo a equação de difusão ele encontra a distribuição de probabilidades da posição das partículas, sendo ela a distribuição gaussiana. Uma outra maneira menos conhecida de tratar o movimento browniano é utilizando o princípio de Jaynes, uma poderosa ferramenta em teoria da informação. Tal princípio nos diz que ao maximizar a entropia da informação, levando em consideração os vínculos adequados para o sistema em questão, obtemos a distribuição de probabilidade ótima. Apresentamos no trabalho uma discussão sobre o movimento browniano e algumas das suas muitas aplicações. Discutimos a solução de Einstein brevemente e damos destaque ao tratamento pelo princípio de Jaynes. Utilizando o método dos multiplicadores de Lagrange maximizamos a entropia da informação e encontramos um resultado concordante com o já conhecido pela abordagem termodinâmica.

## Referências

- [1] CHAICHIAN, Masud; DEMICHEV, Andrei. Path integrals in physics: Volume I stochastic processes and quantum mechanics. CRC Press, 2018.
- [2] EINSTEIN, Albert. On the theory of the Brownian movement. Ann. Phys, v. 19, n. 4, p. 371-381, 1906.
- [3] JAYNES, Edwin T. Information theory and statistical mechanics. Physical Review, v. 106, n. 4, p. 620, 1957.

# DINÂMICA DE SISTEMAS QUÂNTICOS NO ESPAÇO DE FASES E TERMALIZAÇÃO A PARTIR DO FORMALISMO DE WEYL-WIGNER.

Dr

**SILVA, Caio Fernando<sup>1\*</sup>, BERNARDINI, Alex E.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Se por um lado, sistemas clássicos podem ser descritos por um conjunto de trajetórias no espaço de fases sujeitas a condições iniciais apropriadas, por outro lado, a não-comutatividade dos operadores posição e momento impede que se defina uma verdadeira densidade de probabilidade no espaço de fases, em consonância com o princípio da incerteza de Heisenberg. Esse problema pode ser contornado a partir da formulação de Weyl-Wigner da Mecânica Quântica, que estabelece um mapeamento de operadores quânticos a funções dependentes de números comutativos. Essa linguagem unificada permite descrever a evolução de um sistema quântico simultaneamente em termos da posição e momento a partir da generalização da equação de *Liouville*. Evidentemente, uma teoria da mecânica quântica válida deve fornecer um protocolo para se obter observáveis físicos, os quais podem ser obtidos como integrais no espaço de fases com a função de Wigner desempenhando o papel de uma *quasi*-densidade de probabilidade. Ela apresenta uma relação unívoca com o operador densidade do sistema, o que permite a extensão do formalismo a estados mistos, quando o sistema não pode ser descrito por uma função de onda. Nesse escopo, os efeitos térmicos podem ser naturalmente incluídos para se investigar as propriedades termodinâmicas do sistema.

## Referências

- [1] C. F. Silva and A.E. Bernardini, *Physica A* 558, 124915 (2020).
- [2] W. B. Case, *Am. J. Phys.* 76, 937 (2008).
- [3] O. Steuernagel, D. Kakofengitis and G. Ritter, *Phys. Rev. Lett.* 110, 030401 (2013).

## ARMADILHAS NATURAIS COMO CAMINHO A BEC EM SISTEMAS COM ÉXCITONS DIRETO

LAURINDO JR, Vanderli<sup>1\*</sup>, CASTRO, E. D. Guarin<sup>1</sup>, JACOBSEN, G. M.<sup>1</sup>, OLIVEIRA, E. R. C. de<sup>1</sup>, DOMENEGUETI, J. F. M.<sup>1</sup>, ALÉN, B.<sup>2</sup>, SALAMO, G. J.<sup>3</sup>, MARQUES, G. E. <sup>1</sup>, MAREGA JR, E. <sup>4</sup>, RICHARD, V. Lopez- <sup>1</sup>, TEODORO, M. D. <sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Éxcitons em semicondutores são considerados candidatos promissores para a observação do condensado de Bose-Einstein (BEC). Vários grupos reivindicam a demonstração do BEC em estado sólido e todos utilizam um sistema com semicondutores de transição indireta.[1] Recentemente um trabalho teórico propôs a observação do condensado em estruturas diretas, porém, desenhadas para que o tempo de vida do éxciton seja longo o suficiente para a termalização.[2] Neste trabalho avaliamos o uso das flutuações de potencial (armadilha naturais) como caminho para a observação BEC para éxcitons diretos. Nossos resultados demonstram que o aprisionamento dos éxcitons nas armadilhas naturais sob a aplicação de campo magnético acarreta um aumento da luminescência para o estado fundamental seguido de um aumento em seu tempo de vida, como consequência um aprimoramento da termalização. Os resultados obtidos demonstram que essas estruturas são promissoras para a observação do condensado a temperatura de até 3.6K.

