



Mapeando a Galáxia de dentro: Visão da Galáxia antes e depois do GAIA

**Rafael Passos Domingues • UNIFEI •
d2021101072@unifei.edu.br**



Sumário



Olhando para fora: Observando a estrutura de outras galáxias

Olhando para dentro: Visão artística e conjecturas sobre a estrutura da Galáxia

Fontes traçadoras da estrutura espiral da Galáxia

Nuvens Moleculares Gigantes (*GMC's*)

Regiões *HII*

Formação estelar nos braços espirais

MASERS

Ajuste dos Braços Espirais: [Hou and Han, A&A (2014)]

Últimos resultados da missão *GAIA*: Precissão da warp

Olhando para fora: Observando a estrutura de outras galáxias

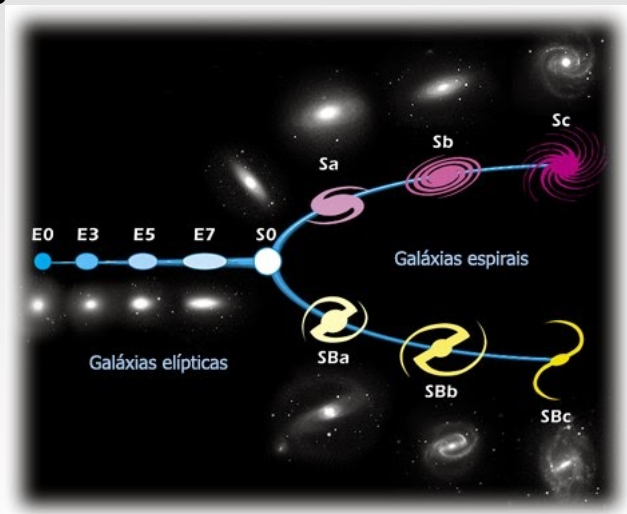


Figura 1: Classificação de Hubble

Olhando para dentro: Visão artística e conjecturas sobre a estrutura da Galáxia

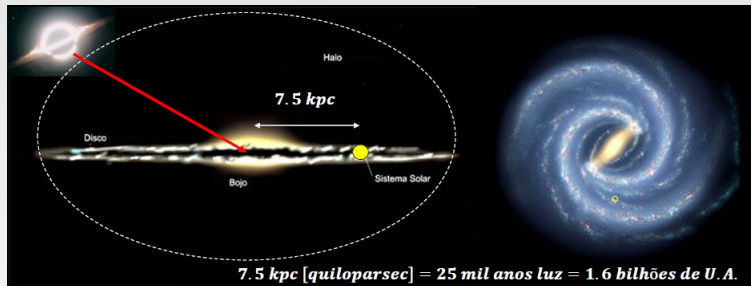


Figura 2: Visão artística da Galáxia.

"(...) A Via-Láctea contém cerca de 400 bilhões de estrelas de todo tipo que se movimentam numa graciosidade complexa e ordenada (...)" **[Cosmos, Carl Sagan]**

Fontes traçadoras da estrutura espiral da Galáxia



Figura 3: À esquerda a Nebulosa da Águia e à direita a Nebulosa de Órion, as mais famosas regiões de GMC's e HII observadas.

Créditos: [NASA, Hester and Scowen] & [AAO/David Malin]

Nuvens Moleculares Gigantes (*GMC's*)



- As *GMC's* são regiões frias ($T \sim 10\text{ K}$) e densas ($\rho \sim 100$ partículas cm^{-3}), e **emitem radiação** de comprimento de onda milimétrica mais longa (**micro ondas**) que pode passar pelo meio interestelar sem ser afetada.

Nuvens Moleculares Gigantes (*GMC's*)

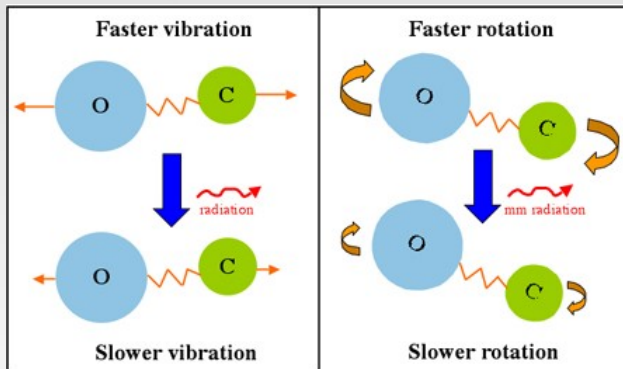


Figura 4:As moléculas das (*GMC's*) emitem radiação quando seus estados de rotação ou vibração são alterados. Uma mudança no estado rotacional da molécula de *CO* resulta em um fóton emitido em comprimentos de onda milimétricos (micro ondas).

