

# Galáxias: uma perspectiva desde suas origens

Diego Garcia Lambas

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

---

## Resumo

Este pequeno artigo procura discutir propriedades relevantes das galáxias à luz de estudos recentes. Dando particular ênfase à sua formação e evolução, questões-chave, como a importância da acreção, matéria escura e processo astrofísico de contrarreação são brevemente discutidos.

## Abstract

This short article aims at setting relevant properties of galaxies in the light of recent studies. By putting particular emphasis on their formation and evolution, key issues such as the importance of accretion, dark matter, and feedback astrophysical process are briefly discussed.

---

**Palavras-chave:** galáxias, simulações, fusões.

**Keywords:** galaxies, simulations, fusions.

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v5n1.43825](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v5n1.43825)

## 1 Galáxias: uma perspectiva desde suas origens

Embora as galáxias já tenham sido observadas antigamente (como as Nuvens de Magalhães ou Andrômeda), elas puderam ser identificadas como sistemas fora da Via Láctea apenas na segunda década do século XX, justamente quando a estrutura da nossa galáxia foi entendida pela primeira vez.<sup>1</sup> Nesta época as informações proveniente das galáxias na faixa do ótico. Assim, estes sistemas foram definidos pelas estrelas membros. A espectroscopia permitiu que a expansão do universo fosse descoberta em 1936 pelo desvio para o vermelho<sup>2</sup> observado nas linhas características dos espectros estelares [1]. Assim, somente uns poucos anos depois da evidência que o universo é constituído por galáxias, grandes sistemas autogravitantes formados por estrelas, nasceu a astronomia galáctica e extragaláctica, e as bases do modelo cosmológico padrão atual.

---

<sup>1</sup>Ver, nesta mesma edição dos *Cadernos de Astronomia*, a tradução do debate entre Shapley e Curtis em 1920 sobre a existência de outras galáxias além da Via Láctea.

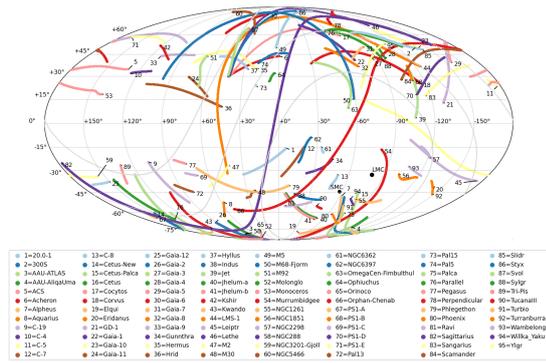
<sup>2</sup>*Redshift* em inglês

## 2 Componentes de uma galáxia

As estrelas são uma componente muito relevante das galáxias guardando informações valiosas da história de formação galáctica. Enquanto a estrutura da Via Láctea, o projeto GAIA deu um giro copernicano em seu estudo e medições de distâncias e cinemáticas das estrelas através de medições de paralaxes, e velocidades tridimensionais. A grande massa de dados de velocidades radiais pelo efeito Doppler, e no plano do céu, com movimentos próprios obtidos via astrometrias precisas em diferentes épocas impulsionaram enormemente o nosso conhecimento da estrutura, dinâmica e evolução da galáxia. Estes estudos tem demonstrado em nossa vizinhança a formação hierarquia das galáxias através de fusões e incorporação de galáxias anãs em forma contínua [2].

A dinâmica das estrelas nas galáxias pode ser estudada utilizando a gravitação de Newton pois tanto os campos gravitacionais como as velocidades das estrelas são não relativistas. Estes estudos mostram como os subsistemas possuem diferentes características dos movimentos estelares além das diferenças astrofísicas.

Porém, os subsistemas clássicos das galáxias tais como o halo estelar, o disco ou bojo, não deveriam ser, e não são, completamente homogê-



