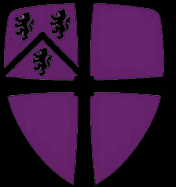


Aglomerados de Galáxias: Uma Introdução

S. V. Werner - 13/06/2023 - Universidade Federal de Uberlândia



Breve apresentação

Paulo Lopes



Federal University
of Rio de Janeiro

Caltech

Anthony
Gonzalez



University of Florida

University of
Sao Paulo

Claudia Mendes
de Oliveira



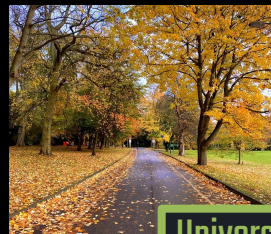
Mathilde Jauzac



Nina Hatch



University of Nottingham



Durham University



Um pouco de história

Era uma vez...

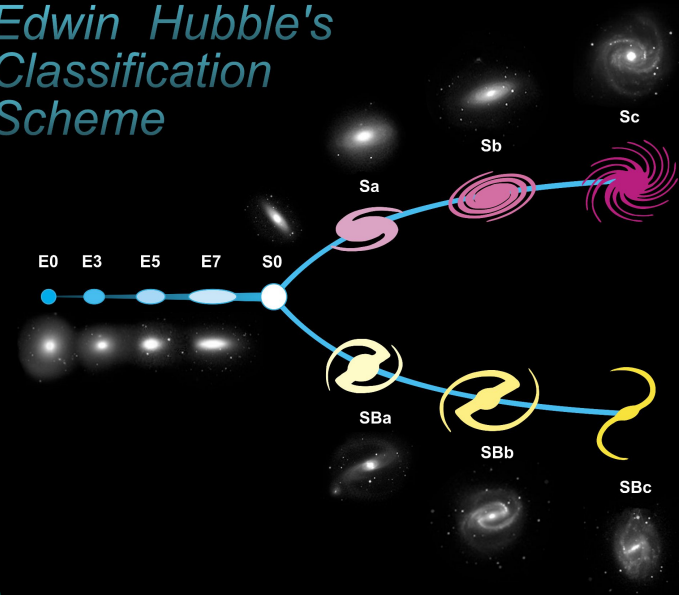
- Primeira documentação de observação de outra galáxia foi em 903-986 pelo al-Sufi, um astrônomo Persa, e está no “Book of Fixed Stars”
- Foram chamadas por muito tempo de “objetos nebulosos”
- Até o começo do século XX não fazíamos ideia se galáxias eram algo dentro da nossa galáxia ou algo fora - debate Curtis vs Shapley
- 1929: Hubble mediu a distância de Andrômeda usando uma relação descoberta pela Henrietta Leavitt para variáveis cefeidas
- Isso levou a criação do campo de estudo da astrofísica extragaláctica



Um pouco de história

- Em 1926-1927 Hubble classifica galáxias - diagrama de diapasão de Hubble
- Conforme o tempo vai passando as classificações vão ficando mais específicas
- Elípticas, espirais, lenticulares, irregulares
- Bojo
- Barra
- Braços espirais

*Edwin Hubble's
Classification
Scheme*



Universo próximo!

O que são aglomerados de galáxias?

Galáxias (óptico+infravermelho) - 2-3%

Maiores estruturas do
Universo que tiveram
tempo de colapsar.



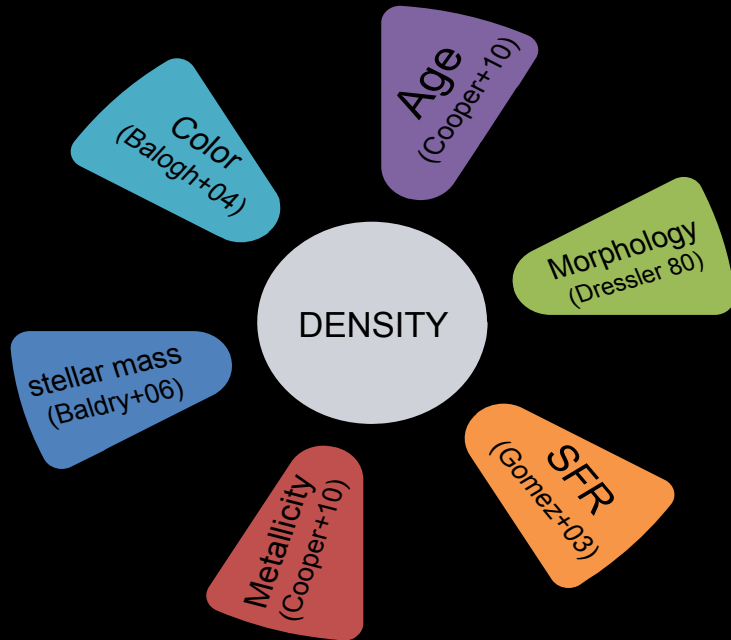
NASA, ESA,
CSA, and
STScI



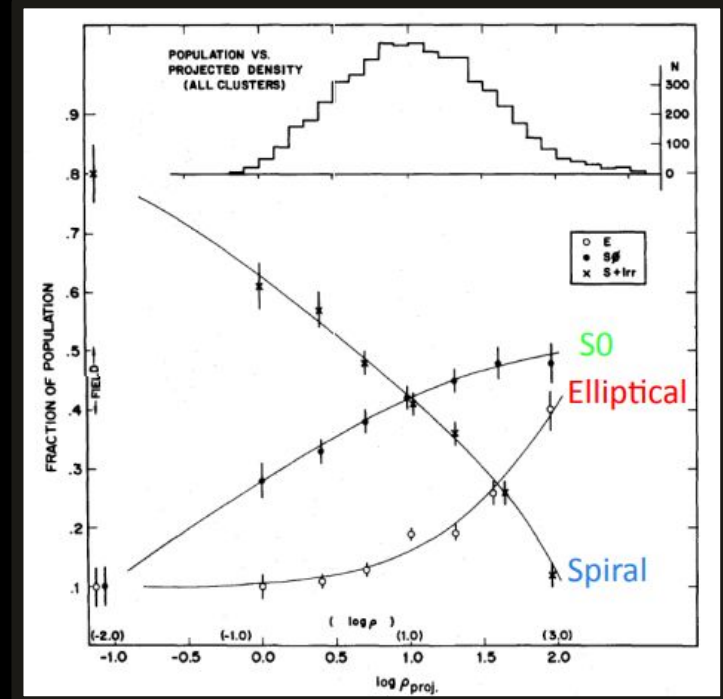
ESA, NASA,
STScI

O que são aglomerados de galáxias?

