

## ESTUDO FOTOMÉTRICO DA GALÁXIA COM ANEL POLAR AM2020-504 XIV INIC / X EPG - UNIVAP 2010

**Priscila Freitas Lemes<sup>1</sup>, Irapuan Rodrigues<sup>1</sup>, Maximiliano Faúndez-Abans<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Astrofísica, Diretoria, Coordenação de Apoio Científico. Rua Estados Unidos 154 – Itajubá – MG, mfaundez@lna.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. Neste trabalho, apresentamos um estudo da galáxia com anel polar AM 2020-504. Esse sistema foi provavelmente formado por acréscimo, cenário em que a galáxia hospedeira coleta material de uma doadora que dá origem ao anel. O sistema foi observado, nas bandas B, V, R e I, com o telescópio de 1,60m do OPD-LNA. O mapa de cor B-R mostra que o anel é mais azul em relação à galáxia hospedeira, o que indica formação estelar recente. Nas imagens I e nos mapas de cor B-I e V-I, encontramos um filamento entre o núcleo e o bojo da galáxia principal. Foram vistos ainda, no mapa de cor B-R e na imagem V alguns nódulos encontrados no anel, possivelmente resultado da interação e da distribuição não uniforme do material no anel. Também em B-R aparecem filamentos que partem do bojo em leque na direção leste do objeto. Estruturas similares tem sido reportadas em outras galáxias aneladas como em ESO 603-G21 (Reshetnikov et al. 2002, A&A, 383, 390). Com estes resultados preliminares foi possível identificar marcas remanescentes da interação sofrida por AM 2020-504.

**Palavras-chave:** interação de galáxias, fotometria

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

### Introdução

Na literatura popular e nos livros de graduação, as galáxias são chamadas de blocos de construção do universo. Isso implica que as galáxias são unidades completas, indivisíveis, blocos monolíticos que compõem todas as outras estruturas cósmicas (Gnedin, 2009). Porém, desde a classificação proposta por Hubble, existem algumas galáxias que não se encaixam nessa classificação, chamadas de “irregulares”. Muitas dessas galáxias são frutos de um processo de colisão ou “fusão” com outra galáxia. Sendo assim, as galáxias são sistemas grandes e complexos, e quando colidem tudo se torna uma confusão.

Os encontros de sistemas estelares têm modificado substancialmente as estruturas cósmicas ao longo de toda a evolução do Universo. Esses eventos são implacavelmente determinados pelo caráter atrativo da força da gravidade que, por sua vez, induz nos grandes sistemas, as colisões, a força de maré e o atrito dinâmico (Rodrigues, 1999).

Dos inúmeros tipos de interação, existe uma na qual o disco da galáxia fica posicionado perpendicularmente com um anel, de gás e poeira. Esses sistemas são conhecidos como galáxias com anel polar (do inglês *polar ring galaxies* – PRG).

Neste trabalho apresentaremos o estudo fotométrico da galáxia com anel polar AM2020-504, que tem como hospedeira uma galáxia elíptica. A sua velocidade é de 5045 Kms<sup>-1</sup> (de acordo com Freitas-Lemes (2010). Para esse estudo nos basearemos em dados obtidos no Observatório Pico dos Dias – OPD, com o telescópio de 1,60m.

O objetivo do estudo é identificar estruturas no objeto e, com os mapas de cores, compreender a relação de cores entre o anel e galáxia hospedeira.

### Obtenção de Dados e Redução

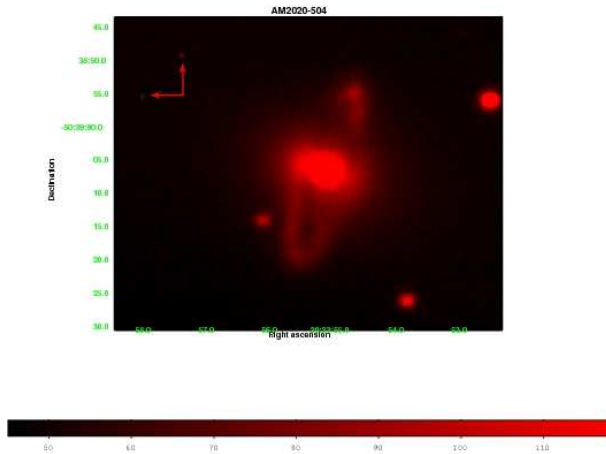
No presente estudo contamos com um conjunto de imagens que foram coletados durante a noite de 06-07 de julho de 2008, no telescópio de 1,60m do Observatório do Pico dos Dias – OPD.

Foram obtidas imagens usando-se a Câmera 1 com o CCD106. Nessas condições o ruído de leitura varia entre 4,1 e 9,5 elétrons (rms), o Detector com 1024x1024 pixels<sup>2</sup> e a escala no plano focal é de 0,31”/pixel. Foram realizadas imagens com os filtros de banda larga B, V, R e I (sistema Jhonson).

