UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE – CAA
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE – NFD
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

O ECO DO ABISMO: LIMITES DE MASSA E A ORQUESTRAÇÃO DO COLAPSO EM HALOS PRIMORDIAIS

Jonatas Vitório Silva Ferreira[1]
Universidade Federal de Pernambuco
Jonatas.vitorio@ufpe.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise teórica sobre a dinâmica de colapso da matéria bariônica no interior de poços de potencial gravitacional dominados por matéria escura fria (CDM). O foco central reside na determinação do limiar crítico de massa (Massa de Jeans) em halos primordiais, parâmetro fundamental para a formação das primeiras populações estelares (População III) durante o Alvorecer Cósmico. Através do estudo das taxas de resfriamento via hidrogênio molecular e da instabilidade termodinâmica do gás em altos redshifts, investigamos como a hierarquia de massas dos halos dita a eficiência da formação de estruturas. A abordagem busca quantificar a transição de fase entre o equilíbrio hidrostático e o colapso dissipativo, revelando a matéria escura como o modulador estrutural da distribuição de matéria visível. Os resultados reforçam a necessidade de uma massa mínima crítica para superar a pressão térmica, estabelecendo os halos primordiais como as unidades fundamentais de organização da morfologia galáctica observada.

Palavras-chave: Matéria Escura Fria; Massa de Jeans; Halos de Redshift Elevado; Cosmologia Teórica.

1 INTRODUÇÃO

A transição entre a recombinação cósmica e a reionização do Universo é um dos campos mais ativos da astrofísica contemporânea. Este estudo aborda a fenomenologia dos halos de matéria escura como catalisadores do colapso bariônico no regime não-linear. O objetivo é analisar os processos físicos que definem a escala de massa mínima para a formação de galáxias primordiais, considerando o equilíbrio entre o potencial gravitacional e a pressão de gás. A relevância desta pesquisa reside na sua capacidade de elucidar a conexão entre as flutuações de densidade do Universo primitivo e a atual configuração da teia cósmica, fornecendo uma base teórica robusta para a interpretação de dados de telescópios de nova geração.

2 INSTABILIDADE DE JEANS E TERMODINÂMICA DO COLAPSO

Nesta seção, é conduzida uma dedução analítica baseada no critério de Jeans para o colapso gravitacional em meios autogravitantes. Analisamos a perturbação de densidade em regimes onde a autogravidade supera a força de restauração da pressão sonora. A discussão foca na escala de comprimento e na massa correspondente, demonstrando como estes parâmetros evoluem com a densidade e temperatura do gás em halos não-luminosos. Este arcabouço matemático permite prever o comportamento do gás antes da ignição das primeiras fontes pontuais de radiação.

3 CINÉTICA DE RESFRIAMENTO E O LIMIAR DE MASSA CRÍTICA

O desenvolvimento do tema aprofunda-se no papel do resfriamento radiativo, especificamente por transições rotacionais e vibracionais do hidrogênio molecular. Demonstramos que, em halos de pequena escala, a temperatura de virial pode ser insuficiente para ativar os mecanismos de resfriamento necessários para o colapso dissipativo. Estabelecemos, assim, o conceito de "massa de resfriamento", que atua como um filtro físico: halos abaixo deste limiar permanecem como sistemas de gás difuso, enquanto halos que superam esta massa crítica tornam-se os sítios de formação da primeira geração de galáxias.

4 HIERARQUIA ESTRUTURAL E EVOLUÇÃO NÃO-LINEAR

Esta seção detalha a evolução da função de massa dos halos e a formação hierárquica de estruturas (bottom-up). Analisamos como a fusão de pequenos halos de matéria escura contribui para o aumento do poço de potencial, facilitando a retenção de matéria bariônica. A dinâmica aqui descrita ilustra a transição do regime linear de perturbações para o regime não-linear de formação de estruturas ligadas, mapeando o processo de "orquestração" gravitacional que define a arquitetura do Universo em larga escala.

5 CONCLUSÃO

A investigação conclui que a massa mínima dos halos de matéria escura é o parâmetro determinante para a cronologia da formação estelar primordial. A análise dos limites de massa evidencia que a complexidade do Universo visível é estritamente dependente da profundidade dos poços de potencial criados pela matéria escura. Os objetivos de contextualizar a dinâmica de colapso e definir os critérios de instabilidade foram atingidos, corroborando a hipótese de que a formação de estruturas é um processo regulado por limiares termodinâmicos e gravitacionais precisos. Este estudo reafirma o papel essencial da matéria escura como a estrutura primordial sobre a qual toda a fenomenologia astrofísica subsequente é construída

REFERÊNCIAS

NADLER, Ethan O. The Minimum Halo Mass for Galaxy Formation. The Astrophysical Journal Letters, Chicago, v. 983, n. 2, p. L23, 2025.