Distribuição de galáxias em aglomerados

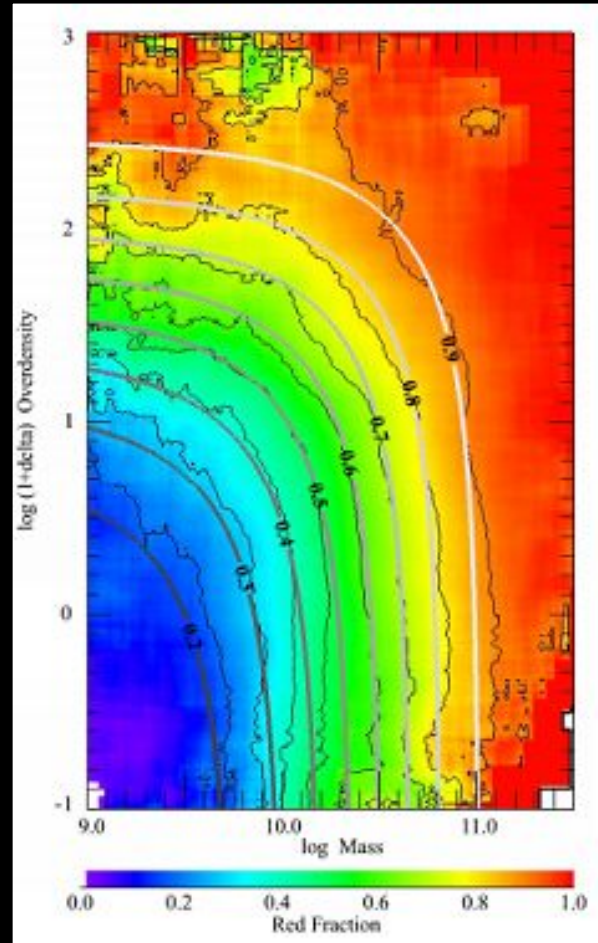


Dressler 1980



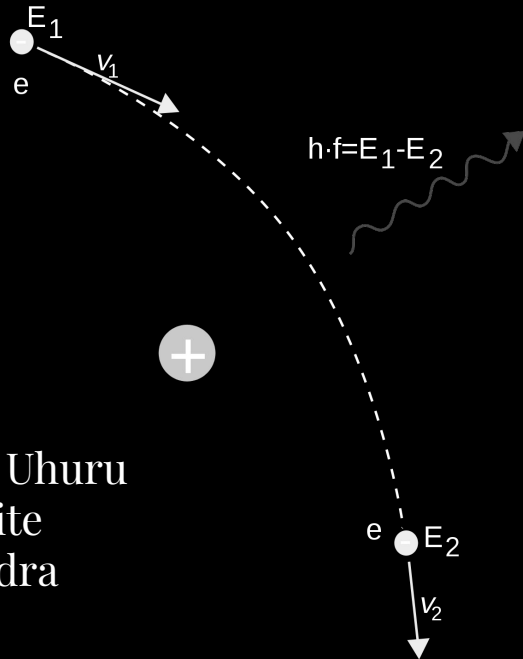
O que são aglomerados de galáxias?

Distribuição de galáxias em aglomerados

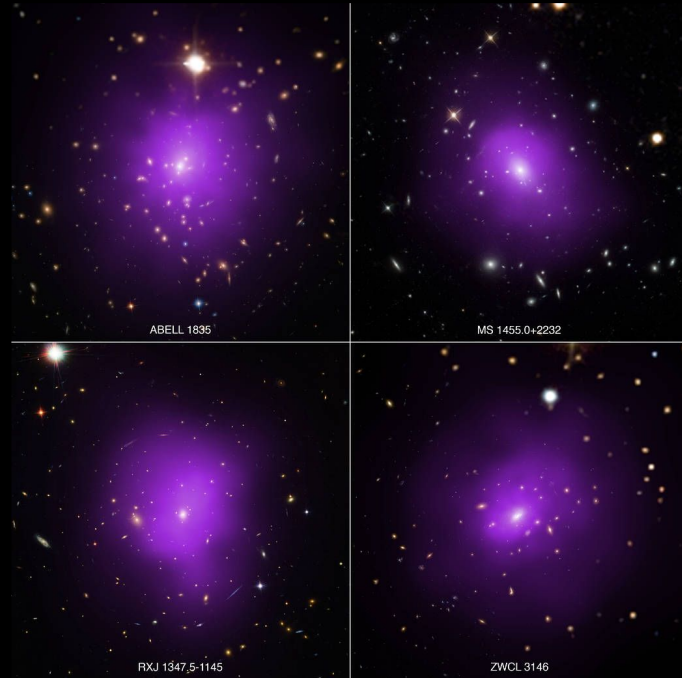


O que são aglomerados de galáxias?

Plasma (raios-X) - Thermal Bremsstrahlung - 13-16%



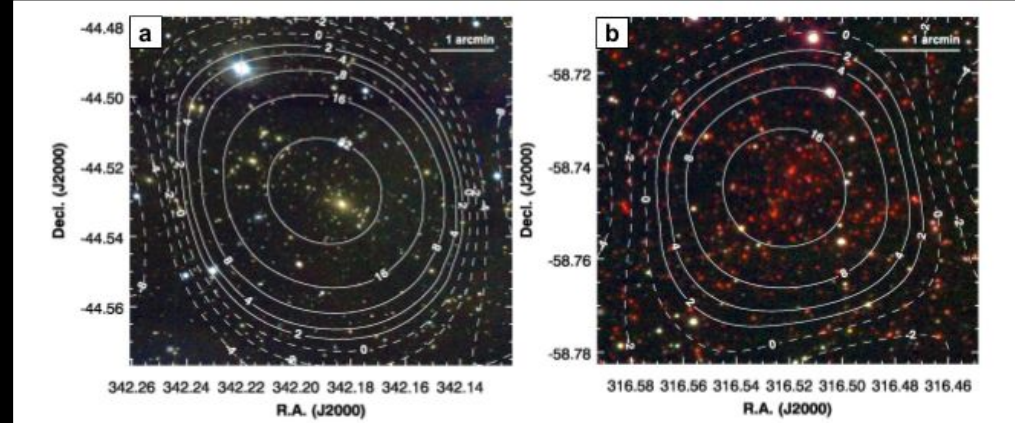
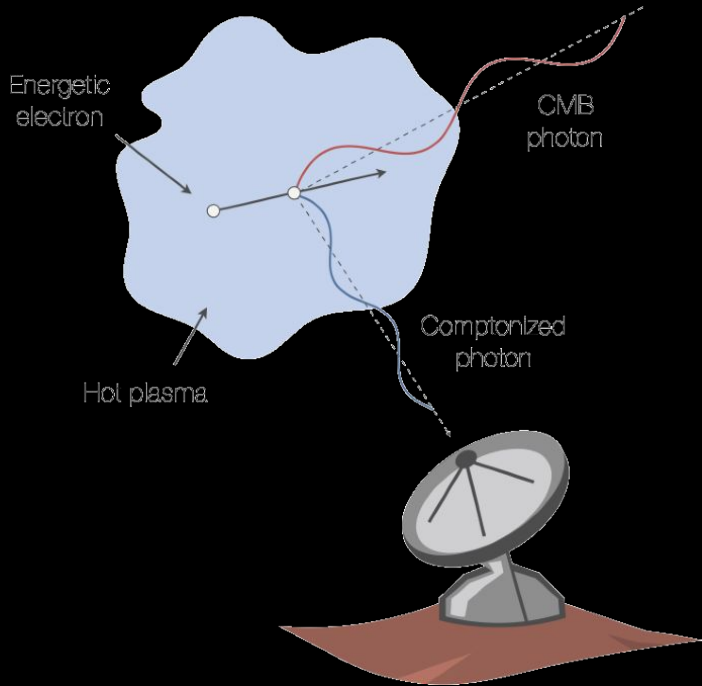
- 1971 - Uhuru satellite
- Chandra
- XMM



NASA/CXC/Univ. of Alabama/A. Morandi et al; Optical: SDSS, NASA/STScI

O que são aglomerados de galáxias?

Plasma - efeito SZ (radio)



O que são aglomerados de galáxias?