Formação das regiões *HII*

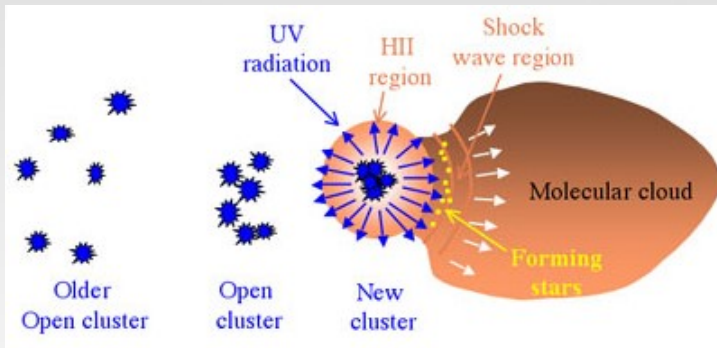


Figura 5:As regiões *HII* são nebulosas de emissão criadas quando estrelas jovens (idade $< 7 \text{ Myr}$) e massivas (massa $> 8 M_{\odot}$) ionizam *GMC's* próximas com radiação *UV* de alta energia. Essa regiões desempenham um papel fundamental na propagação da formação estelar através de *GMC's*.

MASERS



- **MASER** é a sigla de **Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation** que é uma amplificação de micro ondas por emissão estimulada de radiação.
- Os *MASERS* de Metanol a 6.7 GHz (44 mm) são marcadores ideais para jovens núcleos formadores de estrelas de alta massa.
- Com base nas emissões de linha molecular de fontes *MASERS* em toda a Galáxia, é possível estimar parâmetros físicos e assim **investigar as condições iniciais de formação das estrelas de alta massa**.

Distribuição de *GMC's*

[Hou and Han, A&A (2014)]

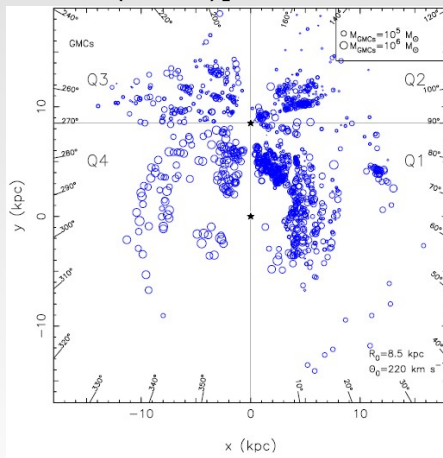


Figura 6: Distribuição das *GMC's*.

Distribuição de regiões *HII*

[Hou and Han, A&A (2014)]

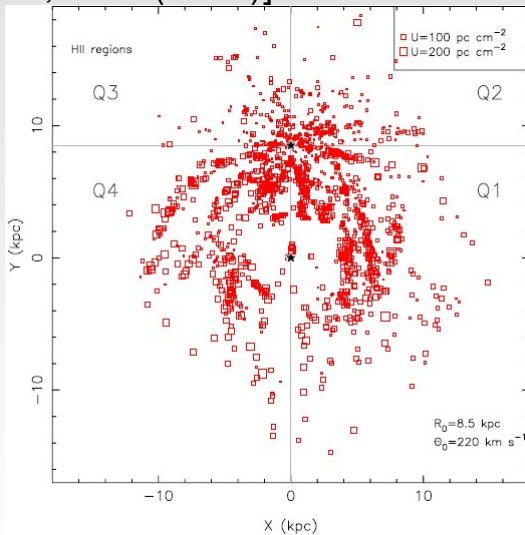


Figura 7:Distribuição de regiões *HII*.

