

" A Simetria Cósmica "

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

Abstract

Scalar field models describe physical quantities that vary across space-time and are fundamental in cosmology to explain inflation and the origin of matter. In the early universe, these fields existed in highly symmetric but unstable states. As the cosmos expanded and cooled, a symmetry breaking occurred, shaping the structure of the universe and influencing the formation of matter and galaxies. These models stem from quantum field theories connected to gravity. [Keywords: Cosmology, General Relativity, Quantum Physics.]

Resumo

Os modelos de campos escalares descrevem grandezas físicas que variam com o espaço-tempo e são fundamentais na cosmologia para explicar a inflação e a origem da matéria. No universo primitivo, esses campos existiam em estados de simetria elevada, mas instáveis. Com a expansão e resfriamento do cosmos, ocorreu uma quebra de simetria que moldou a estrutura do universo, influenciando a formação da matéria e das galáxias. Esses modelos emanam de teorias quânticas de campos ligadas à gravidade .

Palavra chave: Cosmologia, Relatividade Geral, Física Quântica.

1.- Introdução

A ciência tem investido bastante na busca por vestígios de galáxias primordiais, especialmente com o auxílio de observatórios como o Telescópio Espacial James Webb (JWST) e o ALMA (no Chile).

Esses estudos procuram responder:

- *Como surgiram as primeiras galáxias após o Big Bang?*
- *Qual era a composição da matéria interestelar nos primórdios do universo?*
- *Como o gás se acumulava e dava origem às primeiras estrelas e buracos negros?*

Fazendo uso de espectroscopia de infravermelho profundo para detectar assinaturas químicas muito tênues, como o hidrogênio ionizado e o carbono neutro, em objetos à mais de 13 bilhões de anos-luz, corrobora para a criação deste artigo.

Em novembro de 2024, uma equipe internacional de astrônomos identificou três galáxias ultra-massivas onde cada uma com massa comparável à da Via Láctea formadas dentro do primeiro bilhão de anos após o Big Bang. Essa descoberta surpreendente sugere que a formação estelar no início do universo foi muito mais eficiente do que pensávamos, desafiando os modelos atuais de formação de galáxias. [fonte 1]

Utilizando o Telescópio Espacial James Webb (JWST), astrônomos examinaram um dos buracos negros mais distantes conhecidos no universo. As observações revelaram que esse buraco negro, existente há menos de um bilhão de anos após o Big Bang, estava "se alimentando" de maneira semelhante aos buracos negros recentes.

Isso levanta questões sobre como os primeiros buracos negros adquiriram suas massas consideráveis tão rápido. Em março de 2024, pesquisadores do MPIA identificaram o que podem ser dois dos

" A Simetria Cósmica "

blocos de construção mais antigos da Via Láctea: "Shiva" e "Shakti". Estes remanescentes de galáxias teriam se fundido a uma versão inicial da Via Láctea entre 12 e 13 bilhões de anos atrás, contribuindo para o crescimento inicial de nossa galáxia.

Pesquisas indicam que a água já estava presente no universo primordial, entre 100 e 200 milhões de anos após o Big Bang [fonte 2]. Acredita-se que supernovas primordiais tenham formado água antes mesmo da formação das primeiras galáxias, sugerindo que as condições necessárias para a formação da vida estavam presentes muito antes do que se imaginava.

O campo escalar ϕ — adormecido no vácuo falso de **Minkowski** — e o campo inflato criado na temperatura infinita do Big Bang são especialmente interessantes. No modelo, apresentado anteriormente ("Teoria dos múltiplos campos Inflacionários" -Navacchia, R. C. M.), os inflatores estruturais tem uma correspondência direta com a ideia de funções espaciais latentes (como as senoidais deformadas) que só são ativadas por perturbações geométricas ou térmicas. Isto abre caminho para considerarmos que:

"As estruturas não nascem no Big Bang, mas despertam de um vácuo estrutural por transições específicas da curvatura ou entropia."

A dúvida sobre qual o tipo de transição de fase (primeira ou segunda ordem) se conecta com o modelo aqui proposto, onde a formação de galáxias se faz a partir de múltiplos inflatores, tal que estas transições podem ser análogas às sementeiras espaciais que atuam como uma fase de cristalização topológica do universo; no caso de transições de

primeira ordem, as bolhas finitas podem ser interpretadas como domínios estruturais definidos pelos padrões senoidais.

A ausência de uma teoria quântica de campos unificada — é precisamente o espaço em que os modelos alternativos e experimentais podem vir a ser úteis pelo uso de estruturas matemáticas naturais (função zeta de Riemann, estruturas modulares) sugerindo uma geometria subjacente, que pode ser interpretado como uma proto-linguagem dessa física ainda por nascer.

A pergunta final da ciência sobre se as anisotropias da radiação cósmica de fundo (CMB) podem ser derivadas de ondas de choque no ponto de rebote, é de altíssima relevância. Isso pode se conectar diretamente com a ideia de que o rebote térmico-estrutural nos modelos aqui expostos (p.ex.: falhas na simetria) poderia ser a causa inicial das flutuações observadas hoje na CMB.

