

Teoria Dos Múltiplos Campos Escalares Inflacionários

*autor: Navacchia, Roberto C. M.
olibano.incensos@gmail.com*

Abstract

The proposal of this article is the hypothesis of multiple inflationary scalar fields as an alternative to the single Big Bang model. Instead of a single initial singularity, I suggest that the early universe was dominated by several scalar inflationary structures such as Turbulent Inflators, where gravitational vortices formed amidst the cosmic chaos, and which later gave rise to galaxies. The exploration of the relationship between the formation of brown dwarfs and the evolution of cosmic structures, suggesting that these celestial objects can serve as evidence for this model. In addition, the inflationary metrics of these scalar fields and their influence on the cosmic microwave background, Computational Models create implications for a new cosmological paradigm.

Keywords: Cosmology: Inflating Fields, Geometry, Computational Models

Resumo

A proposta deste artigo é a hipótese dos múltiplos campos escalares inflacionários como alternativa ao modelo do Big Bang único. Ao invés de uma única singularidade inicial, sugiro que o universo primitivo era dominado por várias estruturas inflacionárias escalares, os Inflatores Turbulentos, onde vórtices gravitacionais se formaram em meio ao caos cósmico, e que posteriormente deram origem às galáxias. A Exploração da relação entre a formação das anãs marrons e a evolução das estruturas cósmicas, sugerem que esses objetos celestes podem servir como evidências para esse modelo. Além disso, as métricas inflacionárias desses campos escalares e sua influência na radiação cósmica de fundo evidenciada pelos modelos computacionais implica em um novo paradigma cosmológico.

Palavras Chaves: Cosmologia: Campos Inflatores, Geometria, Modelos computacionais

1. Introdução

O campo inflador é um conceito hipotético da cosmologia que surge na teoria da inflação cósmica. Essa teoria propõe que, logo após o Big Bang, o universo passou por um período extremamente rápido de expansão exponencial, onde este campo escalar seria o autor da inflação cósmica sendo muito semelhante ao campo de Higgs, mas com propriedades

específicas que levariam à rápida expansão do espaço devido ao campo ter um potencial associado, e sua evolução ter levado à liberação de uma colossal quantidade de energia, impulsionando a expansão do universo.

Na fase Inflacionária o campo inflator estava em um estado de energia potencial alta, e o universo se expandiu exponencialmente e após o *Decaimento* o campo começou a migrar para um estado de energia baixa, enquanto que na fase de *Reaquecimento* a energia do campo inflator se converteu em partículas e radiação, dando início à era quente do universo e permitindo assim a formação da matéria.

A inflação cósmica explica vários mistérios do universo, como:

- Homogeneidade e isotropia do universo observável.
- A ausência de monopólos magnéticos, prevista em algumas teorias da física.
- Flutuações quânticas no campo inflator que deram origem às estruturas cósmicas (galáxias, aglomerados, etc.).

Embora o campo inflator ainda seja hipotético, muitos modelos tentam descrever sua natureza. Um candidato popular é o campo escalar de Higgs, mas sua identidade exata ainda é desconhecida e no presente estudo proponho a hipótese que o universo emergiu a partir de múltiplos Inflatores(Inflatons), cada um gerando regiões turbulentas onde a matéria se acumulava em estruturas gravitacionais complexas. Este processo fornece uma explicação alternativa para a *distribuição das galáxias* que podem ter emergido destas estruturas matemáticas que podemos denominar de ***Inflatores Harmônicos e Inflatores Espirais***, sendo derivados das expressões oscilatórias aplicadas à um espaço bidimensional, cujas as variações e simetrias indicam a possibilidade de padrões fundamentais na formação da matéria em grande escala.

