

Caracterização das cordas cósmicas girantes a partir da modelagem pela teoria de gravitação de Brans-Dicke

Renan Floriano da Silva¹, Sérgio Mittmann dos Santos², Julio Marny Hoff da Silva³



UFRGS
PROFESQ
CET - Ciências Exatas e da Terra

XXV SIC
Salão Iniciação Científica

¹ Renan Floriano da Silva, Licenciatura Ciências da Natureza, IFRS-câmpus Porto Alegre
² Sérgio Mittmann dos Santos (orientador) ³ UNESP,
3 Câmpus de Guaratinguetá

INTRODUÇÃO

A teoria de gravitação de Brans-Dicke é uma teoria escalar-tensorial, que prevê a interação gravitacional sendo mediada não apenas pelo gráviton, mas também por um campo escalar [1]. Atualmente, os estudos com a teoria de Brans-Dicke vêm contribuindo para o desenvolvimento das teorias de unificação das interações fundamentais e para a compreensão da evolução do Universo [2, 3, 4]. Ela também indica a possibilidade da existência de objetos denominados cordas cósmicas, que são defeitos topológicos formados no início do Universo pelo efeito da inflação cósmica. Sua dinâmica traz alguma informação sobre teorias mais fundamentais. Há um tipo de corda cósmica ainda pouco compreendido, denominado corda cósmica girante, na qual a dinâmica está associada à solução de Gödel para as equações da teoria da relatividade geral, que sugerem a possibilidade teórica de curvas fechadas tipo-tempo [5, 6]. Em 2012, o projeto *Identificação das alterações significativas nas equações de campo para as cordas cósmicas girantes em teoria de gravitação de Brans-Dicke* propôs a modelagem de cordas cósmicas girantes pela teoria de gravitação de Brans-Dicke. A modelagem consistiu de um sistema com 6 equações diferenciais não-lineares acopladas (Equação (1)). Através do software Mathematica, foi possível encontrar as soluções gerais para as equações do sistema. Motivado pelos resultados alcançados em 2012, desde março de 2013, desenvolve-se o projeto *Caracterização das cordas cósmicas girantes a partir da modelagem pela teoria de gravitação de Brans-Dicke*, que tem como principais objetivos (a) definir os adequados coeficientes para as soluções do sistema de equações diferenciais não-lineares acopladas que modelou as cordas cósmicas girantes pela teoria de gravitação de Brans-Dicke; (b) verificar se a modelagem proposta prevê a existência de regiões próximas às cordas cósmicas girantes que possibilitem teoricamente viagens ao passado; (c) determinar a forma de possíveis geodésicas junto à corda cósmica girante; (d) verificar se a modelagem proposta independe do referencial utilizado. O presente trabalho apresentará os resultados até então obtidos.

METODOLOGIA

Num primeiro momento, foi realizada uma revisão bibliográfica relativa ao uso da versão 9 do software Mathematica [7], atual disponível pela Wolfram Research, que deverá contribuir para a execução do projeto. A partir daí, iniciou-se o desenvolvimento do trabalho proposto, começando com a definição dos adequados coeficientes para as soluções obtidas no projeto *Identificação das alterações significativas nas equações de campo para as cordas cósmicas girantes em teoria de gravitação de Brans-Dicke*.

Sistema de equações:

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \left[-\frac{3e^{2\alpha} (M'^2 - M\alpha')^2}{r^2} + 4 \left(-\frac{2\alpha'}{r} + \alpha'^2 - 2\alpha + \beta \right) \right] &= -\phi'^2 \\ \frac{1}{4} \left[-4\alpha'^2 + \frac{e^{2\alpha} (M' - M\alpha')^2}{r^2} + \frac{4\beta'}{r} \right] &= \phi'^2 \\ \frac{1}{4} \left[\frac{e^{2\alpha} (M' - M\alpha')^2}{r^2} + 4(\alpha'^2 + \beta'') \right] &= -\phi'^2 \\ \frac{1}{4} \left[-e^{2\alpha} (M' - M\alpha')^2 + 4 \left(\alpha'^2 - \frac{\beta'}{r} \right) \right] &= -\phi'^2 \\ M'(-1 + 2r\alpha') + rM'' + M(\alpha' - 3r\alpha'^2 - r\alpha'') &= 0 \\ \phi' + r\phi'' &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