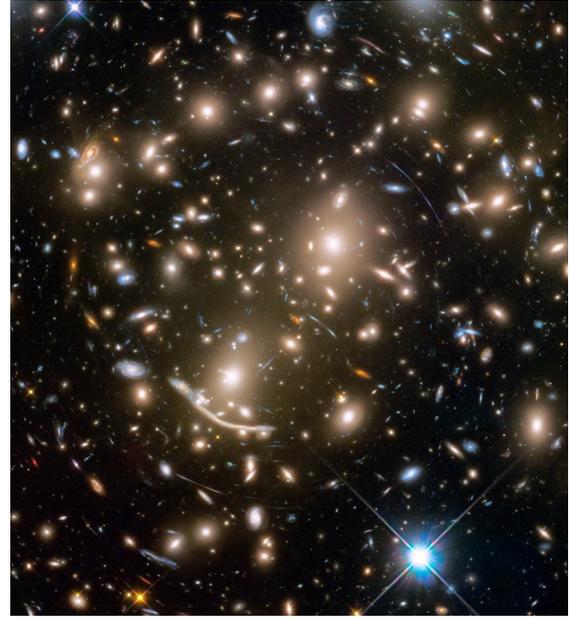
**Figura 1:** Correntes estelares na Via Láctea. Crédito: C. Mateu e E. Balbinot. Fonte: <https://github.com/cmteu/galstreams>.

neos, pois estes subsistemas tem sido formados a partir da acreção de galáxias anãs durante a história das galáxias. Uma das maiores evidências deste processo manifesta-se nas correntes de estrelas descobertas na Via Láctea. Estas correntes são causadas pelo efeito de maré que causa a desintegração destas galáxias anãs ao longo de suas órbitas em torno da Galáxia deixando excessos de estrelas com assinaturas químicas típicas das populações estelares que caracterizam as diversas galáxias anãs. Assim, mediante a massiva espectroscopia de estrelas na Via Láctea, é possível encontrar estas diferentes correntes que seguem as trajetórias das suas galáxias anãs quando foram incorporadas na Via Láctea. Na figura 1 mostram-se as correntes de estrelas conhecidas atualmente.

O contínuo processo de mistura dinâmica incorpora as componentes dos novos sistemas estelares, gás e matéria escura, formando os diferentes subsistemas clássicos que as constituem. As galáxias podem ser descritas como um conjunto de subsistemas com dinâmicas orbitais diferentes compartilhando a mesma região do espaço. Isto é devido às grandes distâncias interestelares em termos dos raios das estrelas: assim, apesar do grande número de estrelas, os sistemas estelares nas galáxias são essencialmente livres de colisões.

### 3 As galáxias e a matéria escura

A rotação em equilíbrio das galáxias de tipo espiral (mais do 90% das galáxias luminosas são deste tipo) não pode ser explicada pela dinâmica em termos da massa das estrelas e do gás. Assim, precisa-se de uma componente dominante



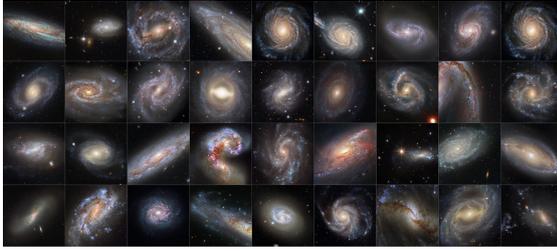
**Figura 2:** Efeitos de lentes gravitacionais em um aglomerado de galáxias. Crédito: NASA, ESA, J. Lotz e HFF Team (STScI)

de massa no meio interestelar que não pode ser atribuída às componentes conhecidas em forma de estrela. Esta componente manifesta-se notavelmente nas partes externas das galáxias onde a gravitação das componentes estelares diminui dando conta somente de uma parte pequena da massa que se precisa para dar conta da velocidade de rotação observada.

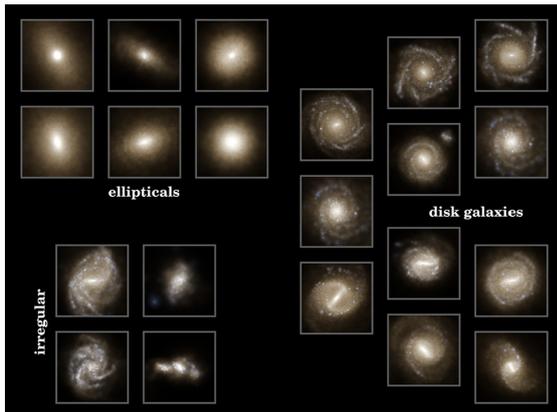
Além das velocidades de rotação a grandes distâncias dos centros das galáxias, a matéria escura evidencia-se com lentes gravitacionais, que são particularmente fortes em aglomerados de galáxias onde as imagens de alta definição tornam possível a detecção de arcos e outras estruturas características. A figura 2 mostra o perfil deste fenômeno no aglomerado de Abel.

