



# PROJETO – DE – PESQUISA

## Programa de Iniciação científica e Tecnológica CBPF

Nome do pesquisador ou tecnologista (orientador interno):

Sergio B. Duarte

Coordenação: Cosmo

Nome do pesquisador ou tecnologista (coorientador/colaborador externo, se  
houver): N/A

Instituição de Pesquisa Externa (se houver): N/A

Título do projeto: Ondas Gravitacionais em Sistemas Binários de Estrelas de Nêutrons

Palavra-chave: Ondas gravitacionais, Estrelas de Nêutrons

Área de conhecimento: Astrofísica de altas energias

Pré-requisito desejado (se houver): Alunos a partir do 4º período

Possibilidade de orientação remota:     Sim  Não

Resultante principal do Projeto:

- Publicação (horizonte de 4 anos).
- Preparação do bolsista para área científica.
- Produto tecnológico.
- Produto educacional ou didático.

Rio de Janeiro, 14 de agosto de 2024

# Projeto

**Título do Projeto:** Ondas Gravitacionais em Sistemas Binários de Estrelas de Nêutrons

## 1. Introdução

As ondas gravitacionais, previstas pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein, são ondulações no tecido do espaço-tempo causadas por eventos astrofísicos massivos e acelerados, como a colisão de estrelas de nêutrons em sistemas binários. O estudo desses fenômenos fornece insights valiosos sobre a estrutura e a dinâmica desses objetos compactos, bem como sobre a física fundamental das interações gravitacionais em regimes de campo forte.

Estrelas de nêutrons são remanescentes compactos de supernovas e possuem uma densidade extrema, o que as torna objetos ideais para o estudo das interações gravitacionais. Quando em sistemas binários, a interação gravitacional entre as estrelas provoca a emissão contínua de ondas gravitacionais, que drenam energia do sistema e levam as estrelas a se aproximarem até eventualmente colidirem. Durante essa aproximação, as forças de maré desempenham um papel crucial na dinâmica do sistema, afetando significativamente a forma da onda gravitacional emitida. Este projeto tem como objetivo calcular a emissão de ondas gravitacionais em sistemas binários de estrelas de nêutrons, incorporando as forças de maré no modelo. Esse estudo contribuirá para uma melhor compreensão da física das estrelas de nêutrons e das características das ondas gravitacionais que podem ser detectadas por observatórios como LIGO e Virgo.

## 2. Desenvolvimento

Neste projeto, será desenvolvido um modelo matemático que descreva o efeito de maré entre estrelas de nêutrons em um sistema binário. Este modelo considerará as deformações induzidas pelas forças de maré na evolução orbital e na emissão de ondas gravitacionais, derivando as equações de movimento que governam o sistema binário. As expressões necessárias para o cálculo das formas de onda gravitacional serão formuladas, levando em conta a contribuição das forças de maré, o que permitirá uma descrição mais precisa do fenômeno.

Com o modelo teórico em mãos, a próxima etapa envolverá sua implementação computacional. Será escolhida uma linguagem de programação adequada, como Python ou C++, para desenvolver o código que simulará a evolução de sistemas binários de estrelas de nêutrons e a correspondente emissão de ondas gravitacionais. A implementação incluirá a aplicação de métodos numéricos para resolver as equações diferenciais que descrevem a dinâmica do sistema, garantindo a precisão e estabilidade do código através de testes com cenários simples.

## 3. Referência Bibliográfica

1. Rodrigues, X., et al. (2021). "Gravitational Waves from Dynamical Shape Transition of Protoneutron Stars."
2. **SANTOS, Vitória Bezerra. Radiação Gravitacional de um Sistema Binário de Estrelas de Nêutron em Regime de Grande Afastamento Relativo.** Rio de Janeiro, 2022. Monografia

1. Rodrigues, X., et al. (2021). "Gravitational Waves from Dynamical Shape Transition of Protoneutron Stars."

**Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**  
Rua Doutor Xavier Sigaud, 150, URCA, Rio de Janeiro, BrasilTel.:  
+55 21 2141-7100

CEP:22290-180