### Referências

- [1] COMBESCOT, Monique; COMBESCOT, Roland; DUBIN, François. Bose-Einstein condensation and indirect excitons: a review. Reports on Progress in Physics, v. 80, n. 6, p. 066501, 2017.
- [2] VORONOVA, Nina S.; KURBAKOV, Igor L.; LOZOVIK, Yu E. Bose condensation of long-living direct excitons in an off-resonant cavity. Physical Review Letters, v. 121, n. 23, p. 235702, 2018.

# ANÁLISE DE SEGURANÇA DE CRIPTOGRAFIA QUÂNTICA BASEADA EM TELETRANSPORTE

**LIMA, Diogo<sup>1\*</sup>, RIGOLIN, Gustavo<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Neste workshop vou apresentar o protocolo de criptografia quântica BB84 amplamente conhecido na área de informação quântica e o protocolo de criptografia quântica GR10, o qual por meio do teletransporte quântico utiliza somente estados ortogonais para codificar os bits clássicos da mensagem. E também apresentarei elementos da teoria de informação necessários para o cálculo da segurança dos protocolos e assim provar que o protocolo GR10 é seguro assintoticamente contra todos tipos de ataques individuais e coletivos.

## **Referências**

- [1] D. Lima, and G. Rigolin, Quantum Inf. Process. 19, 201 (2020).
- [2] V. Scarani, et al, Rev. Mod. Phys. 81, 1301 (2009).
- [3] G. Gordon, and G. Rigolin, Opt. Commun. 283, 184 (2010).

## Física da Matéria Condensada

### EFEITO DA ADSORÇÃO DE MOLÉCULAS ATMOSFÉRICAS NAS PROPRIEDADE DE TRANSPORTE ELETRÔNICO DA MONOCAMADA DE MOS<sub>2</sub> Grad

**REGIS, Natan Moreira<sup>1\*</sup>, LIMA, Matheus Paes<sup>1</sup>, SILVA, Juarez L. F. da<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

<sup>2</sup> Instituto de Química de São Carlos - IQSC, Universidade de São Paulo -USP, São Carlos - SP, Brasil

O dissulfeto de molibdênio ( $MoS_2$ ) é um metal dicalcogeneto de transição (TMD) com aplicações promissoras em nanoeletrônica, spintrônica, dispositivos fotovoltaicos e catálise. Algumas aplicações foram relatadas recentemente na literatura [1,2]. A estrutura do  $MoS_2$  é do tipo cristal de van der Waals, onde diversas camadas bi-dimensionais se ligam por interações fracas de van der Waals, tornando fácil isolar uma única folha por esfoliação. Neste trabalho, será estudada a interação de algumas moléculas da atmosfera, a saber,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$  e  $O_2$ , sobre uma monocamada de  $MoS_2$ . Serão aplicadas técnicas relatadas na Ref. [3] com simulações baseadas na teoria do funcional da densidade (DFT) com uso do código *Vienna Ab initio Simulation Package - VASP*. Correções para as forças de van der Waals serão empregadas para uma melhor descrição das interações de longo alcance. Serão empregados nove sítios de adsorção iniciais, e ainda várias orientações moleculares, para se determinar o comportamento de adsorção e a estabilidade das moléculas sobre a monocamada de  $MoS_2$ . Análises posteriores serão conduzidas para os sistemas com geometria otimizada que sejam estáveis.

#### Referências

- [1] Pospischil, A.; Furchi, M.; Mueller, T. Solar-energy conversion and light emission in an atomic monolayer p-n diode. *Nature Nanotechnology*, 2014, 9, 257–261.
- [2] Leng, K.; Chen, Z.; Zhao, X.; Tang, W.; Tian, B.; Nai, C.T.; Zhou, W.; Loh, K.P. Mo-Terminated Edge Reconstructions in Nanoporous Molybdenum Disulfide Film. *ACS Nano*, 2016, 10, 9208-9215.
- [3] Meneses-Gustin, D.; Cabral, L.; Lima, M. P.; Da Silva, J. L. F.; Margapoti, E.; Ulloa, S. E.; Marques, G. E.; Lopez-Richard, V. Photomodulation of transport in monolayer dichalcogenides. *Phys. Rev. B*, 2018, 98, 241403.

# CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS DA LUZ ESPALHADA POR AMOSTRAS ATÔMICAS DENSAS

**DIAS, Pablo Gabriel Santos<sup>1\*</sup>, MAGNANI, Pedro H. N<sup>1</sup>, FROMETA, Marcia F.<sup>2</sup>, COURTEILLE, Philippe W.<sup>2</sup>, TEIXEIRA, Raul C.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

A propagação de luz por uma amostra desordenada de centros espalhadores isotrópicos quase-ressonantes com a luz incidente no regime diluído pode ser descrita por um modelo de campo médio. No regime denso, por outro lado, uma descrição de campo médio não é mais possível, pois as correlações entre vizinhos próximos tornam-se fortes. Para uma onda escalar, é possível descrever o processo de espalhamento a partir das correlações, temporais e espaciais, da luz espalhada. Flutuações universais de condutividade manifestam-se na função de correlação angular da onda espalhada. As correlações temporais, por outro lado, trazem informação sobre a distribuição de distâncias percorridas pela onda quando se difunde no meio material. As noções obtidas em sistemas complexos de baixa densidade serão estudadas no contexto dos sistemas densos, onde o caráter vetorial da luz que se torna fundamental. Para isso, uma nuvem de átomos frios de estrôncio é um ótimo corpo de prova devido a sua baixa temperatura e a possibilidade de se explorar facilmente diferentes geometrias e densidades. Com esta nuvem iremos verificar os comportamentos espaciais e temporais da função de correlação da luz espalhada.

# Física Básica e Física Estatística

## SIMULAÇÃO QUÂNTICA DA EQUAÇÃO DE DIRAC E DA EQUAÇÃO DE WEYL

**FERNANDES, Gabriel Pedro Lima Moyses<sup>1\*</sup>, VILLAS-BÔAS, Celso Jorge<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Neste trabalho foi realizada uma síntese das atuais pesquisas sobre a simulação quântica da equação de Dirac e da equação de Weyl em um sistema de um único íon aprisionado em um potencial harmônico. Partindo da versão semiclássica do modelo de Jaynes-Cummings, o qual considera a interação entre radiação e um íon de dois níveis, foram geradas interações que permitem o acoplamento dos estados internos e estados externos de um íon aprisionado, permitindo o controle da dinâmica do sistema. Manipulando essas interações foi possível gerar interações apropriadas para simular a dinâmica da equação de Dirac e da equação de Weyl no sistema, o que possibilitou o estudo do efeito *zitterbewegung* - um efeito que se origina da superposição das soluções de energias positivas e negativas da equação de Dirac.

### Referências

- [1] LEIBFRIED, D. et al. Quantum dynamics of single trapped ions. *Reviews of Modern Physics*, The American Physical Society, v. 75, n. 1, p. 281–324, 2007.
- [2] GERRITSMAN, R. et al. Quantum simulation of the Dirac equation. *Nature*, Macmillan Publishers Limited, v. 463, n. 7, p. 68–71, 2010.
- [3] LI, D.-S. et al. Quantum simulation of the weyl equation with a trapped ion. *Quantum Information Processing*, Springer, v. 18, n. 5, p. 151–162, 2019.

# INTRODUÇÃO À MECÂNICA PSEUDO-HERMITIANA

**DINIZ, Ciro Micheletti<sup>1\*</sup>, MOUSSA, Miled Hassan Youssef,**

<sup>1</sup>Departamento de Física - DF, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Durante toda graduação, nos cursos de mecânica quântica, lidamos sempre com hamiltonianos hermitianos, bem como com uma base de autoestados e autovalores reais, e em todos os problemas tratados os hamiltonianos obedeciam essa característica. Mas nem todos os fenômenos podem ser descritos por esse tipo formalismo, o que fez surgir o formalismo pseudo-hermitiano, que diz como tratar os hamiltonianos não hermitianos e também os operadores e os novos tipos de autoestados e autovalores.

## Referências

[1] BENDER, C. M.; BOETTCHER, S. Real spectra in non-hermitian hamiltonians Having PT Symmetry. *Physical Review Letters*, American Physical Society (APS), v. 80, n. 24, p.5243–5246, jun. 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.80.5243>.

[2] BALLENTINE, L. E. *Quantum Mechanics*. WORLD SCIENTIFIC, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/9038>.

[3] BENDER, C. M. Introduction to  $\mathcal{P}$ -symmetric quantum theory. *Contemporary Physics*, Informa UK Limited, v. 46, n. 4, p. 277–292, jul. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00107500072632>.