Luz intra-aglomerado



NASA, ESA, and
M. Montes
(University of
New South
Wales, Sydney,
Australia)

NASA/ESA/CSA/
STScI/IAC

O que são aglomerados de galáxias?

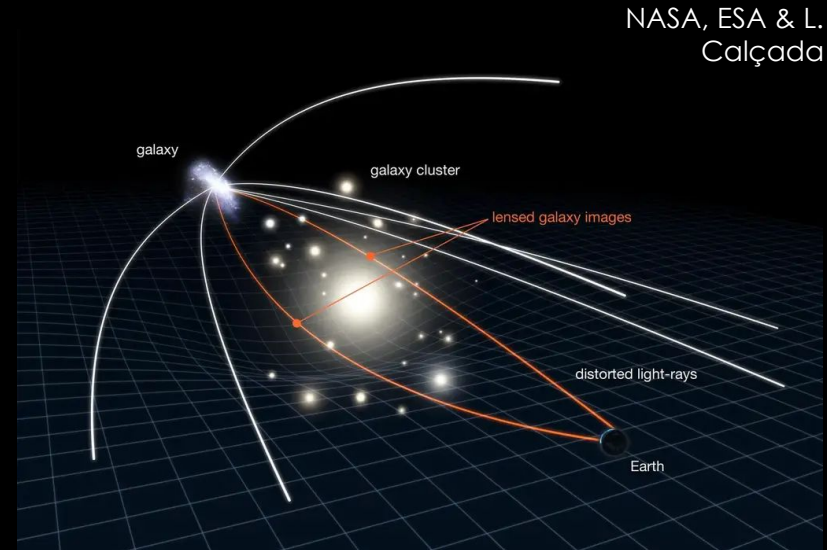
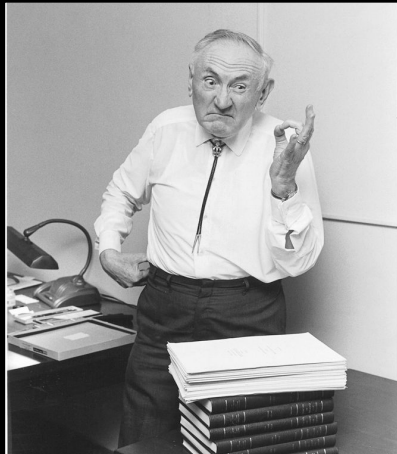
Luz intra-aglomerado

- A luz intra-aglomerado consiste em uma luz proveniente de estrelas e remanescentes estelares como nebulosas planetárias e estrelas de nêutrons que não estão conectadas gravitacionalmente a nenhuma galáxia. Eles estão conectados ao potencial gravitacional do aglomerado ou seja ao halo de matéria escura.
- O que causa essa ejeção de objetos? Isso ainda é estudado.
 - Colisões de galáxias, disrupção de galáxias anãs, interações gravitacionais rápidas, formação de estrelas in-situ, etc.
 - Possivelmente em diferentes idades do Universo, diferentes processos são mais relevantes.
- Na prática, diferentes definições levam a resultados diferentes.

O que são aglomerados de galáxias?

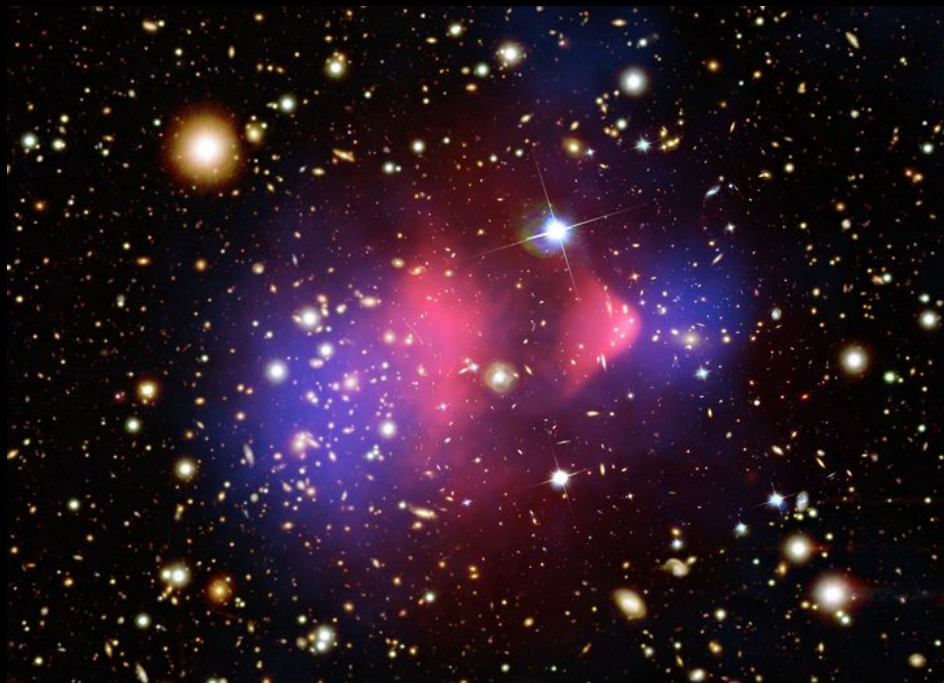
Matéria escura - 80-85%

- Primeira evidência de matéria escura: 1933 - Zwicky - Teorema do Virial - Aglomerado de Coma
- Lentes gravitacionais

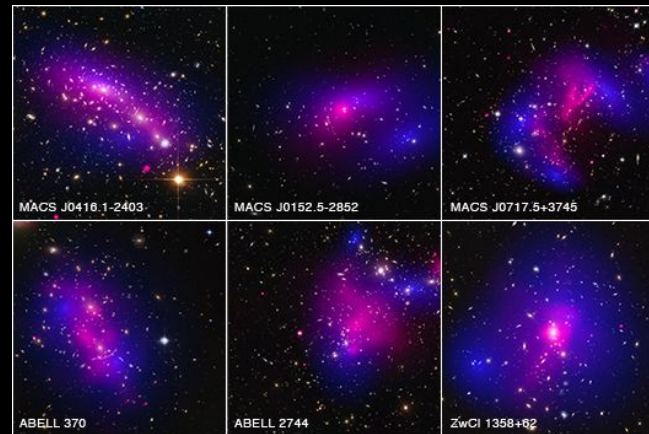


O que são aglomerados de galáxias?

Aglomerado da Bala - forte evidência de matéria escura!



X-ray:
NASA/CXC/CfA
/M.Markevitch
et al.; Optical:
NASA/STScI;
Magellan/U.Arizon
a/D.Clowe et
al.; Lensing
Map:
NASA/STScI; ESO
WFI;
Magellan/U.Arizon
a/D.Clowe et
al.



X-ray: NASA/CXC/Ecole Polytechnique Federale de Lausanne,
Switzerland/D.Harvey & NASA/CXC/Durham Univ/R.Massey; Optical & Lensing Map:
NASA, ESA, D. Harvey (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland)
and R. Massey (Durham University, UK)

O que são grupos de galáxias?