Distribuição de *MASERS*

[Hou and Han, A&A (2014)]

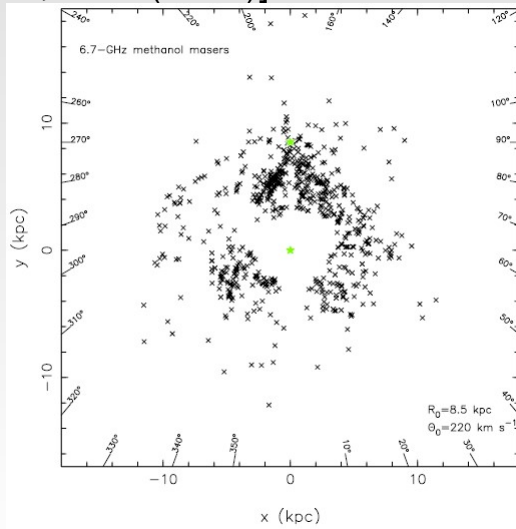


Figura 8: Distribuições *MASERS* de metanol de 6.7 GHz.

GMC's + HII + MASERS [Hou and Han, A&A (2014)]

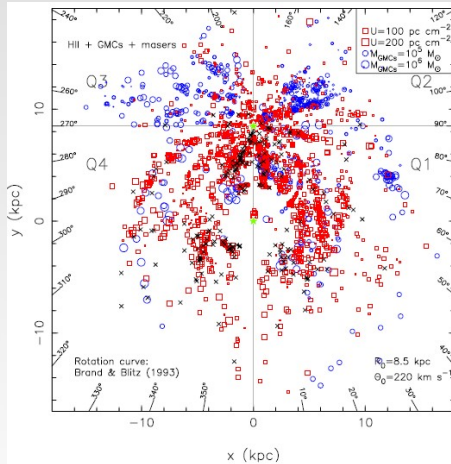
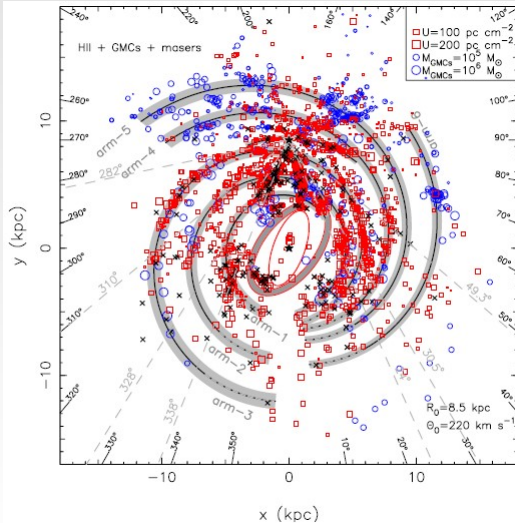


Figura 9: Distribuição de GMC's + HII + MASERS.

⁴Os autores coletaram dados para mais de 2500 regiões HII conhecidas, 1300 GMC's e 900 MASERS de metanol de 6.7 GHz. Se dados fotométricos ou trigonométricos não estavam disponíveis, determinaram a distância cinemática usando uma curva de rotação da Galáxia com o padrão atual da IAU, $R_0 = 8.5 \text{ kpc}$ e $V_0 = 220 \text{ km s}^{-1}$.

Ajuste dos Braços Espirais

[Hou and Han, A&A (2014)]



Espiral Polinomial
Logarítmica

$$\varphi(r) = \frac{1}{\tan \psi_i} \ln \left(\frac{r}{d_0} \right)$$

Figura 10: A elipse vermelha indica a barra galáctica.

Evidência de warp: [Hou and Han, A&A (2014)]

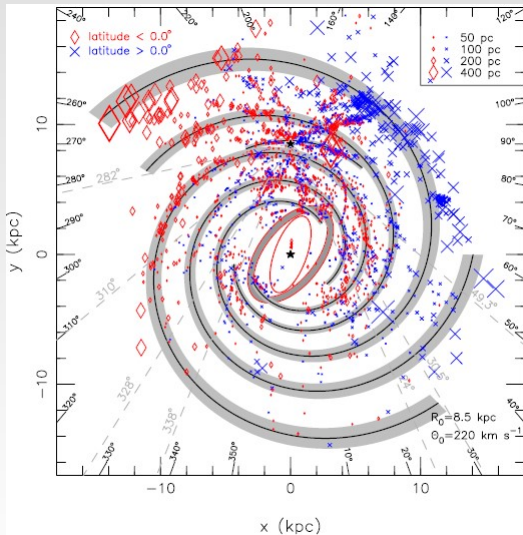


Figura 11: Evidência de warp galáctico, como mostrado pelas distribuições de regiões *GMC's*, *HII* e *MASERS* de metanol de 6.7 GHz.