### 4 Tipos morfológicos e massas de galáxias

As galáxias chamadas normais possuem centenas de bilhões de massas solares. Estas galáxias são as que usualmente são objeto de estudos no universo distante porquanto é possível observá-la. Nestas galáxias de grande massa, a diferente proporção relativa dos subsistemas que a constituem definem o seu tipo morfológico. Assim, uma galáxia sem disco será classificada como elíptica, e a medida que aumenta a relevância do disco es-



**Figura 3:** Diversidade de galáxias. Imagens do Hubble Space Telescope. Crédito: NASA, ESA e Adam G. Riess (STSCI, JHU).



**Figura 4:** Sequência de Hubble em simulações hidrodinâmicas. Crédito: Heidelberg Institute for Theoretical Studies

telar com respeito à componente do bojo pode-se ver a sequência de Hubble das galáxias. Notamos aqui que as galáxias com disco são chamadas espirais por conta da formação estelar que acontece e que é associada aos braços espirais, mostrando a relevância da componente difusa interestelar nas galáxias. De fato, além das estrelas, existe um complexo meio interestelar nas galáxias, uma fascinante área de estudo em plena expansão atualmente. Este meio interestelar é principalmente formado por gás atômico, gás molecular, campos magnéticos, poeira das explosões estelares, entre outras componentes. O meio interestelar guarda registros de diferentes eventos na evolução das galáxias como ventos de supernovae, fusões, etc.

Existem diferentes relações entre os subsistemas de uma galáxia. Entre elas, podemos mencionar a relação do número de aglomerados globulares no halo das galáxias com a luminosidade total. As galáxias como a nossa Via Láctea possuem centenas de aglomerados globulares, enquanto galáxias anãs apenas uns poucos.

Possivelmente com uma origem primitiva, as

massas dos buracos negros supermassivos centrais nas galáxias possuem relações estatísticas com as propriedades das galáxias hospedeiras, particularmente com a componente do bojo através da dispersão de velocidades de suas estrelas membros. Estas relações mostram a inter-relação das componentes das galáxias através de sua origem comum e evolução conjunta.

De uma maneira simples, as galáxias podem ser descritas também em termos de suas velocidades máximas de rotação. Galáxias como a Via Láctea apresentam velocidades típicas de rotação de 200 km/s, com um máximo de 450 -500 km/s. As galáxias anãs exibem velocidades de rotação de somente dezenas de km/s. Embora essas velocidades sejam pequenas, ainda precisam também de matéria escura para manter o sistema em equilíbrio estacionário.

Surge então a pergunta de como se distinguiria uma galáxia anã de um subsistema de similar massa em estrelas. Aqui uma importante chave para essa distinção é a evolução das galáxias e sua relação com os halos de matéria escura. Os subsistemas estelares conhecidos não têm praticamente evidência de matéria escura, contrariamente as galáxias dominadas por ela. De fato, os movimentos internos das estrelas nos subsistemas de galáxias podem ser descritos completamente considerando somente a massa das estrelas membros, sejam aglomerados abertos ou globulares.

Notamos que os poucos exemplos de galáxias que não têm evidência de matéria escura atualmente, podem ser entendidas mediante a remoção por interações com galáxias vizinhas.

Então, sendo matéria escura primordial como a diferença principal entre um subsistema estelar e uma galáxia, podemos definir as galáxias como sistemas de estrelas num meio interestelar dominados por matéria escura. Um modelo de matéria escura, como por exemplo o modelo  $\Lambda$ CDM, fornece um marco geral para a formação das galáxias onde os halos de matéria escura, e suas sequências de fusões são fundamentais para compreender a formação das galáxias e das estruturas em grande escala.