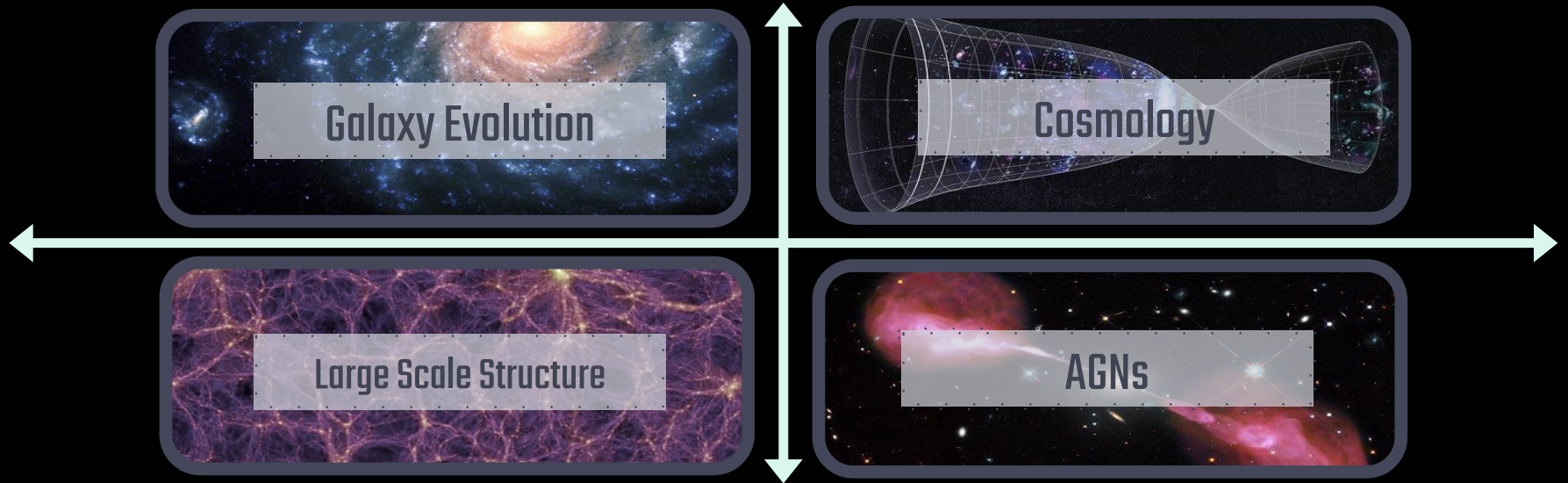
Qual a diferença de aglomerados e grupos?

- Aglomerados de galáxias
 - $10^{14-15} M_{\odot}$
 - centenas a milhares de galáxias
- Grupos de galáxias
 - $10^{13} M_{\odot}$
 - até dezenas de galáxias
- Interações mais relevantes entre galáxias vão variar já que em aglomerados as galáxias têm uma velocidade maior



Por que estudar aglomerados de galáxias?

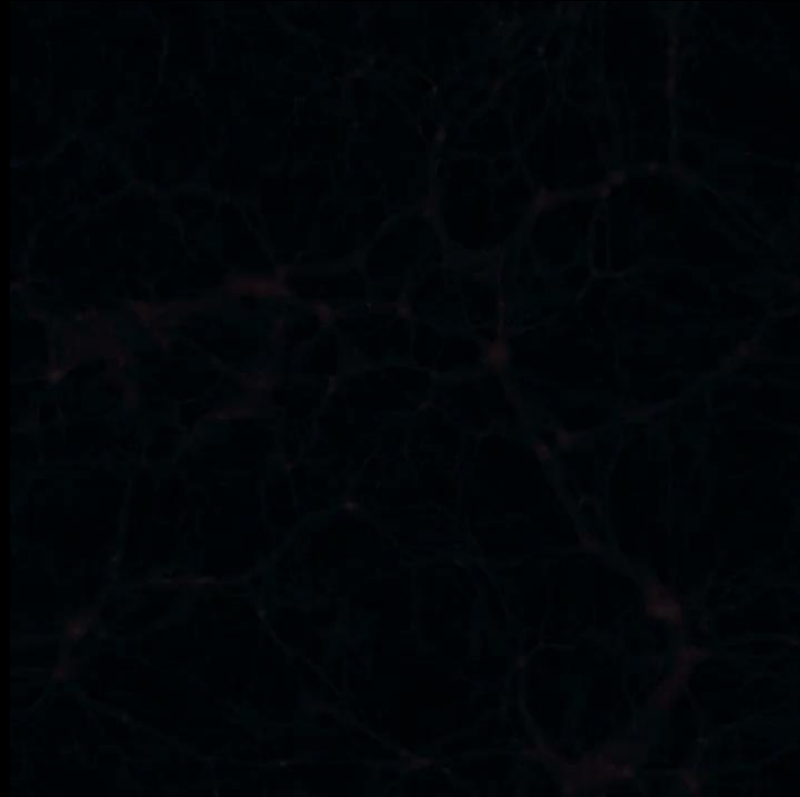
Aglomerados estão ligados às mais diversas áreas da astrofísica



Por que estudar aglomerados de galáxias?

Cosmologia e estrutura em larga escala

- Aglomerados de galáxias residem nos locais mais densos do Universo em larga escala
- Sua distribuição serve de medida de parâmetros cosmológicos



Por que estudar aglomerados de galáxias?

Galáxias evoluem!

Por que estudar aglomerados de galáxias?

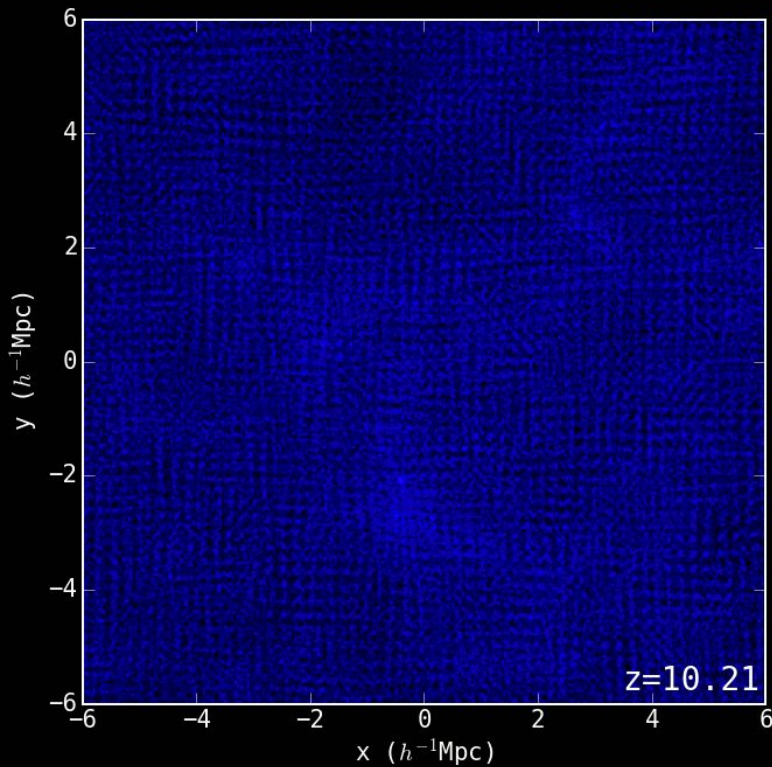
Evolução de Galáxias

- Como discutido antes, o meio interfere na evolução das galáxias
- Ao lado: galáxia água-viva