# ABUNDÂNCIA QUÍMICA DE OXIGÊNIO EM GALÁXIAS LINERs

Dr

**JUNIOR, Celso Benedito Oliveira<sup>1\*</sup>, KRABBE, Ângela Cristina<sup>2</sup> ,**

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - ICET, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, São José dos Campos - SP, Brasil

Galáxias com região nuclear de linhas de baixa ionização (LINERs) são objetos comuns e aparecem em cerca de um terço das galáxias do universo local. A natureza da fonte ionizante destes objetos ainda não é bem compreendida e não existem métodos específicos e confiáveis para estimar a abundância química desses objetos. Utilizando dados espectroscópicos de campos integral do survey MaNGA (Mapping Nearby Galaxies at Apache Observatory), investigou-se a abundância de oxigênio nos núcleos de dez galáxias LINERs. Para tal estudo, empregaram-se sete calibrações de metalicidade disponíveis na literatura, sendo cinco destas utilizadas para determinação de abundância química de oxigênio em regiões HII (regiões de formação estelar) e duas calibrações empregadas na determinação de abundância química de oxigênio em Núcleo Ativo de Galáxia (AGN). Por meio de extrapolação do gradiente radial estimou-se a abundância de O/H no núcleo dos objetos da amostra, obtendo-se valor médio de  $12 + \log (O/H)$  8,81.

## Referências

- [1] CASTRO, C. S. et al. New metallicity calibration for Seyfert 2 galaxies based on the N2O2 index. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 467, p. 1507–1514, maio 2017.
- [2] STORCHI-BERGMANN, T. et al. Chemical Abundance Calibrations for the Narrow-Line Region of Active Galaxies. , v. 115, p. 909–914, mar. 1998.
- [3] HECKMAN, T. M. An optical and radio survey of the nuclei of bright galaxies - Activity in normal galactic nuclei. *Astronomy Astrophysics*, v. 87, p. 152–164, jul. 1980.



## Lista de Convidados

Nome	Instituição	Local
Prof. Dr. Francisco Aparecido Rodrigues	Instituto De Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/USP	São Carlos - SP
Prof. Dr. Ivã Gurgel	Instituto de Física - IF/USP	São Paulo - SP
Dr. Reinaldo José Lopes	Folha de São Paulo	São Paulo - SP
Prof. Dr. Rafael de Almeida Evangelista	Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo - Labor/UNICAMP	Campinas - SP
Dra. Mariana Pezzo	Laboratório Aberto de Interatividade - LABI	São Carlos - SP
Pedro Henrique Sousa Martins	Centro Nacional de Pesquisa em Materiais - Sirius/CNPEM	Campinas - SP
Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales	Departamento de Metodologia de Ensino - DME/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Emanuel Fernandes de Lima	Departamento de Física - DF/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Raul Celistrino Teixeira	Departamento de Física - DF/UFSCar	São Carlos - SP
Profa. Dra. Andréa Simone Stucchi de Camargo Alvarez Bernardez	Instituto de Física de São Carlos - IFSC/USP	São Carlos - SP
Prof. Dr. Valtencir Zucolotto	Instituto de Física de São Carlos - IFSC/USP	São Carlos - SP
Prof. Dr. Wladimir Seixas	Departamento de Matemática - DM/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Celso Jorge Villas Boas	Departamento de Física - DF/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Paulo Roberto Montanaro	Secretaria Geral de Educação a Distância - SEaD/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Thiago Signorini Golçalves	Observatório de Valongo - UFRJ	Rio de Janeiro - RJ
Profa. Dra. Cristina Kurachi	Instituto de Física de São Carlos - IFSC/USP	São Carlos - SP
Vitor Brunelli Pereira	Departamento de Física - DF/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique	Universidade Federal de Lavras - UFLA	Lavras - MG

Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima	Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP	Ouro Preto - MG
Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes	Instituto de Física de São Carlos IFSC/USP	São Carlos - SP
Prof. Dr. Alexandre Luis Magalhães Levada	Departamento de Computação - DC/UFSCar	São Carlos - SP
Profa. Dra. Ducinei Garcia	Departamento de Física - DF/UFSCar	São Carlos - SP
Prof. Dr. Paulo Eduardo Ar-taxo Netto	Instituto de Física - IF/USP	São Paulo - SP
Prof. Dr. Márlon Pessanha	Departamento de Metodologia do Ensino - DME/UFSCar	São Carlos - SP
Dra. Ana Amelia Machado	Instituto de Física Gleb Wataghin - IFGW/UNICAMP	Campinas - SP

# Patrocinadores

A XVI Semana da Física da UFSCar - Campus São Carlos agradece o apoio dos patrocinadores:



