**Aglomerados de galáxias são as maiores estruturas do Universo observável que podem ter alcançado o estado em equilíbrio dinâmico.**

* Constituem dezenas a milhares de galáxias ligadas a uma considerável força gravitacional, para que não se dispersem no espaço.

**Aglomerados de galáxias são definidos basicamente por três componentes: galáxias, meio intra-aglomerado e matéria escura.**

* Maior parte da massa constituída por matéria escura, cerca de 80%. Sua composição ainda desconhecida, dentre hipóteses são partículas elementares (nêutrons e áxions), anãs marrons e buracos negros;
* 20% de matéria bariônica com 15% de gás intra-molecular sob a forma de gás aquecido, formado tanto pelo material que sobrou na formação de galáxias e gás na interações com vizinhas e explosões de supernova. 5% na forma de estrelas, estudos iniciais eram feitos a partir da luz visível, logo as galáxias eram candidatas naturais.

**A busca por compreender a formação e evolução dos aglomerados de galáxias é uma das questões mais importantes da Astrofísica.**

* Ao longo do século XX muitos trabalhos foram voltados ao estudos desses sistemas e sugerem que iniciaram o processo de formação há aproximadamente 10 bilhões de anos e que se dá de forma contínua até os dias de hoje. Estudos baseados na distribuição de velocidades indicam que em torno de 60% pode ser considerada em equilíbrio dinâmico e o restante se encontra em formação ou perturbados com interações com outros aglomerados. O que dificulta a interpretação das propriedades dinâmicas.

**No paradigma atual de formação das estruturas, as galáxias e os aglomerados surgem a partir de halos escuros.**

* Se resfriam formando estruturas condensadas que interagem com bárions formando esses sistemas. Na hierarquias são formados primeiros as galáxias e depois os aglomerados.

**O processo de formação de aglomerados não atingiu seu fim.**

* As regiões centrais se encontram em equilíbrio dinâmico, as regiões periféricas/externas acumulam matéria em forma de galáxias ou grupos de galáxias. Essas interações com galáxias ao entorno podem ser absorvidas pelo aglomerado principal o que aumenta a massa do aglomerado.

**Distribuição de velocidades Não Rejeita ou é muito bem ajustada por uma gaussiana somente na região virializada do sistema.**

* Estudos comprovam... mas podem existir múltiplos modos normais nas regiões periféricas indicando que o aglomerado pode estar sofrendo interações com galáxias ou grupos de galáxias. O que indica que o processo de formação é contínuo podendo sofrer encontros gravitacionais em maiores e menores proporções.

**A velocidade de uma galáxia contida em um aglomerado, em uma dada posição, não pode ser maior que a velocidade de escape do sistema.**

* Caso aconteça, os galáxias se dispersariam no espaço.

**A velocidade de escape e a distância ao centro do aglomerado são grandezas inversamente proporcionais.**

* Quanto maior a distância da galáxia ao centro do aglomerado, menor a velocidade de escape. Portanto as galáxias encontradas na região periférica do aglomerado é mais fácil a dispersão.
* As galáxias com distâncias distintas ao centro do aglomerado podem parecer ao observador a mesma distância por conta da observação ser apenas em relação a posição projetada no plano de céu.
* O aglomerado de Coma (um dos mais estudados no Universo Local) a distribuição de velocidades em função a distância de cada galáxia em relação ao centro do aglomerado, podemos notar um estreitamento, uma espécie de corneta que pode ser utilizada para remoção de galáxias não membros do aglomerado. Removidas acima e abaixo, significativamente, da corneta.

**Após a determinação dos membros de um aglomerado, suas propriedades dinâmicas, como massa e raio, podem ser estimadas.**

* mas efeitos de rotação, se existirem, podem afetar a análise virial.
* a rotação de aglomerados é um tema relativamente pouco estudado. a seguir, apresentamos uma revisão sobre o tema.

**Hwang & Lee (2007)**

* Amostra de Abell 899, 56 aglomerados com cerca de 40 galáxias membro
* Hipótese: a rotação se origina através de fusões de aglomerado
* Constatou-se que os aglomerados em rotação devem exibir divisão espacial entre galáxias com velocidades maiores e menores que a velocidade média do aglomerado além de apresentar um pico no mapa de densidade.
* 12 aglomerados com indícios de rotação sendo que 6 apresentaram pico no mapa de densidade e desses, dois estão em equilíbrio dinâmico, não sofrendo fusão recente, não sustentando a hipótese.