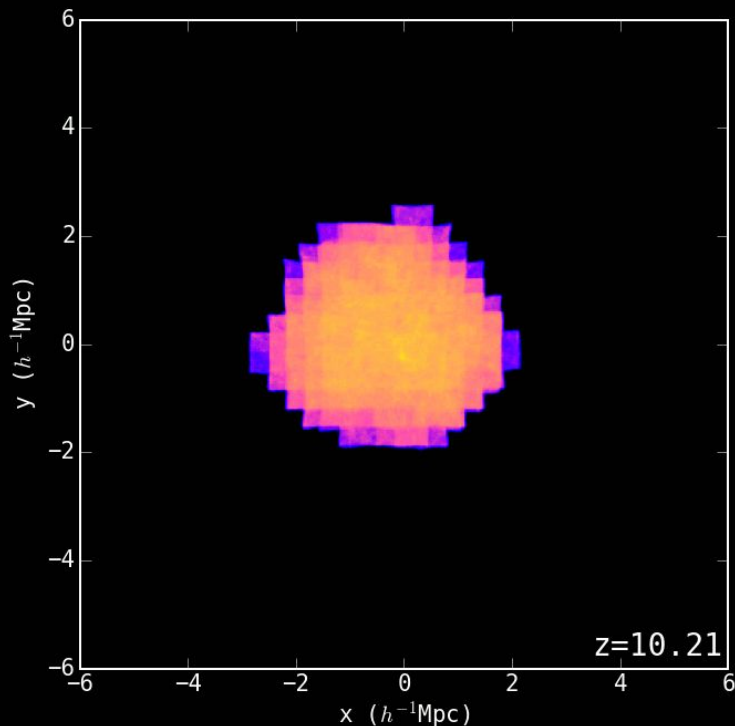
O que são proto-aglomerados de galáxias?

- Como proto-aglomerados de galáxias se formam (ignorando a expansão do Universo)



O que são proto-aglomerados de galáxias?

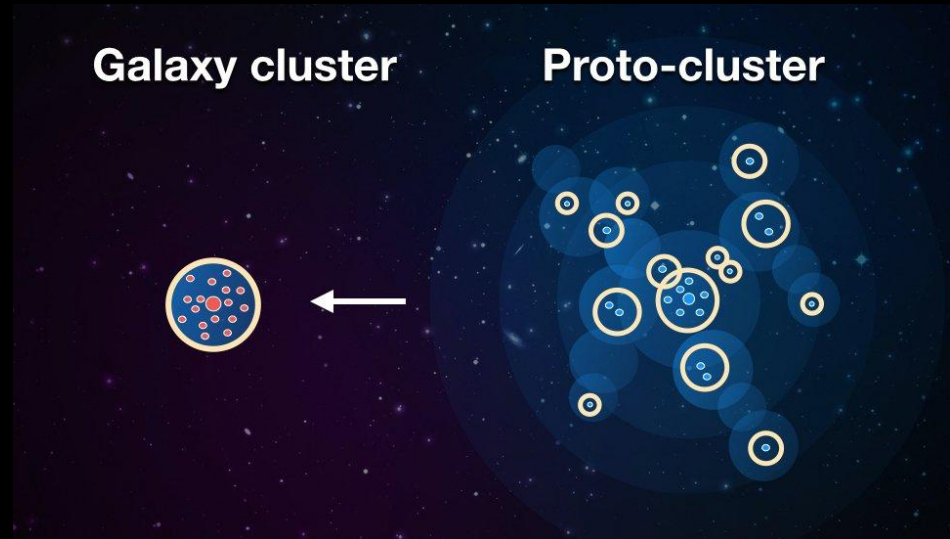
- Como proto-aglomerados de galáxias se formam (considerando a expansão do Universo)



O que são proto-aglomerados de galáxias?

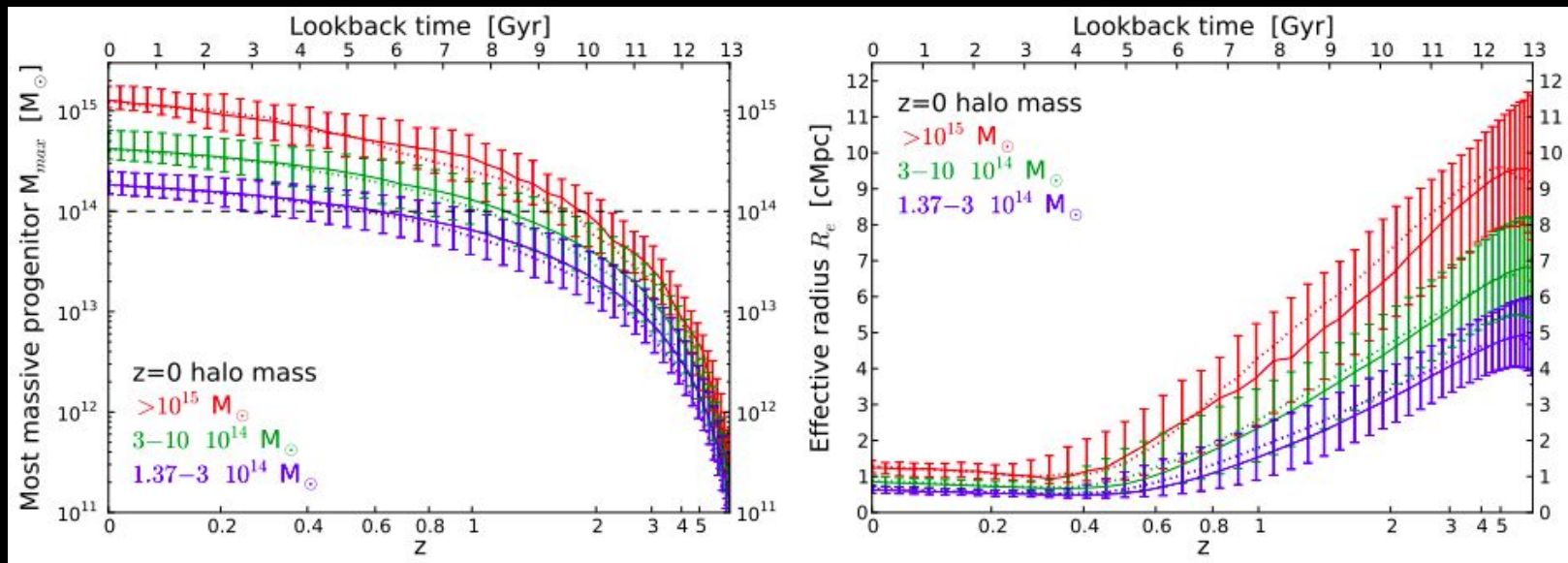
Observando um pouco mais longe...