2. Fundamentos Teóricos e Formulação Matemática

2.1 Estruturas Complexas

Cada Inflator Harmônico pode ser modelado e entendido como um campo escalar dinâmico cuja métrica influencia diretamente a curvatura do espaço-tempo ao seu redor. Esses campos formam padrões turbulentos, similares a ondas em fluidos dinâmicos, e são governados pela equação:

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + \frac{dV(\phi)}{d\phi} = 0$$

onde: $H = \frac{\ddot{a}}{a}$ é o fator de Hubble, e $V = V(\phi)$ o potencial de campo .

Para um sistema de N campos inflacionários :

$$\sum_{i=1}^N \left(\ddot{\phi}_i + 3H\dot{\phi}_i + \frac{\partial V}{\partial \phi_i} \right) = 0$$

Esta dinâmica pode gerar regiões de alta curvatura no espaço-tempo, sem exigir uma singularidade.

2.2 Métricas Inflacionárias de Campos Escalares

A métrica dos inflatores pode ser comparada à dos buracos negros, mas sem um horizonte de eventos bem definido. Em vez de singularidades, os inflatores formariam regiões de alta curvatura onde a matéria se acumulava gradualmente. Podemos modelar em uma calculadora gráfica 3d estas estruturas utilizando a equação de um parabolóide de revolução, com ajustes para incluir os efeitos gravitacionais dinâmicos. A função básica que define estas estruturas é:

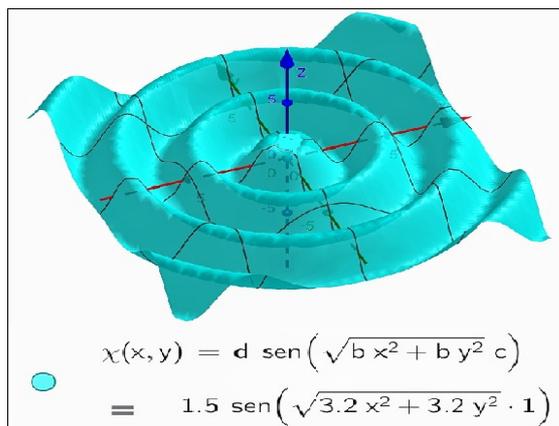


Fig.1 Campo Inflator modelado no GeoGebra 3d

Para Inflatores Harmônicos :

$$a(x, y) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \text{sen}(\sqrt{bx^2 + cy^2}) \quad \text{onde}$$

$$b > 0$$

Para Inflatores Espirais:

$$a(x, y) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \text{sen}(\sqrt{bx^2 + cy^2} + \theta) \quad \text{onde}$$

$$b > 0, \quad \theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

Este padrão adiciona uma torção angular ao inflator, modelando uma possível assinatura geométrica que favorece a formação de estruturas espiraladas como as observadas em galáxias do tipo espiral (ver ilustração 2).

Modelos Matemáticos de Inflatores Cosmológicos

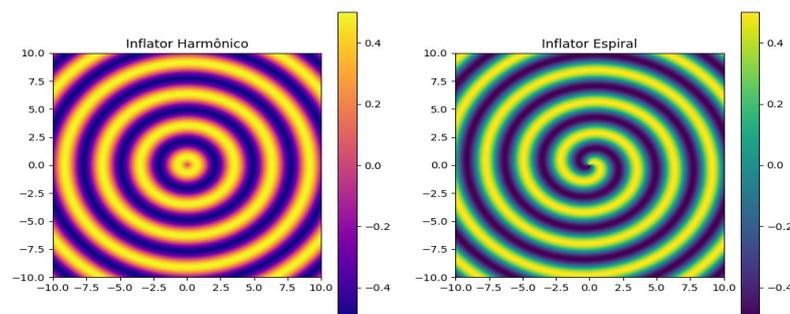


Fig. 2 Modelo de Inflatores gerados pelo código python no apêndice

2.3. O Universo quente e as implicações cosmológicas neste modelo

A intensa radiação do universo primordial afetava diretamente a evolução destas estruturas colossais e com a dissipação térmica, as regiões de maior densidade tornaram-se mais estáveis, permitindo o colapso gravitacional progressivo e dando origem às primeiras galáxias onde as flutuações detectadas na CMB podem ser vestígios destes Múltiplos Inflatores que através das observações do comportamento da densidade de energia ρ , afetam diretamente a radiação de fundo, conforme demonstrado na ref. [1] por Gerhard Lessner em seu esplendido artigo “Universo Oscilante”, a densidade de energia de desaparecimento é conservada na transição de fase geométrica onde

