MAPEANDO O UNIVERSO EM GRANDE ESCALA

Thierry Oliveira Candido[1], Ana Cecília Soja[1]

[1]Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Corumbá – MS

thierry.candido@estudante.ifms.edu.br, ana.soja@ifms.edu.br

Resumo

O Universo para muito além das dimensões do Sistema Solar e da Via Láctea, possui uma estrutura que se assemelha a uma grande esponja. Tal comparação é bastante apropriada, já que a maior parte da matéria do Universo se distribui em filamentos e estes são intercalados com regiões de menor densidade, formando grandes "vazios". Na intersecção destes filamentos encontramos as maiores estruturas já formadas no Cosmos, os aglomerados de galáxias. Atualmente alguns destes aglomerado, sob ação contínua da força gravitacional, estão em processo de fusão para formar estruturas maiores, os superaglomerados de galáxias. Essa coletânea de objetos formam a chamada estrutura em grande escala do Universo.

Neste projeto identificamos e mapeamos a distribuição de aglomerados na região do superaglomerado de galáxias Saraswati, uma das maiores estruturas conhecidas do Universo próximo. Para tal, utilizamos dados disponíveis no projeto Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Procuramos inicialmente por galáxias gigantes e brilhantes vermelhas que sabemos habitar o núcleo destes aglomerados. A partir deste catálogo de galáxias vermelhas identificadas, podemos, por exemplo, fornecer suporte para estudos futuros como o cálculo de massa total do aglomerado.

Palavras-chave: Aglomerados de galáxias, super aglomerados de galáxias.

Introdução

O desenvolvimento do telescópio por Galileu a partir do século XVII e seu subsequente aprimoramento permitiram à humanidade observar detalhes do céu noturno até então imperceptíveis a olho nu. Com isso, a quantidade e variedade de objetos astronômicos detectados nos permitiram uma compreensão maior acerca dos diversos processos físicos que ocorrem no Universo.

Ainda no século XVIII dois astrônomos, William Herschel e Charles Messier perceberam uma concentração de objetos nebulosos difusos na região das constelações de Coma Berenice e Virgem. Foi somente na segunda década do século XX que a maior parte destes objetos "nebulosos" (em especial aqueles de aspecto elíptico e espiral) foram reconhecidos como galáxias. Este foi o ponto de partida para o estudo sistemático dos aglomerados de galáxias.

Cerca de 60 a 70% das galáxias são encontradas em algum tipo de associação. Em linhas gerais podemos classificar estas associações de acordo com a quantidade de galáxias membro:

- pares: 2 galáxias
- grupos: cerca de 10 galáxias
- aglomerados pobres: cerca de 100 galáxias
- aglomerados ricos: cerca de 1000 galáxias

Dentre estes, os aglomerados de galáxias são estruturas de grande interesse astrofísico. Eles constituem as maiores estruturas em equilíbrio (ou próximas dele) encontradas no Universo atual. Dentro do cenário da teoria do Big Bang, os aglomerados de galáxias são estruturas relativamente recentes e são formados através da fusão de aglomerados menores. Os aglomerados ricos estão localizados na interseção dos filamentos de matéria que constituem a estrutura em grande escala do Universo. Nesta linha de raciocínio, a próxima classe de objetos a serem formadas no Universo serão os superaglomerados de galáxias a partir da fusão de aglomerados individuais. Na Figura 1 apresentamos dois exemplos de aglomerados de galáxias que fazem parte do superaglomerado de Saraswati.

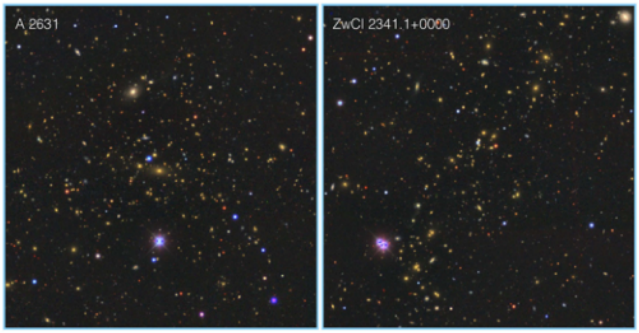

Figura 1 - Dois exemplos aglomerados ricos localizados na região do superaglomerado de Saraswati, A2631 e ZwCl 2341.1+0000. Imagem extraída de Bagchi et al. 2017.

Uma das primeiras etapas para se compreender a natureza de algum tipo de objeto é criar um catálogo. A partir dele, pode-se proceder à devida classificação e realizar estudos sistemáticos visando, por exemplo, a determinação de

variações sistemáticas ou ainda correlações com propriedades físicas.