Missão GAIA-ESA

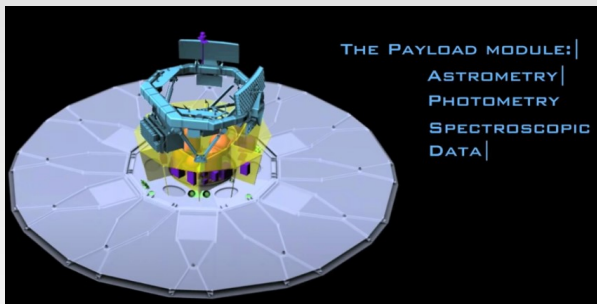


Figura 12: A sonda foi lançada em Novembro de 2013 e está equipada com instrumentos que prometem um **catálogo inédito** contendo o brilho, as posições e os movimentos no céu **para mais de um bilhão de estrelas da Via Láctea**, além de informações sobre outros corpos celestes. *GAIA* deve permanecer ativa até o ano de 2021.

Localização GAIA

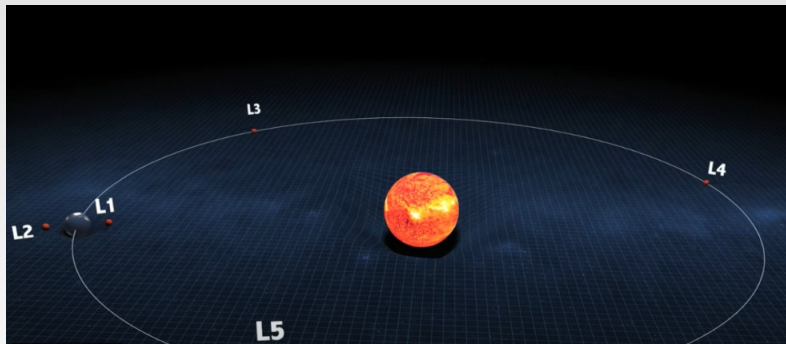


Figura 13: A sonda está **localizada** em uma órbita ao redor do Sol, perto de um local a cerca de 1,5 milhão de quilômetros além da órbita da Terra, conhecido como **ponto** Lagrangiano **L2**.

Coleta de dados do *GAIA*

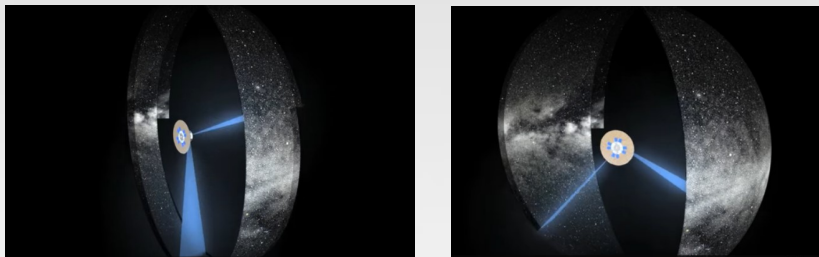


Figura 14: Seus dois telescópios estão varrendo o céu, girando lentamente. A precisão dos instrumentos da *GAIA* é de 1 microssegundo de arco.

⁵Em perspectiva: 1 microssegundo de arco compreende uma região do céu que tem a espessura de um fio de cabelo na superfície da Lua visto a partir da Terra.

Comparação: Via-Láctea e *M 101*

[Ye Xu, Li-Gang Hou and Yuan-Wei Wu, *RAA* (2018)]



Figura 15:A Via-Láctea provavelmente possui uma estrutura muito semelhante à galáxia do Cata-Vento (*M 101*). Adaptação com permissão de Dr. R. Jay GaBany.

Evidência de formação "de dentro para fora"

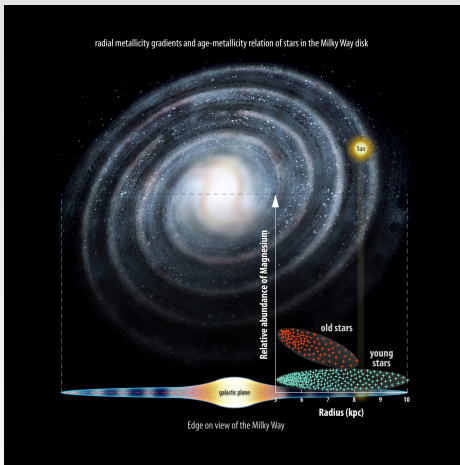


Figura 16: A presença substancial de estrelas mais jovens (idade < 7 milhões de anos) no disco galáctico e o oposto, estrelas mais velhas (idade > 9 bilhões de anos) no halo (região periférica) revela uma forte evidência sobre como a Galáxia se formou.