$$\rho = \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 + V(\phi)$$

esta transição de fase envolve a quebra espontânea da simetria e a fase geométrica resultante do momento acima: $\alpha \in \mathbb{R} \phi' = \alpha\phi$, no vácuo incorreto é quebrada para $\phi' = -\phi$ o vácuo verdadeiro, a isometria é quebrada indo de 10 parâmetros do espaço de Minkowsky para a isometria de 6 parâmetros do espaço anti de Sitter que começa a se contrair abrindo uma fonte de energia pela qual a matéria e a radiação puderam ser criadas durante o colapso gravitacional das flutuações de densidade (ver fig.4). Após este decaimento da densidade do

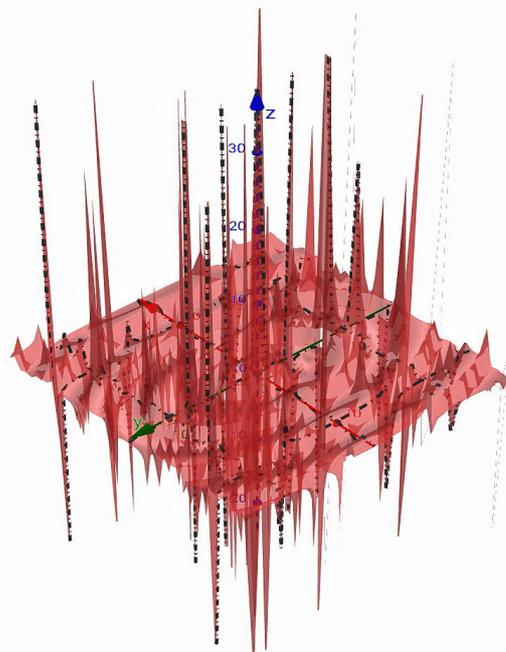


Fig.3: O surgimento de um Inflator Turbulento

vácuo, durante a Era Inflacionária do universo as primeiras partículas e fótons dominavam, a matéria ainda esta dispersa e não consegue se formar devido ao aumento da radiação. Foi apenas após esta fase de radiação que a matéria pode ser criada no Universo e que agora se tornava cada vez mais transparente, a aproximadamente 380 mil anos após o Big Bang.

As estruturas gigantesas começaram a emergir (Figura 3). É o início da Era da Matéria e é nestes pontos de nucleação que captam e aglutinam a matéria lentamente em sua geometria oscilatória e encarceradora que a primeiras protogaláxias se formaram. O espaço é dominado pela energia potencial concentrada nos campos Inflatórios ϕ . As primeiras galáxias emergem diretamente das regiões densas estruturadas pelos Inflatores Harmônicos, posteriormente à transição do espaço radioativo para a expansão dominada pela

matéria. A formação das galáxias marca o estágio onde as flutuações gravitacionais, herdadas da era inflacionária, finalmente colapsam sob sua própria gravidade, cerca de algumas centenas de milhões de anos após o início do universo. Sob a perspectiva dos Inflatores Harmônicos, a gravidade não surge como uma força ativa durante a transição inflacionária, mas como uma geometria pré-existente do espaço-tempo, estruturada pelos padrões harmônicos formados durante a quebra de simetria. A matéria, ao emergir no Reaquecimento, passa a ocupar essas regiões densas, e a gravidade se manifesta plenamente na interação com a matéria e a radiação, consolidando-se como um fenômeno observável.

A gravidade é a própria estrutura do espaço-tempo, que pode existir mesmo sem matéria em um estado potencial(latente). A matéria apenas informa ao espaço como se curvar, e o espaço informa à matéria como se mover.