Nosso objetivo é o de identificar galáxias vermelhas (predominantemente do tipo elíptica) a partir de levantamentos de dados astronômicos públicos. Como estas galáxias são encontradas preferencialmente no núcleo de aglomerados de galáxias, sua identificação consiste num importante método para a detecção de tais estruturas e posterior construção de um catálogo próprio de aglomerados de galáxias.

Metodologia

O projeto foi dividido em duas etapas:

A primeira diz respeito a capacitação técnica, onde incialmente foram estudados conceitos de Astrofísica e do Universo em grande escala.

Complementarmente, foram trabalhados os conceitos de lógica computacional e escrita de programas de computador.

Como material bibliográfico foram utilizados livros e artigos científicos de linguagem adequada para estudantes de nível acadêmico superior.

A segunda etapa foi a execução e consistiu na escrita de programas de computador capazes de selecionar os objetos desejados (as galáxias vermelhas) numa base pública de grandes levantamentos de dados como é o caso do projeto SDSS. Com as galáxias vermelhas selecionadas, foi feito o mapeamento de sua distribuição espacial. Este mapa serviu como base para a identificação das demais galáxias do aglomerado, que foram ser selecionadas respeitando-se o critério de que devam estar até uma distância de aproximadamente 1 megaparsec do respectivo centro.

Resultados e Discussão

Os resultados da nossa pesquisa implicaram na identificação de brilhantes vermelhas a partir do levantamento de dados astrofísicos públicos. Como essas galáxias se encontram no núcleo do super aglomerado, a identificação se deu por intermédio de operações computacionais que respondem como um importante método para a detecção desses tipos de estrutura.

No caso da catalogação fotométrica, temos inicialmente todas as galáxias presentes no campo visual. Nosso trabalho consistiu em separar quais galáxias pertencem e quais não pertencem ao aglomerado. Isso foi feito levando em conta que a maioria das galáxias nasceram juntas e evoluem da mesma maneira. Esta história comum implica em cores semelhantes entre as galáxias. Quando postas em um gráfico, chamado diagrama de cores, estas galáxias irão ocupar regiões bem próximas entre si. Podemos ver um exemplo no Gráfico 1, onde cada eixo corresponde à subtração entre o fluxo de duas bandas fotométricas, o que corresponde à definição astrofísica de cor. No Gráfico 2 mostramos a distribuição espacial das galáxias selecionadas.

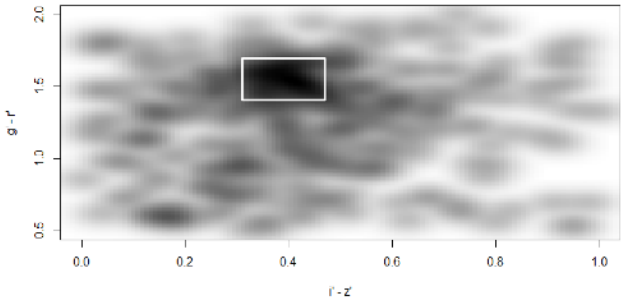

Gráfico 1 - Diagrama de cor. Em destaque, a região de maior densidade que contém majoritariamente as galáxias vermelhas do aglomerado (retângulo preto).

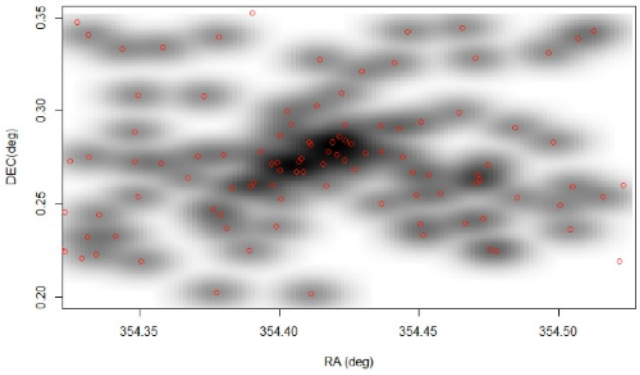

Gráfico 2 - Distribuição espacial das galáxias em um dos aglomerados selecionados a partir do diagrama de cores.

Com isso, foi possível construir catálogos das galáxias membro dos aglomerados localizados na região do superaglomerado de Saraswati, uma estrutura ainda em formação e que consiste numa das maiores já encontradas no Universo próximo. Saraswati foi descoberto recentemente por colaboradores internacionais e o presente projeto faz parte de uma grande colaboração que visa mapear a distribuição de matéria visível e escura nesta região do Universo. Neste contexto, os catálogos que produzimos poderão ser utilizados para conduzir estudos científicos diversos. Como exemplo disso, podemos citar a determinação de massa de cada aglomerado ou ainda um estudo que compare a população das galáxias presentes nos diversos aglomerados.

