DESCRIÇÃO LAGRANGEANA CLÁSSICA PARA COSMOLOGIAS FRW: RECONSTRUINDO O POTENCIAL VIA OBSERVAÇÕES

Leonardo Ribeiro Colaço[1], Rodrigo Fernandez Lira de Holanda[12]
[1]Universidade Federal do Rio Grande do Norte, colacolrc@gmail.com
[2]Universdade Estadual da Paraíba, holanda@uepb.edu.br

Introdução

Neste trabalho de Iniciação Científica, foi feito uma revisão em cima dos modelos cosmológicos Newtoniano e Neo-Newtoniano baseados na formulação da hidrodinâmica clássica. Em seguida, será estudado como a descrição Lagrangiana Clássica, proposta por Lima, Moreira e Santos em 1998 **[5]** para fluidos simples, poderá ser generalizada para incluir modelos com misturas de fluidos e, portanto, cosmologias mais realísticas, ou seja, será investigado como reconstruir o potencial da Lagrangiana utilizando quantidades observacionais pertinentes. Para alcançar esse objetivo, pretende-se utilizar diversas quantidades físicas, tais como: distância de luminosidade de supernovas, distâncias de diâmetro angular de aglomerados de galáxias e medidas da taxa de expansão do Universo em diferentes *redshifts*. Todas essas medidas são encontradas facilmente na literatura. Tem-se como justificativa a participação do discente na produção científica, despertando-o para o pensar crítico e criativo da ciência, estimulando assim uma futura pós-graduação.

Metodologia

A métrica mais adequada que explica e satisfaz a homogeneidade e isotropia do Universo em expansão é a métrica Friedmann-Robertson-Walker (FRW) **[4]**. Esta métrica é escrita em um particular sistema de referência, onde as coordenadas são comoveis com a expansão do fluido cósmico que permeia o Universo, já que na TRG pode-se escolher o sistema de referência. Assim, as propriedades físicas mantem-se a mesma em toda a sua extensão e parecem ser iguais em qualquer direção que olhemos. Assim, do ponto de vista teórico, a cosmologia moderna está embasada na Teoria da Relatividade Geral (TRG), de forma que a mesma está frequentemente associada à complexidade matemática inerente a geometria *Riemanniana*, isto é, álgebra tensorial, variedades diferenciáveis, grupos contínuos de simetria, entre outros. Entretanto, as equações do movimento que regem essa dinâmica do Universo são conhecidas na literatura por equações de Friedmann **[2]**, as quais caracterizam a evolução do Universo, oriundas das equações de campo de Einstein da TRG.

Contudo, este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica baseado nos modelos cosmológicos surgidos após a publicação da TRG: O modelo de Milne e McCrea (1934) **[6,8]**, onde os autores obtiveram as equações dinâmicas para um Universo sem pressão utilizando a hidrodinâmica clássica; e o modelo de McCrea (1951) **[7]**, onde esse autor utilizou métodos clássicos junto a dois conceitos relativísticos, obtendo um modelo semi-clássico para um Universo com pressão não nula, mostrando assim que é possível obter as mesmas soluções não perturbadas de Friedmann utilizando diferentes conceitos físicos. Futuramente, será investigado e mostrado que através de uma descrição Lagrangiana clássica, ou tipo-partícula, é possível obter modelos cosmológicos relativísticos com e sem pressão obtidos anteriormente por Milne e McCrea (1934) e McCrea (1951).

Resultados e discussão

Comparando os resultados obtidos com a equação de Friedmann no caso sem pressão do modelo de Milne e McCrea (1934), é possível notar que o potencial independe da curvatura do espaço-tempo e a energia total é proporcional a esta curvatura do espaço-tempo, na forma $E = -mk/2$. Se $k = -1$, a energia total é positiva e a partícula possui velocidade maior que a velocidade de escape da massa contida no "raio" a (quando $t \to \infty$ temos $a \to \infty$ e $\dot{a} \to 1$). Se $k = 0$, a energia total é zero e o universo se comporta como uma partícula com velocidade igual à de escape (quando $t \to \infty$ temos $a \to \infty$ e $\dot{a} \to 0$). Se $k = +1$, a energia total é negativa e o universo se comporta como uma partícula com velocidade menor que a de escape, a expansão ocorrerá até $\dot{a} = 0$ (quando $a = A^2$), contraindo-se em seguida (representado na Figura 1). Entretanto, esta analogia não é estendida para o caso da pressão ser não nula, $p \neq 0$ **[3]**.

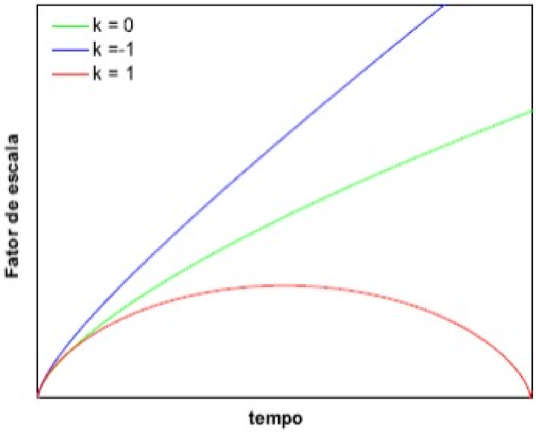

Figura 1: Fator de escala em função do tempo para um Universo apenas preenchido por matéria para um espaço plano ($k = 0$), fechado ($k = +1$) e hiperbólico ($k = -1$) [1]

Conclusões

Cosmologia é a ciência que estuda a origem, estrutura e a evolução do Universo. O objetivo é entender como o Universo funciona e como se formou e ver qual é o seu destino futuro. Assim, para estudar como a expansão ou contração do Universo ocorreu a partir de um ponto de vista newtoniano, foi estudado o Modelo do tipo FRW de Milne e McCrea para um Universo sem pressão, publicado em 1934, e o Modelo do tipo FRW de McCrea e Harrison para um Universo com pressão, publicado em 1951, os quais são compatíveis com as soluções não perturbadas para o Universo do tipo FRW.

Palavras-Chave: Cosmologia Newtoniana; Cosmologia Neo-Newtoniana; Descrição Lagrangiana Clássica.

Referências

[1] BUSTI, V. C. Cosmologia na era da Precisão: O Método de Dyer-Roedere a Influência das Homogeneidades nos Testes Cosmológicos. 2013. 171 f. Tese (Doutorado em Astronomia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2013.

[2] FRIEDMANN, A. A Tired Light/Contracting Universe Model from the Union2.1 Supernovae Data. Journal of Modern Physics. 1922. Zeitschrift fuhr Physik 10, 377-386.

[3] HOLANDA, R. F. L. Análogos Clássicos para Cosmologias Relativísticas Aceleradas: Uma Abordagem Lagrangeana. 2007. 179 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2013.

[4] HORVATH, J. E. et al. Cosmologia Física. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

[5] LIMA, J. A. S. et al. Gen. Relativity and Grav., 30, 425. 1998.

[6] MCCREA, W. H.; MILNE, E. A. Quart. J. Math. 5, 73. 1934.

[7] MCCREA, W. H. Proc. Roy. Soc. Lond. A 206, 562. 1951.

[8] MILNE, E. A. Quart. J. Math. 5, 73. 1934.