Para Einstein, a gravidade não era uma força que age à distância, como Newton imaginava, mas sim o efeito da curvatura do espaço-tempo: -É por isso que na sua visão inicial (com o modelo do '*Universo Estático*' em 1917) ele visualizou o universo como uma hiperesfera finita, mas sem bordas pois no fundo, ele sabia que o espaço não era "reto", mas se curvava e pode se torcer sobre si mesmo(Figura 4 e 5).

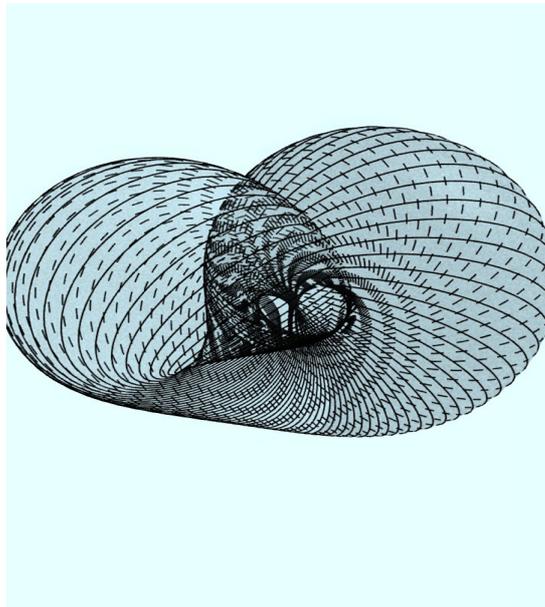


Figura 4: Toroide retorcido criado no GeoGebra representando o Universo

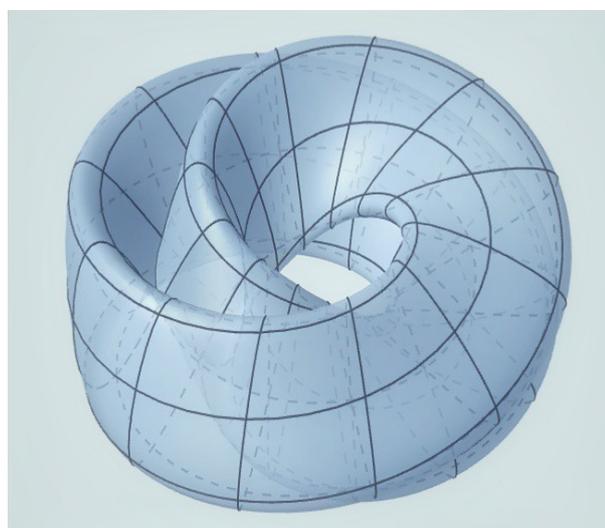


Figura 5: 'Toro' José Manuel Arranz - <<http://www.mathcurve.com/surfaces/klein/klein.shtm>>

2.4 A Radiação de Fundo CMB

A Missão Herschel (ESA, 2009-2013), foi um telescópio espacial com detecção no infravermelho submilimétrico, que teve uma sensibilidade absurda para detectar objetos frios, poeira cósmica e especialmente regiões densas e antigas — como as chamadas galáxias fantasmas ou protogaláxias. O Herschel, junto com os dados do Planck (2013), mapeou o

CMB com alta precisão revelando que alguns pontos frios identificados no fundo cósmico de micro-ondas (CMB) eram assinaturas de protogaláxias ou halos gravitacionais primitivos formados após a era da radiação — isto significa que o espaço-tempo, durante e logo após a transição de fase, já possuía zonas estruturadas de densidade potencial, e foi nestas regiões, os pontos de nucleação que as futuras galáxias se estruturarem— exatamente como o Herschel detectou nesses pontos sombrios do CMB.