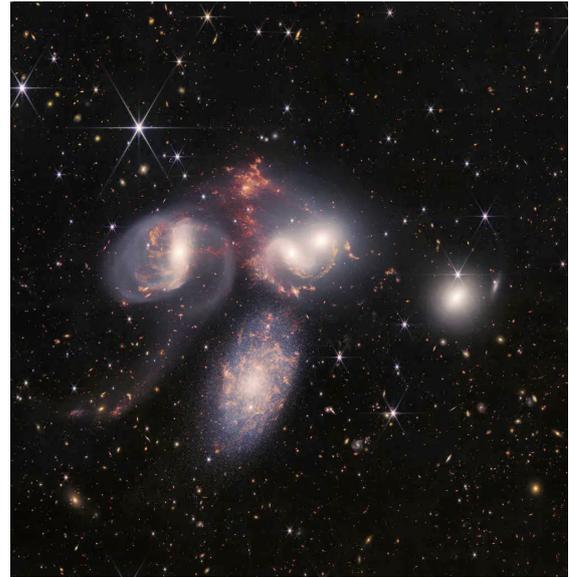
## 5 Simulações numéricas

Atualmente, as simulações numéricas são amplamente utilizadas para explicar as diferentes estruturas cósmicas no contexto de um determinado modelo de universo. Estas simulações usam a aproximação newtoniana pois localmente, em escalas de poucas centenas de megaparsecs, onde as flutuações de densidade têm relevância, os campos e as velocidades são não relativistas. De acordo com este modelo, as irregularidades da distribuição de matéria é representada por partículas que seguem trajetórias de acordo com as leis de Newton em coordenadas que se expandem com o fator de escala do universo. Nestas coordenadas comóveis com a expansão, os movimentos são gerados pelo contraste de densidade de massa enquanto que a parte homogênea é afetada somente pela expansão geral do universo conjuntamente com as outras componentes da energia no universo, como a radiação.

Estas simulações sem colisões, chamadas também *dark matter only* (apenas matéria escura), podem ser estendidas para incorporar equações da hidrodinâmica que consideram também a energia interna do sistema. Neste caso, é importante considerar os efeitos da dissipação desta energia em um gás, um processo que pode continuar até a formação de estrelas. Neste ponto, acontece uma transformação de fase no meio, e as simulações devem ser complementadas com receitas para ter em conta a maneira em que o gás se transforma em estrelas, assim como os processos de retroalimentação da energia do gás originado na radiação e nos ventos das explosões estelares.

## 6 Fusões de galáxias

No modelo cosmológico padrão atual, o processo da formação da estrutura no universo tem implícito o papel predominante das fusões de galáxias. Isto é, as perturbações primordiais em escalas pequenas são dominantes, dando lugar a numerosos halos de baixa massa que evoluem simultaneamente com a acreção e a direção das grandes estruturas. Assim, sistemas destes halos de baixa massa com suas galáxias associadas, concorrendo a um processo de colapso global a estruturas maiores como filamentos e aglomerados, dariam lugar a um grande número de fusões.



**Figura 5:** Grupos de galáxias. Quinteto de Stephan na imagem do JWST. Crédito: NASA, ESA, CSA e STScI.

Essencialmente, uma fusão entre um par de galáxias acontece quando o parâmetro de impacto é da ordem dos sistemas estelares, com a condição que a velocidade relativa não exceda a dispersão de velocidades das estrelas no sistema maior, aproximadamente de 200 km/s para galáxias como a Via Láctea. Devido a isto, os grupos de galáxias são os ambientes mais eficientes para o desenvolvimento de fusões, pois os aglomerados massivos já possuem dispersões bem maiores, da ordem de 1000 km/s.

No universo local este mecanismo continua dando lugar a importantes processos de evolução das galáxias tais como a evolução dos buracos negros centrais, transformação morfológica, formação estelar e processos do meio interestelar.

## Agradecimentos

Agradeço ao professor Júlio Fabris pelo convite a escrever este artigo, seus comentários sempre oportunos e afiados, suas correções e, principalmente, pela sua confiança e amizade.

## Sobre o autor

Diego Garcia Lambas ([diego.garcia.lambas@unc.edu.ar](mailto:diego.garcia.lambas@unc.edu.ar)) é professor e pesquisador do CO-

NICET na Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Foi também diretor do Observatório Astronômico de Córdoba e do Instituto de Astronomia Teórica e Experimental (IATE).

### Referências

- [1] E. Hubble, *Effects of red shifts on the distribution of nebulae*, [The Astrophysical Journal](#) **84**, 517 (1936).
- [2] A. Helmi, *Streams, substructures and the early history of the Milky Way*, [Annual Review of Astronomy and Astrophysics](#) **58**(1), 205 (2020).
- [3] H. Mo, F. van den Bosch e S. White, *Galaxy Formation and Evolution* (Cambridge University Press, Cambridge, 2010).
- [4] M. Vogelsberger et al., *Properties of galaxies reproduced by a hydrodynamic simulation*, [Nature](#) **509**(7499), 177 (2014).