2.- *Visualização Geométrica do Campo Inflator Harmônico*

Utilizando recursos de visualização em realidade aumentada(GeoGebra 3d) aplicados à função escalar:

$$b(x, y) = \frac{1}{2} \cdot \sin \sqrt{(ax^2 + cy^2)} + \operatorname{tg}^{-1} \cdot \frac{y}{x} ,$$

foi possível identificar a estrutura geométrica global do campo inflacionário modelado. O termo $\sin \sqrt{ax^2 + cy^2}$ configura um padrão de oscilações concêntricas **não isotrópicas**, cuja frequência espacial é modulada diretamente pelos parâmetros **a** e **c**, que assumem o papel de **métricas de curvatura diferenciadas** ao longo dos eixos **x** e **y**. Quando representado sem ampliação

" A Simetria Cósmica "

(zoom-out), o campo revela uma topologia com zonas de simetria ondulatória deformada, sugerindo a existência de regiões estruturadas no espaço-tempo primordial (fig. 1)

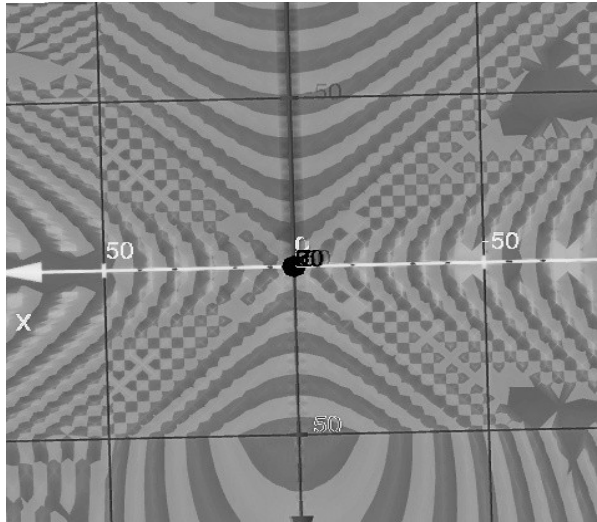


Figura 1: 'Zoom Out' - Resultado obtido através do GeoGebra 3d - pelo autor

O acréscimo do termo angular : $tg^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$

introduz um componente direcional ao campo, rompendo a simetria radial pura e criando uma orientação preferencial. Essa quebra de isotropia pode ser um **mecanismo gerador de anisotropias estruturais**, potencialmente relaciona-das à formação de filamentos cósmicos ou à orientação de regiões de conden-sação gravitacional.

Diferentemente de modelos puramente fenomenológicos, esta abordagem propõe uma geometrização explícita do campo inflacionário, evidenciando a importância de sua topologia para a formação da **estrutura do universo**. A manipulação dos parâmetros *a* e *c*, atua como uma deformação controlada do espaço inflacio-nário, cuja resposta é visível tanto na distribuição das ondulações quanto na orientação angular da fase onde:

Ou seja:

• '*a*' regula a densidade de onda na direção de

x

• '*c*' regula a densidade de onda na direção de

y

A imagem (fig.: 1) mostra claramente o padrão harmônico ondulatório do campo escalar onde as variáveis controlam a frequência espacial ao longo dos eixos — funcionando como **métricas de curvatura anisotrópicas** no plano, nos revelando uma estrutura **quase polarizada**. O termo angular atua como **fase direcional da onda**, gerando ondas concêntricas deformadas.

Ao identificar um *campo inflacionário harmônico anisotrópico* e observá-lo com zoom reduzido, rompe-se com a ideia tradicional de simetria homogênea no instante zero. Isso sugere que o início do Universo talvez não tenha sido um ponto, mas uma estrutura espacialmente modulada, onde a anisotropia não é um defeito, mas uma assinatura fundamental diferente do campo escalar de Higgs, cuja a forma clássica é descrita por um potencial com simetria quebrada, e é geralmente dado pela

$$V(\phi) = \mu^2 \phi^2 + \lambda \phi^4$$

Para: $\mu^2 < 0$,

esse potencial com um mínimo de energia não nulo em: $|\phi| \neq 0$.

Esse mínimo define o valor esperado do vácuo e dá origem à massa das partículas via mecanismo de Higgs. Para construir o campo escalar de Higgs usando uma calculadora gráfica GeoGebra 2d, usar a seguinte equação :

$$V(x,y) = \mu^2.(x^2+y^2) + \lambda.(x^2+y^2)^2$$

" A Simetria Cósmica "