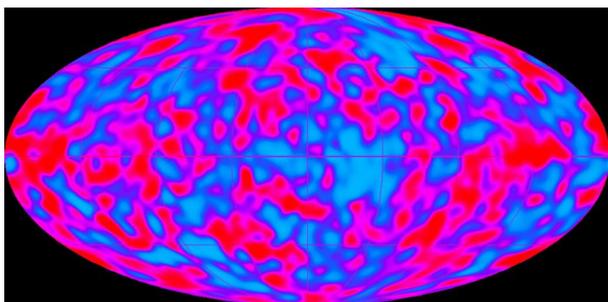


Figura 6.: COBE - DMR imagem das Flutuações do CMB .

A primeira missão dedicada à anisotropias e a gerar um mapa do céu com a variação térmica da radiação CMB foi a Cosmic Background Explorer (COBE), da NASA, que operou entre 1989 e 1996. O satélite COBE produziu uma imagem fascinante de todo o Universo como era na sua infância, e marca o início da Cosmologia como uma ciência de precisão. As áreas avermelhadas (quentes), são regiões onde podemos identificar, através de telescópios, muitos aglomerados de galáxias. As áreas azuladas (frias ou 'sombrias') correspondem a vazios e super-vazios, regiões onde quase não vemos galáxias. Para os cosmólogos, estas variações, ainda que mínimas, correspondem a zonas de maior ou menor densidade do plasma primordial. São as sementes dos aglomerados de galáxias e dos grandes vazios que definem a estrutura do Universo que vemos hoje.

As cores não representam temperaturas absolutas, mas os desvios relativos à temperatura média de 2,725 Kelvin. Esses desvios são tão mínimos na ordem de décimos de micro-Kelvin, que numa escala ampla são insignificantes e que o Universo é homogêneo sendo praticamente igual em todas as direções. As flutuações remanescentes foram as pequenas ondulações quânticas no campo de energia da inflação. São estas flutuações que identificamos nas anisotropias da radiação CMB.

Um artigo recente revelou a descoberta de uma amostragem populacional de galáxias ocultas nas zonas frias do CMB, que pode mudar tudo o que se sabemos sobre a formação e evolução do Universo. Se confirmado, os modelos atuais sobre a distribuição de galáxias e sua história podem estar incompletos – ou até mesmo errados; fato este que obriga a revermos o que se entende hoje sobre o Universo .

A Imagem destas galáxias ocultas foi criada por uma equipe liderada pelo centro britânico STFC RAL Space e pelo Imperial College London, usando dados do telescópio espacial Herschel, da Agência Espacial Europeia (ESA) e através de dados do instrumento SPIRE do telescópio(Herschel, ativo entre 2009 e 2013) projetado para estudar o Universo nessa faixa

de onda foi o responsável por observar os comprimentos mais longos do infravermelho já registrados até hoje. Denominado de “Herschel-SPIRE Dark Field”(ver Figura 7:[Crédito: Dr. Chris Pearson et al.])

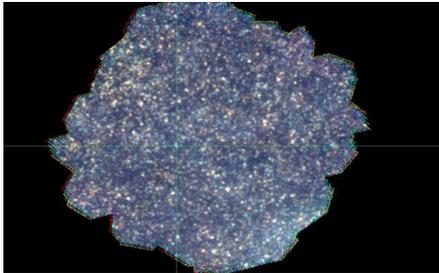


Figura 7: "Herschel-Spire Dark Field" (2025) - Crédito Dr. Chris Pearson

O projeto é Liderado pelo Dr. Chris Pearson, que analisou os dados do telescópio e quase duas mil galáxias distantes emergiram nesse retrato profundo do cosmos. A imagem ajudou os cientistas a entender melhor esta distribuição de galáxias em diferentes níveis de onda e qual a contribuição de cada uma para a energia total do Universo. A imagem trouxe um desafio computacional adicional: -As galáxias ao se sobreporem ficam difíceis de se distinguir onde começa uma e termina a outra. Segundo o pesquisador Thomas Varnish, do MIT, foi necessário recorrer à estatística para tentar decifrar o borrão cósmico.