- Existem várias definições na literatura
 - Halos mais massivos em $z > 2$
 - Soma de todos os halos que formarão um aglomerado em $z = 0$
- Evoluem em massa e volume conforme o tempo passa



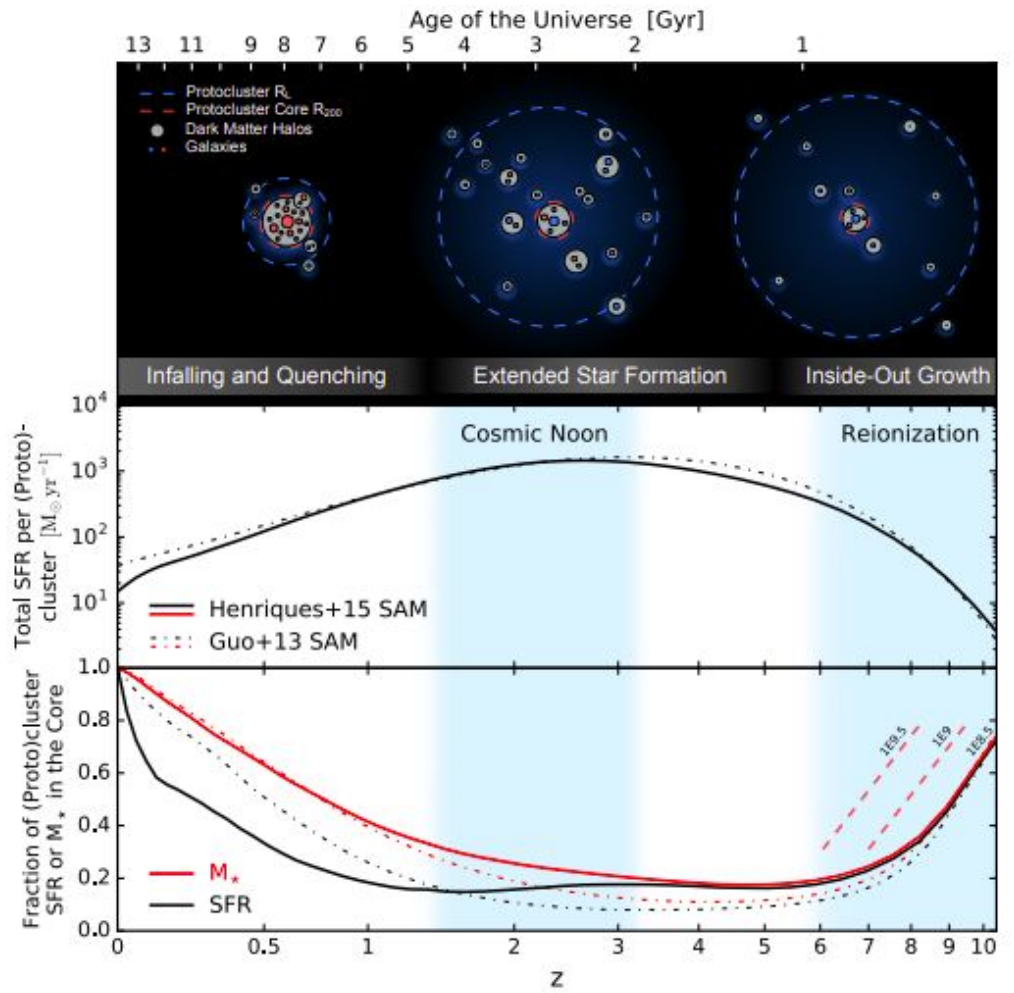
O que são proto-aglomerados de galáxias?

Observando um pouco mais longe...



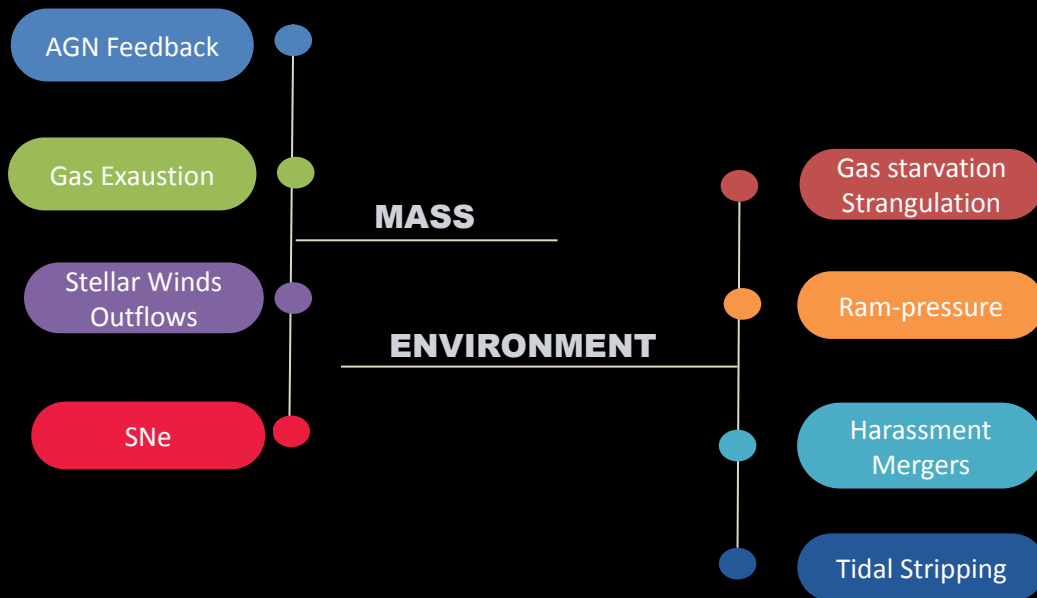
O que são proto-aglomerados de galáxias?

Chiang+17



Como galáxias evoluem?

O famoso “galaxy quenching” – Massa & Meio



➤ Esses são alguns processos físicos que podem modificar galáxias

Como galáxias evoluem?

vanderBurg+18

O que é o pré-processamento?

GRUPO



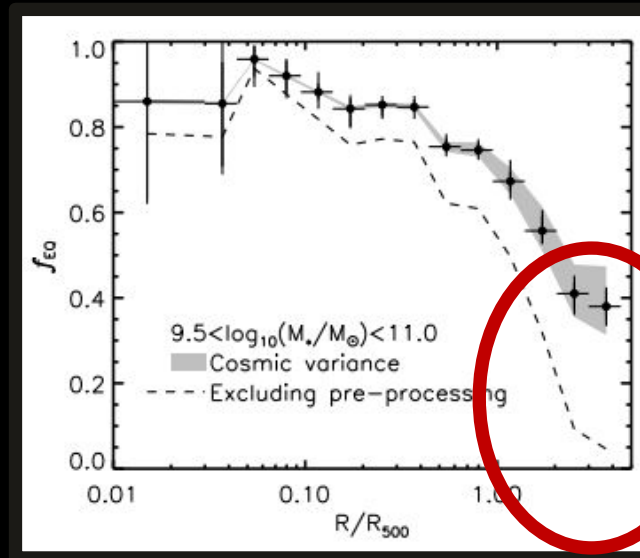
GRAVIDADE



Será que as galáxias interagiram o suficiente para perder gás?

As galáxias vão chegar lá “mortas”?

HALO PRINCIPAL DO AGLOMERADO

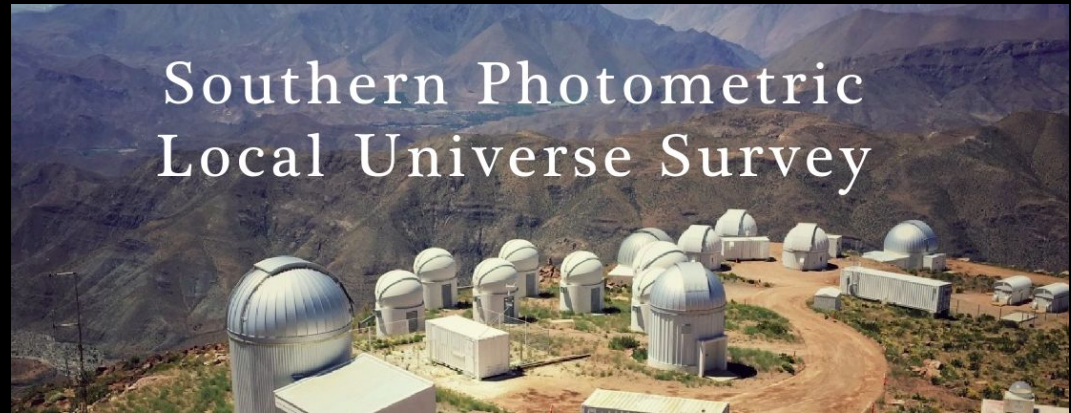


Evidência que esse processo é relevante em redshifts intermediários - $0.5 < z < 0.7$

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em aglomerados?

