

## GALÁXIAS COM ANEL POLAR XII INIC / VIII EPG - UNIVAP 2008

*Priscila Freitas Lemes<sup>1</sup>, Irapuan Rodrigues<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>UNIVAP /IPD – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova - São José dos Campos - SP, [priscila@univap.br](mailto:priscila@univap.br) e [irapuan@univap.br](mailto:irapuan@univap.br)

**Resumo-** Galáxias com anel polar são sistemas compostos por uma galáxia hospedeira de tipo espiral, lenticular ou elíptica, rodeada por um anel de gás e estrelas que orbitam em um plano aproximadamente polar, ou seja, alinhado perpendicularmente com relação ao plano do disco. Há dois cenários possíveis para a formação desses sistemas: (1) o cenário de fusão, em que ocorre uma colisão frontal entre duas galáxias espirais cujos discos são ortogonais; (2) o cenário de acréscimo, em que na interação entre duas galáxias a galáxia hospedeira coleta material da outra galáxia, formando o anel. Ambos cenários exigem uma configuração geométrica específica para que ocorra a formação do anel polar. O presente estudo tem como objetivo estudar as características de galáxias com anel polar, tanto do ponto de vista observacional quanto por meio de modelamento numérico. Os primeiros dados observacionais deste trabalho foram coletados no telescópio de 1,60m do OPD (Observatório Pico dos Dias) – MG no primeiro semestre de 2008. Procura-se como resultado uma melhor compreensão do processo de formação desse tipo peculiar de galáxias assim como maiores informações sobre suas propriedades físicas, cinemática e dinâmica.

**Palavras- chave:** galáxias com anel polar : formação e dinâmica.

**Área do Conhecimento:** I- CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA.

### Introdução

Galáxias com anéis polares (PRG – *polar ring galaxy*) são sistemas peculiares onde uma galáxia hospedeira é rodeada por um anel. O plano onde está o anel e o plano da galáxia está inclinado 90° um do outro. As PRG são na sua maioria do tipo S0 (ou lenticulares). As galáxias do tipo S0 são galáxias da transição entre as galáxias elípticas, as espirais normais e as espirais barradas.

Segundo um estudo de Whitmore (1990) aproximadamente 0,5% das galáxias do tipo S0 têm *anéis polares*, isto é, anéis de gás, poeira, e de estrelas jovens alinhados perpendicularmente ao disco.

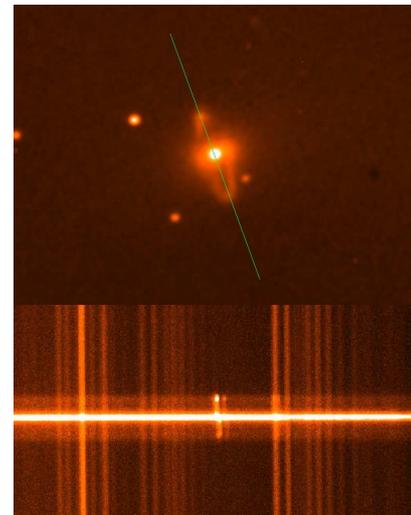
Para Pilyugin (2006) uma característica dos anéis polares é a sua forte emissão de H $\alpha$ , o que indica uma formação estelar recente.



**Figura 1 - Imagem da NGC 4650A pelo telescópio espacial Hubble.**

Uma galáxia polar bem conhecida é a NGC 4650A (ver Figura 1).

Um dos sistemas escolhidos para análise no presente estudo foi AM 2020-504. Esta galáxia possui uma velocidade radial de 5006 Km/s, o que significa que ela está a uma distância de 223 Anos-Luz.



**Figura 2 - Acima imagem no filtro B de AM 2020-504. Abaixo: espectro de fenda longa ao longo do anel (posição da fenda indicada na imagem), região espectral de H $\alpha$ .**

Para melhor compreender a sua estrutura obtivemos turnos de observação em maio e julho de 2008 (3 noites) no telescópio de 1,60m do

Observatório do Pico dos Dias, onde obtivemos imagens diretas nas bandas B, R, V e I e espectros de fenda longa. Foi utilizado o Espectrógrafo Cassegrain com uma rede de difração de 300 l/mm. Nos espectros desta galáxia pode-se notar claramente emissão de H $\alpha$  ao longo do anel, indicativo de formação recente de estrelas. Na Figura 2 apresentamos uma imagem na banda B e um espectro que mostra a região de H $\alpha$ , onde se vê claramente o padrão de rotação do anel. A linha verde na imagem mostra a posição da fenda do espectrógrafo. Os dados ainda não foram reduzidos.

### Teorias de Formação

Segundo Macciò (2006) a formação de galáxias é um grande problema não resolvido que reúne muitos aspectos de astrofísica.

Há dois cenários possíveis para a formação desses sistemas: (1) o cenário de fusão, em que ocorre uma colisão frontal entre duas galáxias espirais cujos discos são ortogonais; (2) o cenário de acréscimo, em que na interação entre duas galáxias a galáxia hospedeira coleta material da outra galáxia, formando o anel. Ambos cenários exigem uma configuração geométrica específica para que ocorra a formação do anel polar.

