
PROJETO DE PESQUISA

Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – CBPF

Nome do Orientador e Coordenação (Pesquisador/Tecnologista/Pós-doc):

Leonardo Ospedal Prestes Rosas (pós-doutorando na coordenação COSMO-CBPF)

Nome do pesquisador ou tecnologista e Instituição de Pesquisa Externa: (Coorientador ou Colaborador externo, se houver):

Nome do Supervisor e Coordenação: (Pesquisador/Tecnologista):

Sergio Jose Barbosa Duarte (pesquisador da COSMO-CBPF)

Título do Projeto:

Soluções de laços e nós na eletrodinâmica de Maxwell.

Palavra-chave: **laços, nós, linhas de campo, eletrodinâmica.**

Área de conhecimento: **Física Clássica e Eletromagnetismo.**

Pré-requisitos desejáveis (se houver): **conhecimento básico de Eletromagnetismo.**

Pré-requisitos obrigatórios (se houver): **cálculo Diferencial e Integral.**

Possibilidade de orientação remota:

(**X**) Sim

() Não

Rio de Janeiro, 18 de fevereiro de 2026

PROJETO:

Introdução e contextualização

As equações de Maxwell, formuladas no século XIX, possuem uma grande riqueza de soluções, bem como diversas aplicações no nosso cotidiano. Além de haver soluções na forma de ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo ou meio material, também existem outras soluções com propriedades interessantes chamadas de laços ou nós. Neste projeto, procuramos apresentar de forma didática algumas dessas soluções, onde as linhas de campo dos campos elétrico e/ou magnético se entrelaçam formando estruturas fechadas e localizadas no espaço, que respeitam algumas propriedades topológicas de curvas. Tal estudo revela não apenas a elegância matemática das equações de Maxwell, mas também fornece ferramentas conceituais importantes para compreender sistemas topológicos na física contemporânea.

Objetivos

- 1) compreensão do formalismo de potenciais eletromagnéticos no vácuo, definições das helicidades topológicas e vetor de Riemann-Silberstein,
- 2) análises das soluções de laços e nós via ansatz de Bateman, Rañada e Hopf-Rañada.
- 3) entendimento das classificações de nós, laços e a conexão de helicidades com números de enlaces.
- 4) eventual elaboração de artigo de divulgação científica.

Metodologia

Ocorrerão reuniões semanais entre o(a) bolsista, o supervisor e eventuais colaboradores para discussões, apresentações dos materiais e resultados parciais, bem como possíveis encaminhamentos e aplicações do projeto.

Resultados esperados

Com este projeto, espera-se que o(a) estudante esteja familiarizado(a) com o tema e apto(a) para escrever um artigo de divulgação científica. Além disso, o projeto contempla uma temática de atual relevância e multidisciplinar, possibilitando a continuação com investigações em diferentes cenários e aplicações na física da matéria condensada, física de plasma, biologia e matemática.

Referências bibliográficas

- 1) A.F. Rañada, “*A Topological Theory of the Electromagnetic Field*”, Lett. Math. Phys. 18 (1989) 97.
- 2) A.C. Hirshfeld, “*Knots and physics: Old wine in new bottles*”, Am. J. Phys. 66 (1998) 1060.
- 3) H. Kedia, I. Bialynicki-Birula, D. Peralta-Salas, and W.T.M. Irvine, “*Tying knots in light fields*”, Phys. Rev. Lett. 111 (2013) 150404.
- 4) M. Arrayás, D. Bouwmeester e J.L. Trueba, “*Knots in electromagnetism*”, Phys. Rep. 667 (2017) 1.
- 5) H. Nastase, “*Classical Field Theory*”, Cambridge University Press, 2019.
- 6) M. Eto, Y. Hamada e M. Nitta, “*Tying Knots in Particle Physics*”, Phys. Rev. Lett. 135 (2025) 9, 091603.

Outros artigos científicos e livros serão indicados ao longo do desenvolvimento do projeto.