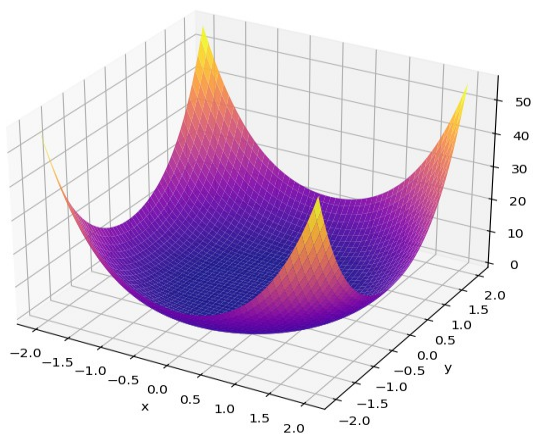
O gráfico 3D desse potencial é um campo simétrico interpretações físicas bem distintas do modelo aqui circular com um vale contínuo, como o código proposto que é anisotrópico e oscilatório como segue python abaixo nos revela:

```

1. import numpy as np
2. import matplotlib.pyplot as plt
3. from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
4.
5. # Parâmetros do potencial de Higgs
6. mu2 = -1.5
7. lambda_ = 1.5
8.
9. # Grid de pontos
10. x = np.linspace(-2, 2, 200)
11. y = np.linspace(-2, 2, 200)
12. X, Y = np.meshgrid(x, y)
13.
14. # Potencial de Higgs
15. R2 = X**2 + Y**2
16. V = mu2 * R2 + lambda_ * R2**2
17.
18. # Plotagem 3D
19. fig = plt.figure(figsize=(8, 6))
20. ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
21. ax.plot_surface(X, Y, V, cmap='plasma', alpha=0.9,
22.                 edgecolor='none')
23.
24. ax.set_title("Campo Escalar de Higgs (chapéu
25.             mexicano)")
26. ax.set_xlabel("x")
27. ax.set_ylabel("y")
28. ax.set_zlabel("V(x, y)")
29. plt.tight_layout()
30. plt.show()

```

Campo Escalar de Higgs (chapéu mexicano)

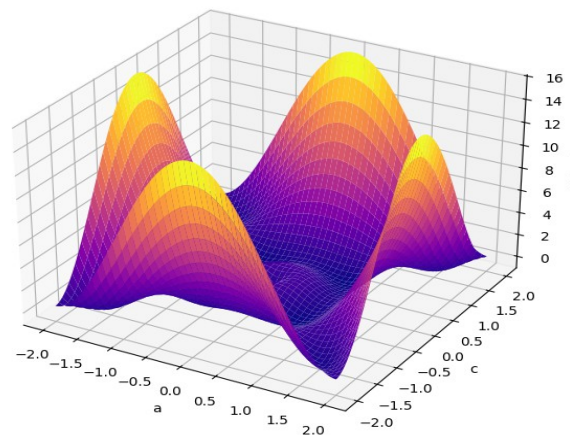


```

1. import numpy as np
2. import matplotlib.pyplot as plt
3. from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
4.
5. # Campo escalar com quebra de simetria dinâmica
6. # (potencial alternativo ao de Higgs)
7. # V(a, c) = (a^2 - c^2)^2 + sen(5 * sqrt(a^2 + c^2)) /
8. # sqrt(a^2 + c^2 + 1)
9.
10. a = np.linspace(-2, 2, 400)
11. c = np.linspace(-2, 2, 400)
12. A, C = np.meshgrid(a, c)
13.
14. # Novo campo inflator com perturbação oscilatória
15. # e quebra dinâmica
16. R2 = A**2 + C**2
17. V = (A**2 - C**2)**2 + np.sin(5 * np.sqrt(R2)) /
18.     (np.sqrt(R2 + 1))
19.
20. fig = plt.figure(figsize=(8, 6))
21. ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
22. ax.plot_surface(A, C, V, cmap='plasma',
23.                 edgecolor='none')
24.
25. ax.set_title("Campo Inflator com Quebra de
26.             Simetria Dinâmica")
27. ax.set_xlabel("a")
28. ax.set_ylabel("c")
29. ax.set_zlabel("V(a, c)")
30. plt.tight_layout()
31. plt.show()

```

Campo Inflator com Quebra de Simetria Dinâmica



O campo escalar de Higgs acima é representado por uma estabilidade circular com degenerescência de vácuos conceitos próximos, mas com topologias e tem uma assinatura que se propaga radialmente, gerando variações espaciais que podem representar flutuações de densidade ou de curvatura do espaço.

" A Simetria Cósmica "

O modelo implica uma quebra de simetria, ela pode ser dinâmica, surgindo de uma instabilidade ou oscilação inicial que se espalha.

sugerindo que a topologia do vácuo inicial do universo talvez não tenha sido simétrica e talvez estamos observando o momento inicial do universo de maneira equivocada, assumindo simetrias que nunca existiram.

A clareza visual da quebra de simetria nesse campo reforça bem a hipótese de *um universo inicial anisotrópico, pulsante e instável* — não um estado homogêneo e isotrópico como postulado pelo modelo padrão. Aqui, o vácuo tem uma topologia viva, e o campo atua como organizador primordial.

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>]

Fontes

MPIA - Black Hole's business as usual in the earliest universe highlights... 16 de junho de 2024

Science Daily - Two of the Milky Way's earliest building....March 21, 2024

Max Planck Institute for Astronomy .