A proposta feita por Bournaud (2003) diz que na sua maioria, as galáxias com anéis polares são formadas pelo cenário de acréscimo. Esta é uma proposta plausível, já que é a menos drástica e que foi comprovada por modelagem numérica.

### Identificação

A identificação de uma PRG não é fácil. Para se ter uma galáxia com anel polar confirmado é preciso que o anel esteja em equilíbrio com a galáxia hospedeira isso acontece se as suas velocidades sistemáticas forem semelhantes e se os seus centros estiverem praticamente alinhados.

Dependendo do ângulo de projeção na linha de visada, é difícil determinar se o sistema é realmente uma galáxia com anel polar. Nesses casos utilizamos os aspectos morfológicos para confirmar a classificação.

No estudo de Whitmore (1991) é proposto um esquema (figura 3) para a classificação de PRG. Nota-se que em menos da metade das orientações é possível fazer uma identificação fácil de um sistema de galáxias com anel polar.

### Matéria escura

Nesses sistemas é importante estudar a chamada matéria escura. Sua presença é necessária para explicar os efeitos gravitacionais característicos nesses sistemas.

A matéria escura explica o motivo pelo qual, na maior parte dos discos das galáxias espirais a velocidade circular se mantém radialmente constante em torno de seus núcleos.

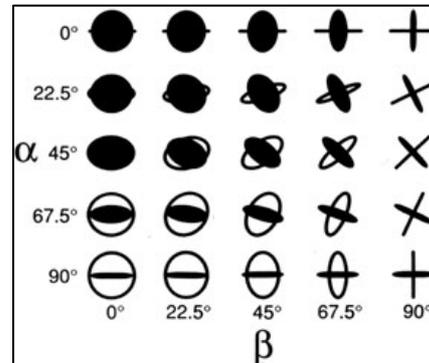


Figura 3– Tabela de identificação de galáxias com anel polar.

### Conclusões

Galáxias com anel polar pertencem a um tipo especial de galáxias S0 que apresentam um anel azulado, devido à presença de estrelas jovens, em um plano perpendicular à órbita da galáxia hospedeira. A proposta mais aceita sobre a sua formação a de acréscimo de gás, de uma galáxia doadora.

Ainda não se sabe ao certo a forma dos halos de matéria escura, mas se sabe que são essenciais para explicar a forma das curvas de rotação desses tipos de sistemas.

O presente artigo relata a parte inicial de um trabalho de mestrado em andamento. Sendo assim ainda não há resultados concretos a apresentar, tratando-se, principalmente da colocação do problema e revisão bibliográfica.

### Trabalhos futuros

Uma série de turnos de observação será realizada ao longo deste ano. Após a redução e análise dos dados observacionais, teremos a base para a realização de um trabalho de modelamento numérico da galáxia AM 2020-504, buscando uma melhor compreensão das suas propriedades físicas, cinemáticas e dinâmicas.

Para o modelamento numérico, deveremos gerar modelos de massa das galáxias envolvidas, baseados nos dados observacionais. Os dados mais relevantes são: a morfologia nas diferentes bandas fotométricas, e o mapeamento de velocidades radiais obtidos através da espectroscopia. Quanto mais completo for o mapeamento de velocidades, mais vínculos teremos para o bom modelamento. Os modelos de

galáxias consistem em uma coleção de partículas, cada uma delas com sua massa, vetor posição e vetor velocidade em 3 dimensões, cuja distribuição no espaço de fases segue a prescrição de Hernquist (1993), à qual será adicionada uma componente gasosa. A evolução temporal será feita usando o código de N-corpos GADGET-2 (Springel 2005) que, basicamente, resolve o problema de muitos corpos em interação gravitacional/hidrodinâmica. Esse programa foi otimizado para execução em paralelo em *clusters* de computadores.

### Referências

BOURNAUD, F.; Combes, F. Formation of polar ring galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 401, pp.817-833. 2003.

HERNQUIST, L. N-body realizations of compound galaxies. *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 86, pp.389-400. 1993

MACCIÓ, Andrea V.; Moore, Ben; Stadel, Joachim. The Origin of Polar Ring Galaxies: Evidence for Galaxy Formation by Cold Accretion. *The Astrophysical Journal*, vol. 636, Issue 1, pp. L25-L28. 2006.

PILYUGIN, Leonid S.; Thuan, Trinh X.; Vílchez, José M. Oxygen abundances in the most oxygen-rich spiral galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 367, Issue 3, pp. 1139-1146. 2006.

SPRINGEL, Volker. The cosmological simulation code GADGET-2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 364, Issue 4, pp. 1105-1134. 2005.

WHITMORE, Bradley C.; Lucas, Ray A.; McElroy, Douglas B.; Steiman-Cameron, Thomas Y.; Sackett, Penny D.; Olling, Rob P. New observations and a photographic atlas of polar-ring galaxies. *Astronomical Journal (ISSN 0004-6256)*, vol. 100, Nov. 1990, pp. 1489-1522, 1721-1755. 1990.

WHITMORE, Bradley C. A FEW STATISTICS FROM THE CATALOG OF POLAR-RING GALAXIES. Published in "Warped Disks and Inclined Rings Around Galaxies". S. Casertano, PD Sackett, FH Briggs, Cambridge University Press. 1991.