Catálogo de aglomerados de galáxias usando dados do S-PLUS

- Pra estudar aglomerados, primeiro temos que ACHAR os aglomerados
- No meu trabalho de mestrado na USP nós detectamos milhares de aglomerados no céu
- Usamos dados desse levantamento de dados que é liderado por uma brasileira
- Telescópio se situa no Chile



$Z < 0.4$

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em aglomerados?

Catálogo de aglomerados de galáxias usando dados do S-PLUS

S-PLUS DR1 galaxy clusters and groups catalogue using PzWav

S. V. Werner^{1,2*}, E. S. Cypriano², A. H. Gonzalez³, C. Mendes de Oliveira²,
P. Araya-Araya², L. Doubrawa², R. Lopes de Oliveira^{2,5,6}, P. A. A. Lopes⁴,
A. Z. Vitorelli^{2,10}, D. Brambila⁴, M. Costa-Duarte², E. Telles⁶, A. Kanaan⁷, T. Ribeiro⁸,
W. Schoenell⁹, T. S. Gonçalves⁴, K. Menéndez-Delmestre⁴, C. R. Bom^{11,12},
L. Nakazono²

Werner et al.

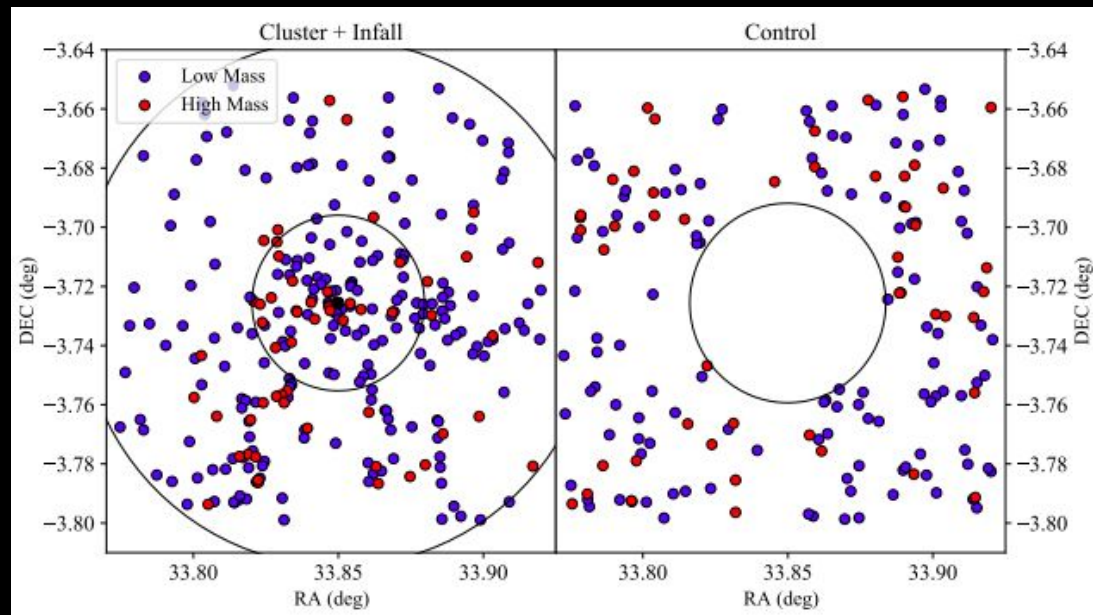
2022

arXiv:2211.04243

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em aglomerados distantes?

Região de Infall

- No primeiro projeto do meu doutorado nós investigamos a região ao redor de aglomerados em $z \sim 1$
- Concluimos pela primeira vez que o pré-processamento de galáxias é o processo mais relevante para “quenchar” galáxias nessa idade do Universo



$z > 0.8$

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em aglomerados distantes?

Satellite quenching was not important for $z \sim 1$ clusters: most quenching occurred during infall

S. V. Werner¹,^{*} N. A. Hatch¹,^{*} A. Muzzin,² R. F. J. van der Burg,³ M. L. Balogh,^{4,5} G. Rudnick⁶ and G. Wilson⁷

¹School of Physics and Astronomy, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK

²Department of Physics and Astronomy, York University, 4700, Keele Street, Toronto, Ontario, ON MJ3 1P3, Canada

³European Southern Observatory, Karl-Schwarzschild-Str 2, D-857748 Garching, Germany

⁴Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo, Waterloo, ON N2L 3G1, Canada

⁵Waterloo Centre for Astrophysics, University of Waterloo, Waterloo, ON N2L 3G1, Canada

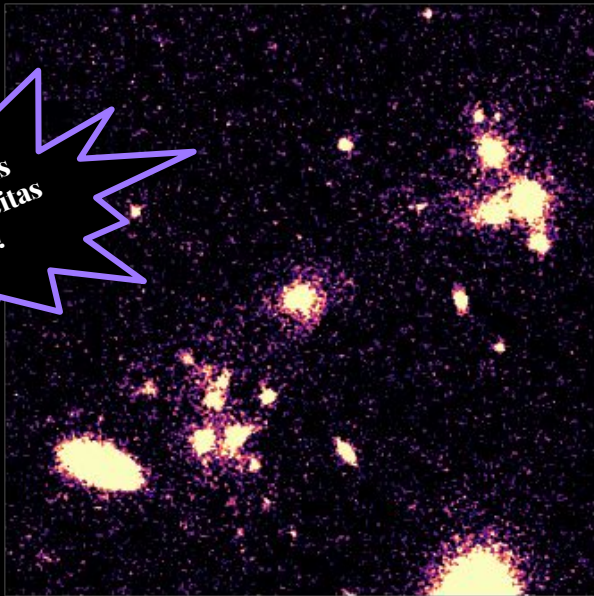
⁶Department of Physics and Astronomy, The University of Kansas, Malott Room 1082, 1251 Wescoe Hall Drive, Lawrence, KS 66045, USA

⁷Department of Physics and Astronomy, University of California, Riverside, 900 University Avenue, Riverside, CA 92521, USA

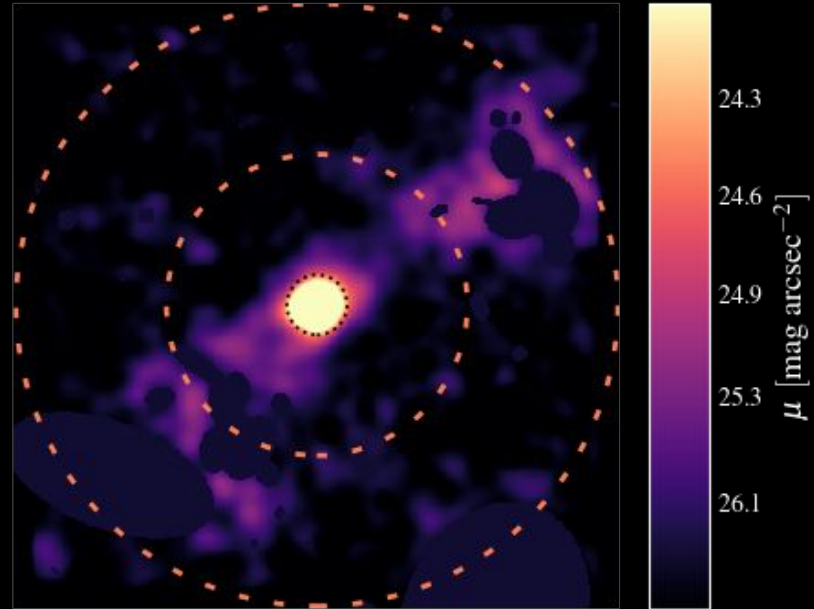
Werner et al. 2021
arXiv:2111.14624

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em proto-aglomerados?