Últimos resultados do GAIA: Precessão WARP

[E. Poggio et al, NA (2020)]

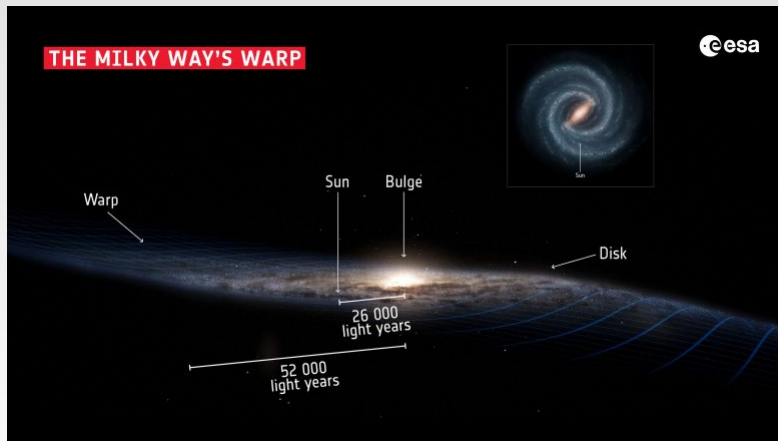


Figura 17:Precessão WARP - $\omega = (10.86 \pm 0.03) [km s^{-1} kpc^{-1}]$.

Possível causa da precessão da warp

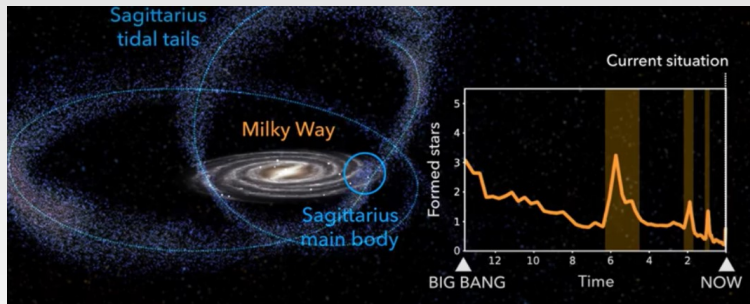


Figura 18: Picos de formação estelar coincidem com as passagens da galáxia anã de *Sagitário* nos últimos 13.6 bilhões de anos.



Obrigado pela atenção!

Referências



[1] L. G. Hou and J. L. Han. **The observed spiral structure of the Milky Way.** A&A; 569, A125 (2014).

[2] Ye Xu, Li-Gang Hou and Yuan-Wei Wu. **The spiral structure of the Milky Way.** Research in Astronomy and Astrophysics; vol.18, no.12 (2018).

[3] E. Poggio et al. **Evidence of a dynamically evolving Galactic warp.** nature Astronomy (2020)