**Kalinkov et al. (2008):**

* Aglomerado de Abell 2107
* O método busca o gradiente máximo no campo de velocidade
* Galáxias são ordenadas de acordo a distância ao centro do aglomerado para definição de rotação
* No estudo foi apontado a dificuldade em diferenciar um aglomerado rotativo de dois que se sobrepõe, não sendo o caso do aglomerado estudado por conta do pico estreito no histograma de velocidades.
* A massa foi calculada com correção de rotação.

**Tovmassian (2015):**

* Contagem de velocidades de galáxias menores e maiores que a velocidade média do aglomerado em diferentes metades do aglomerado.
* Constatou 17 aglomerados rotativos entre os 65.
* Taxa maior em aglomerados planos com f = a/b > 1.8 a e b semieixos, maior e menor da distribuição de galáxias do aglomerado. 60%.

**Manolopoulou (2014):**

* Inicialmente amostra simulada, bem realista de Monte Carlo com características rotacionais conhecidas. Posteriormente de Abell com z~0.1 selecionados do SDSS DR10.
* A rotação é deduzida usando as velocidades de linha de visão.
* Quanto maior a amplitude de rotação, mais significativas as indicações de rotação.

**Nascimento et al (2016):**

* Eixo principal através do método do momento da inércia (Carter e Metcalfe - 1980)
* Resultou em dois objetos distintos.

**Algoritmo**

GAP

* As velocidades são ordenadas em ordem crescente e o i-ésimo gap é definido como:
* O gap é ponderado pela sua posição: onde N é o número de galáxias dos aglomerados.
  + O peso maior nas regiões centrais, exemplo N = 100
  + I = 1 = 99 e i = 50 = 2500
* Os gaps são não rejeitados a partir da divisão por meio da média (MM)

**Amostra**

Aglomerados ricos visto que os aglomerados selecionados possuem mais de 100 galáxias.

**Resultados preliminares**

1. Histograma da distribuição de velocidades:
   1. Representação gaussiana superposto, resultante da média e desvio padrão
      1. No momento atual, por ser também uma amostra menor, não nos preocupamos se ajuste é gaussino ou não, mas no cálculo da massa isso interfere.
   2. Barras inferiores indicando as velocidades individuais,
   3. Barras inferiores em vermelho são os gaps significativos > 2.25
      1. Quando mais de um gap é encontrado, escolhemos o maior entre eles
   4. Linha vertical tracejada indica a posição da BCG apenas como referência.
2. Ajuste da elipse na distribuição XY projetada no plano do céu
   1. Pontos acima (+) e abaixo (-) em relação a posição do maior gap encontrado, indicado em verde e rosa. A posição da BCG é indicada com o losango vermelho.
   2. A distribuição de galáxias em torno do gap de velocidades pode ser um utilizada como um indicador indireto da presença ou não de rotação.
3. Testes estatísticos
   1. Quanto diferem significativamente as galáxias de acordo com a posição em relação ao eixo principal.
   2. Hipótese nula: os pontos + e \_- são retirados da mesma população.
   3. Teste de Crámer 2D e Hotelling em três configurações diferentes:
      1. Todos os pontos do gráfico
      2. Pontos acima do eixo principal
      3. Pontos abaixo do eixo principal
   4. Foram realizados 1000 réplicas de cada caso
   5. A rejeição ou não da hipótese nula é feita em todos os testes com um nível de 95% de confiança.
   6. Consideramos a evidência significativa de rotação se houve a rejeição da hipótese nula em pelo menos uma das três configurações.
   7. Mais conservador o número de aglomerados rotativos cai para 4 aglomerados, considerando todas as configurações e testes.
4. Por fim, traçamos o perfil de velocidade de rotação para os doze aglomerados
   1. A velocidade de rotação foi calculada de maneira cumulativa contra o raio projetado das galáxias. ▲v é a diferença de velocidade entre os pontos + e - internos ao R

Paradigma é um meio de classificar as linguagens de programação baseado em suas funcionalidade.

* Orientado a objetos: tudo é visto como objeto, sua mudança de estado e comportamento
* Imperativo: parecido com comportamento imperativo em português que expressam ordem, sequências de comando que o computador deve executar.
* Dinâmico: no modo grosseiro é uma recursão com auxílio de uma tabela

**Perspectivas**

* 500 aglomerados será a maior amostra submetida para análise de efeitos de rotação.