Luz intra-aglomerado - $z \sim 2$



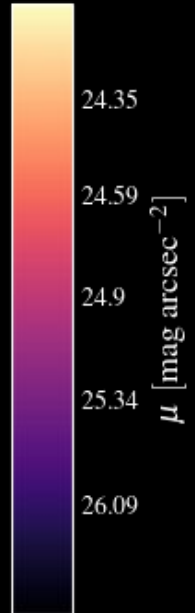
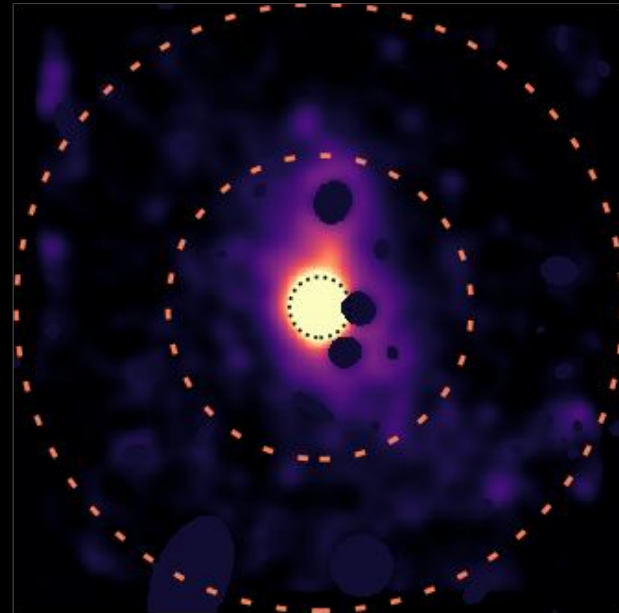
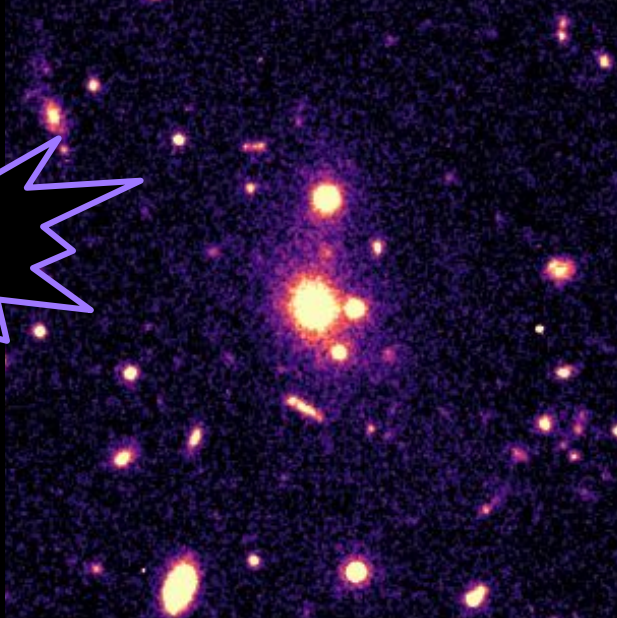
Medidas mais
distantes já feitas
até hoje!



O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em proto-aglomerados?

Luz intra-aglomerado - $z \sim 2$

Medidas mais
distantes já feitas
até hoje!



O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em proto-aglomerados?

Luz intra-aglomerado

- Detectamos uma quantidade significativa de luz intra-aglomerados nos primeiros bilhões de anos do Universo
- Provavelmente essa luz começou a se formar bem antes do esperado
- É um jeito de detectar halos de matéria massivos com futuros levantamentos de dados

O que descobrimos recentemente sobre evolução de galáxias em proto-aglomerados?

Luz intra-aglomerado

Intracluster light in the core of $z \sim 2$ galaxy proto-clusters

S. V. Werner^{1*}, N. A. Hatch¹, J. Matharu^{2,3,4}, A. H. Gonzalez⁵,
Y. M. Bahe⁶, S. Mei^{7,8}, G. Noirot⁹ & D. Wylezalek¹⁰

¹*School of Physics and Astronomy, University of Nottingham, Nottingham, NG7 2RD, UK*

²*Department of Physics and Astronomy, Texas A&M University; College Station, TX, 77843-4242, USA*

³*George P. and Cynthia Woods Mitchell Institute for Fundamental Physics and Astronomy, Texas A&M University; College Station, TX, 77845-4242, USA*

⁴*Cosmic Dawn Center, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Rådmandsgade 62, 2200 Copenhagen, Denmark*

⁵*Department of Astronomy, University of Florida; 211 Bryant Space Science Center, Gainesville, FL 32611, USA*

⁶*Leiden Observatory, Leiden University; Niels Bohrweg 2, NL-2333 CA, Leiden, The Netherlands*

⁷*Université de Paris, CNRS, Astroparticule et Cosmologie; F-75013 Paris, France*

⁸*Jet Propulsion Laboratory and Cahill Center for Astronomy & Astrophysics, California Institute of Technology; 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, California 91011, USA*

⁹*Department of Astronomy & Physics, Saint Mary's University; 923 Robie Street, Halifax, NS B3H3C3, Canada*

¹⁰*Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Astronomisches Rechen-Institut, Mönchhofstr 12-14, D-69120 Heidelberg, Germany*

Werner et al. 2023
arXiv:2305.06385

E o que está rolando agora? E o futuro?

- Em geral, ainda tem muitas perguntas em aberto sobre como galáxias evoluem em aglomerados e proto-aglomerados
 - Qual o maior redshift que podemos encontrar luz intra-aglomerado?
 - Quais os processos principais de transformação de galáxias em $z > 2$?
 - Como detectar proto-aglomerados de galáxias usando a luz intra-aglomerado?
 - Por aí vai...
- Atualmente continuo investigando proto-aglomerados de galáxias e suas propriedades
- No futuro pretendo usar dados do James Webb e do Euclid para responder essas perguntas

Referências completas e mais detalhes

Acesse meu site! Artigos, tese, apresentações, redes sociais, etc.



Stephane Werner

Astrophysicist

[Home](#) [About me](#) [Research](#) [Outreach](#) [CV](#) [Talks & Extra Material](#) [Blog](#) [Contact me](#)

Olá!

I am an astrophysicist working with galaxy formation and evolution, and trying to understand how galaxy clusters and proto-clusters formed. Here you will find information about my past and current works - and probably some useless curiosities about me. I recently finished my PhD at the University of Nottingham and will soon be a postdoctoral researcher at Durham University.

*Olá means hello in Portuguese

SCAN ME