Curva de rotação do Bojo da Galáxia

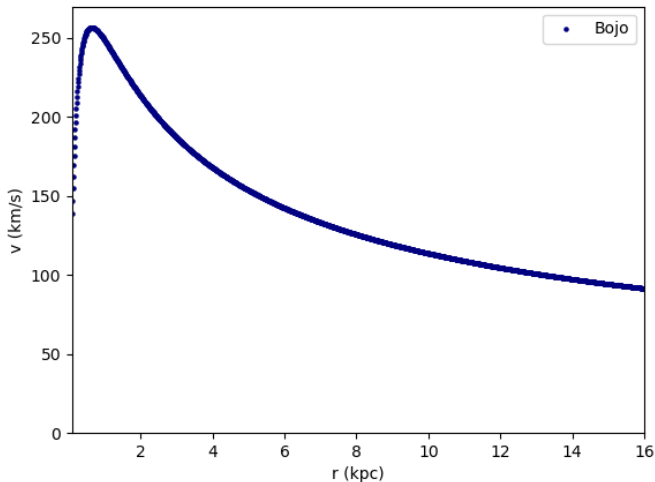


Figura 19: Curva de rotação do Bojo da Galáxia

Curva de rotação do Disco da Galáxia

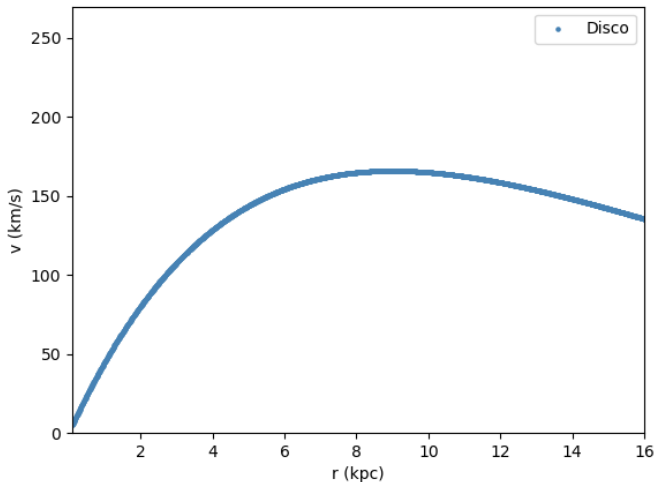


Figura 20: Curva de rotação do Disco da Galáxia

Curva de rotação do Halo da Galáxia

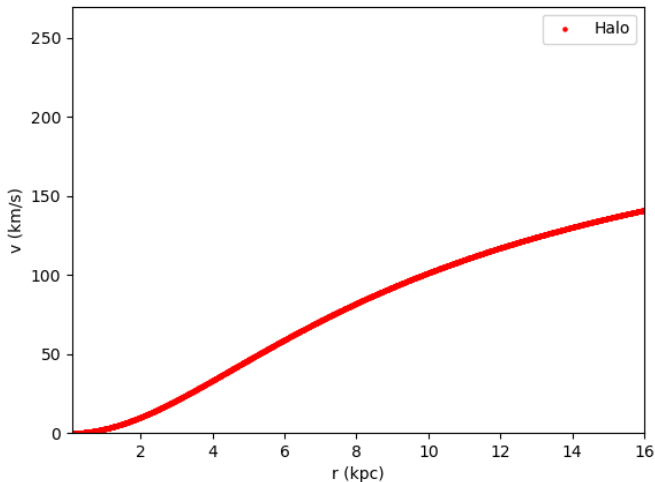


Figura 21: Curva de rotação do Halo da Galáxia

Curva de rotação resultante da Galáxia

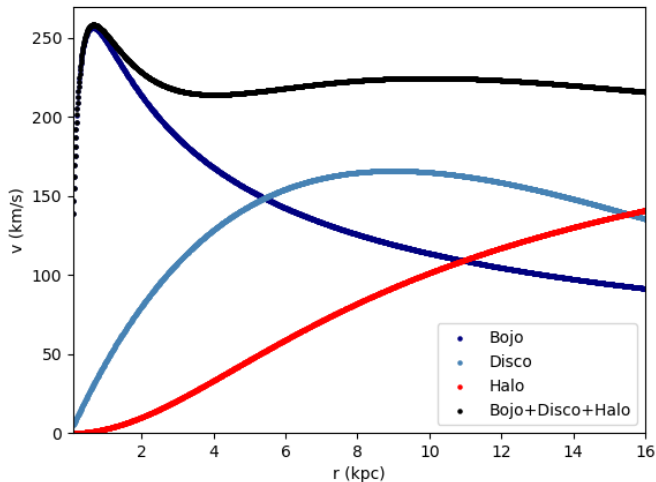


Figura 22: Curva de rotação resultante da Galáxia

Matéria Escura?

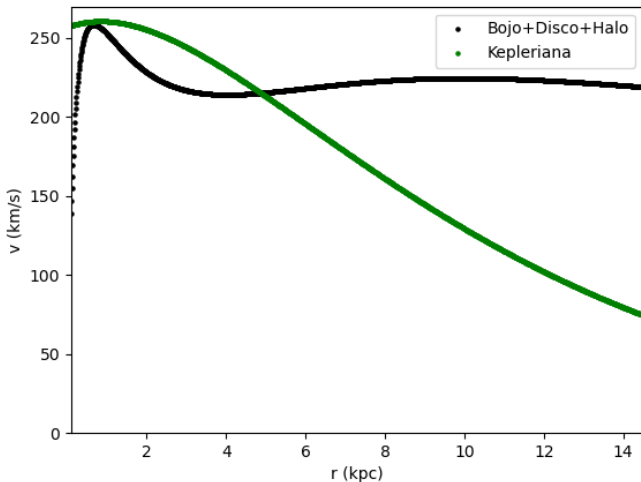


Figura 23: Comparação da curva semi-empírica com o regime Kepleriano