RESULTADOS PARCIAIS

Em 2012 inicialmente, obteve-se uma solução numérica para a equação o campo escalar da teoria de Brans-Dicke a partir do sistema de (Equação (1)), por meio de um algoritmo para a aplicação de o método de Runge-Kutta, desenvolvido em linguagem C, adaptado a partir da referência [7]. No mesmo ano foram obtidas soluções analíticas de todo o sistema de equações através da versão 8 para utilização temporária do software Mathematica, distribuído livremente por Wolfram Research [8]. Os resultados até então alcançados em 2013 são as definições dos coeficientes (Equação (2)) do sistema de equações desenvolvido também com software Mathematica versão 9 Wolfram Research. Com a definição dos coeficientes para o sistema de equações, adequados para a obtenção de soluções reais, estão sendo analisados os resultados prévios, que tratam da possibilidade da existência teórica de viagens ao passado em regiões próximas às cordas cósmicas girantes. Esta análise consiste em avaliar cada um dos termos do tensor métrico [9] (Equação (3)) definido para o sistema de equações que compõe a modelagem realizada para as cordas cósmicas girantes.

$$\begin{aligned} \{Ca \in \mathbb{R} \mid Ca < \frac{1}{4}\}; \{C1 \in \mathbb{R} \mid C1 \neq 0\}; \text{para } \{Ca < \frac{1}{4}(1 - 4C1^2)\} \\ \{C3 \in \mathbb{R} \mid C3 \leq -1\} \text{ quando } \{r \in \mathbb{R} \mid r > 1\} \\ \{C3 \in \mathbb{R} \mid -1 < C3 < 0\} \text{ quando } \{r \in \mathbb{R} \mid 0 < r < 1\} \\ \text{Demais constantes: } \{(C4; C5; Cb; C6) \in \mathbb{R}\} \end{aligned} \quad (2)$$

Tensor métrico:

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} -e^{2\alpha} & 0 & 0 & -e^{\alpha}M \\ 0 & e^{-2\alpha+2\beta} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{-2\alpha+2\beta} & 0 \\ -e^{\alpha}M & 0 & 0 & e^{-2\alpha}r^2 - M^2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

PERSPECTIVAS FUTURAS

A próxima etapa consistirá em determinar as possíveis geodésicas nas proximidades de uma corda cósmica girante, com a intenção de melhor caracterizá-la. Para corroborar a validade da modelagem proposta para as cordas cósmicas girantes, será verificado se a mesma é válida tanto para o referencial de Brans-Dicke quanto para o referencial de Einstein. As conclusões relativas aos resultados obtidos serão registradas sob a forma de um artigo, para a submissão a um evento e a publicação em periódico da área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Brans and R. H. Dicke, Phys. Rev. 124, 925, 1961.
- [2] M. B. Green, J. H. Schwarz and E. Witten, Superstring Theory, Cambridge University Press, 1987.
- [3] T. Damour and K. Nordvedt, Phys. Rev. Lett. 70, 2217, 1993.
- [4] T. Damour and K. Nordvedt, Phys. Rev. D 48, 3436, 1993.
- [5] K. Gödel. Rev. Mod. Phys. 21, 447, 1949.
- [6] M. Novello, I. D. Soares and J. Tiomno, Phys. Rev. D 27, 779, 1983.
- [7] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling and B.P. Flannery. Métodos Numéricos Aplicados: Rotinas em C++, 3a. ed. Porto Alegre, Bookman, 2011.
- [8] www.wolfram.com/mathematica/new-in-8/index.html, 16. Abri. 2013.
- [9] B. Jensen. Class. Quantum Grav. 9, L7, 1992.

Apoiadores
• BICTES e *AIPCT, IFRS, Câmpus Porto Alegre;
• UNESP.



MODALIDADE DE BOLSA

Aluno Externo
Bolsa: BICTES / IFRS - Bolsa de Iniciação Científica/Tecnológica