Considerações Finais

Neste projeto construímos o catálogo das galáxias membro dos 48 aglomerados membro de Saraswati. A partir deles, pode-se conduzir futuros estudos visando a caracterização do superaglomerado, como a determinação de sua massa e

comparação entre as populações de galáxias de cada aglomerado.

Parte dos resultados deste trabalho foram submetidos na forma de artigo científico à prestigiosa revista inglesa Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, uma revista qualis A em Astronomia e atualmente encontra-se em processo de revisão (Figura 2) .

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus Corumbá;

À minha orientadora e colaboradora de pesquisa Dra. Ana Cecília Soja;

Ao colaborador Dr. Rogério Monteiro de Oliveira pelo inestimável suporte.

Referências

[1] Astronomia e Astrofísica, Kepler de Souza Oliveira Filho e Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000

[2] Astronomia Extragaláctica, Gastão Lima Neto, São Paulo, 2019.

[3] An Introduction to Modern Astrophysics, Bradley W. Carroll & Dale A. Ostlie, Cambridge University Press

[4] Bagchi J., Sankhyayan S., Sarkar P., Raychaudhury S., Jacob J., Dabhade P., 2017, ApJ, 844, 25

MONTHLY NOTICES of the Royal Astronomical Society

Probing Saraswati's heart: evaluating the dynamical state of the massive galaxy cluster A2631 through a comprehensive weak lensing and dynamical analysis

Journal:	*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*
Manuscript ID	MN-20-2646-MJ
Manuscript type:	Main Journal
Date Submitted by the Author:	06-Jul-2020
Complete List of Authors:	Monteiro-Oliveira, Rogerio; University of Sao Paulo, Astronomy Soja, Ana; Universidade de Sao Paulo Instituto de Astronomia Geofisica e Ciencias Atmosfericas, Astronomia Batista Ribeiro, Andre; Universidade Estadual de Santa Cruz, Laboratorio de Astrofiсia Teorica e Observacional Bagchi, Joydeep; IUCAA, Sankhyayan, Shishir; Indian Institute of Science Education Research Pune, Department pf Physics; Candido, Thierry; Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, Campus Corumbá Flores, Ronaldo; Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, Câmpus Corumbá
Keywords:	gravitational lensing: weak < Physical Data and Processes, galaxies: clusters: individual:... < Galaxies, (cosmology:) large-scale structure of Universe < Cosmology

SCHOLARONE™ Manuscripts

Page 1 of 14

MNRAS 000, 1–14 (2018) Preprint 6 July 2020 Compiled using MNRAS LaTeX style file v3.0

Probing Saraswati's heart: evaluating the dynamical state of the massive galaxy cluster A2631 through a comprehensive weak lensing and dynamical analysis

R. Monteiro-Oliveira,[1]* A. C. Soja,[2] A. L. B. Ribeiro,[3] J. Bagchi,[4] S. Sankhyayan,[5] T. O. Candido,[2] and R. R. Flores[2]

[1]Universidade de São Paulo, Inst. de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Depto. de Astronomia, R. do Matão 1226, 05508-090 São Paulo, Brazil
[2]Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, Campus Corumbá, Rua Pedro de Medeiros s/n, 79310-110 Corumbá, Brazil
[3]Laboratório de Astrofísica Teórica e Observacional, Depto. de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, 45650-000, Ilhéus, BA, Brazil
[4]Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Post Bag 4, Ganeshkhind, Pune 411007, India
[5]National Centre for Radio Astrophysics, TIFR, Post Bag 3, Ganeshkhind, Pune - 411007, India

Last updated 2018 Apr 20; in original form 2018 April 14

ABSTRACT
In this work, we investigated the dynamical state of the galaxy cluster Abell 2631, a massive structure located at the core of Saraswati supercluster. To do that, we first solved a tension found in the literature regarding the weak lensing mass determination of the cluster. We did it through a comprehensive weak lensing analysis, exploring the power of the combination of shear and magnification datasets. We found $M^{wl}_{200} = 8.7^{+2.5}_{-2.8} \times 10^{14}$ $M_\odot$. We also determined the mass based on the dynamics of spectroscopic members, corresponding to $M^{dy}_{200} = 12.2 \pm 3.0 \times 10^{14}$ $M_\odot$ consistent with 68 per cent c.l. with the weak lensing estimate. The scenarios drawn by the mass distribution and the dynamics of galaxies are conciliated with those provided by X-ray observations in a scenario where A2631 is observed at a late stage merging.

Key words: gravitational lensing: weak – dark matter – clusters: individual: Abell 2631 – large-scale structure of Universe

Figura 2 - Artigo científico submetido à revista MNRAS.