3. Uma Nova Visão no Surgimento das Galáxias

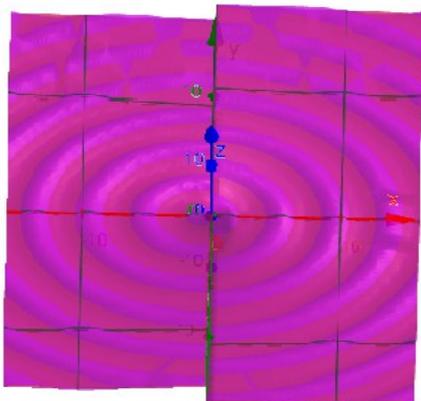


Figura 8: Modelo de Inflator criado no GeoGebra pelo autor

Ao invés de um colapso uniforme, proponho que as primeiras galáxias emergiram de vórtices gravitacionais gerados por múltiplos campos Inflatores. Estes vórtices semelhantes a "armadilhas gravitacionais", foram acumulando matéria ao longo do tempo, tendo o papel geradores dos primeiros protoaglomerados estelares de baixa metalicidade que após o decaimento da radiação e o resfriamento gradual do universo, onde regiões de alta densidade colapsaram, dando origem a buracos negros centrais produzindo as estruturas das modernas galáxias espirais conforme demonstrado pelo CMB. Se esta hipótese for correta, o universo não teve um único começo, mas sim múltiplos "pontos de origem" inflacionários interagindo e moldando a estrutura cósmica, e assim sendo: -Reformulando nossa compreensão sobre o surgimento da matéria e da energia no cosmos. Uma visão que abre novas possibilidades para a pesquisa em cosmologia, especialmente na análise das flutuações do CMB que são rastros de estruturas e das métricas gravitacionais primordiais.

4. Referências

- [Ref. 1] Gerhard Lessner (2011). Oscilating Universe

- Guth, A. H. (1981). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems. Phys. Rev. D, 23(2), 347.
- Linde, A. D. (1983). Chaotic inflation. Physics Letters B, 129(3-4), 177-181.
- Planck Collaboration. (2018). Planck 2018 results. VI. Cosmological Parameters. Astronomy & Astrophysics, 641, A6.
- Harvard: Silva, J. A. e Oliveira, M. S. (2022). O uso do GeoGebra na educação matemática. 10(02): 55-70.
- GeoGebra [Software]. Versão 6.0 [Disponível em: <https://www.geogebra.org>]

Apêndice:

1.-) código python figura 2 - Modelos Matemáticos de Inflatores Cosmológicos.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Função Inflator Harmônico
def inflator_harmonico(x, y):
    return 0.5 * np.sin(np.sqrt(5 * x**2 + 5 * y**2))

# Função Inflator Espiral
def inflator_espiral(x, y):
    theta = np.arctan2(y, x)
    return 0.5 * np.sin(np.sqrt(5 * x**2 + 5 * y**2) + theta)

# Criando a grade espacial
x = np.linspace(-10, 10, 500)
y = np.linspace(-10, 10, 500)
X, Y = np.meshgrid(x, y)

# Calculando as funções
Z1 = inflator_harmonico(X, Y)
Z2 = inflator_espiral(X, Y)

# Plotando os gráficos
fig, axs = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 6))

# Inflator Harmônico
c1 = axs[0].imshow(Z1, extent=[-10,10,-10,10], cmap='plasma', origin='lower')
axs[0].set_title('Inflator Harmônico')
fig.colorbar(c1, ax=axs[0])

# Inflator Espiral
c2 = axs[1].imshow(Z2, extent=[-10,10,-10,10], cmap='viridis', origin='lower')
axs[1].set_title('Inflator Espiral')
fig.colorbar(c2, ax=axs[1])

plt.suptitle('Modelos Matemáticos de Inflatores Cosmológicos')
plt.show()
```