A redução de dados foi realizada seguindo os padrões básicos de redução do IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*). Para se calibrar as imagens em magnitude utilizamos como referência campos de estrelas de Landolt (1992). Os campos de estrelas utilizados na calibração fotométrica foram Mark-A e a PG13223-086.

Com as imagens reduzidas e calibradas (veja Figura 1) começou o processo de estudo das imagens. Iniciamos uma busca por estruturas

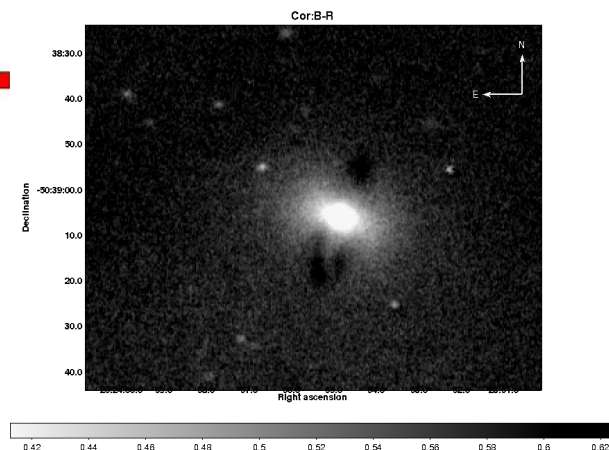
**Figura 1-** Imagem no filtro B após o processo de redução e calibração da galáxia com anel polar AM2020-504.



remanescentes do processo de interação, possíveis deformações no anel e a confecção de mapas de cores.

### Comparação de Cores

Com as imagens nas bandas B, V, R e I foi possível criar mapas de cores e assim compreender um pouco mais sobre as partes que compõem o sistema da galáxia AM2020-504. A criação dos mapas de cores é realizada dividindo-se uma imagem por outra de filtro diferente. O **Figura 2:** Mapa de cor B-R: a cor azul do anel (mais



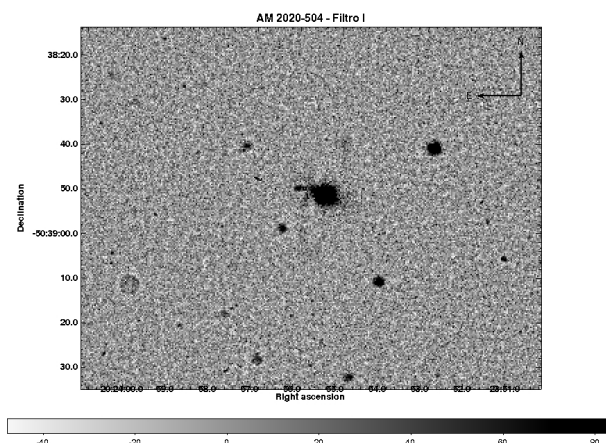
escuro) comparado com a região vermelha da galáxia (mais clara).

objetivo da confecção desses mapas é que com eles podemos, por exemplo, salientar estruturas só vistas nesta combinação ou determinar que regiões do sistema são mais azuis ou vermelhas.

O mapa de cor B-R, é exibido na Figura 2. Nesse mapa em escala de cinza os tons mais escuros representam regiões mais azuis, enquanto que tons mais claros representam cores mais vermelhas. Observando os aspectos gerais da galáxia pode-se notar que a galáxia hospedeira é avermelhada enquanto o anel é azulado. Isso já era esperado, pois o anel provavelmente é resultado de uma interação, e é um objeto mais novo que a galáxia hospedeira. Isso também foi notado por Arnaboldi et al. 1993.

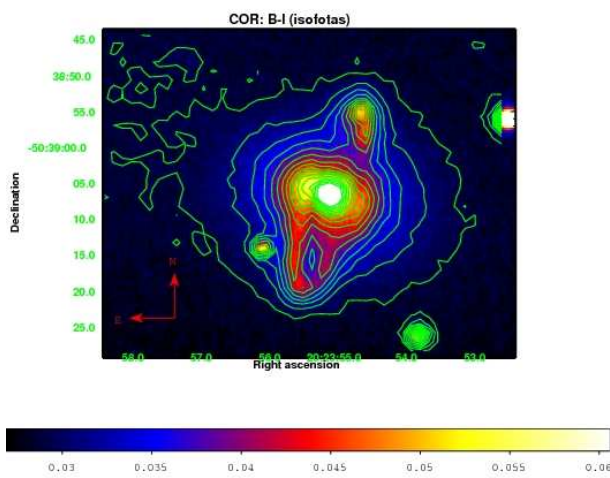
**Figura 3-** Imagem no filtro I filtrada com um kernel de 10 pixels. Nota-se com clareza o filamento a NE da galáxia.

### Filamento a NE da Galáxia



Na Figura 3 é apresentada a imagem I, filtrada com um kernel de 10 pixels com o objetivo de ressaltar estruturas finas de tamanhos de ordem de parsecs. Após este processamento foi possível notar com maior nitidez o filamento a NE que aparentemente tem origem na região nuclear, e segue pelo bojo do objeto principal. Peculiaridade que fica evidente na imagem I e nos mapas de cor que a envolvem.

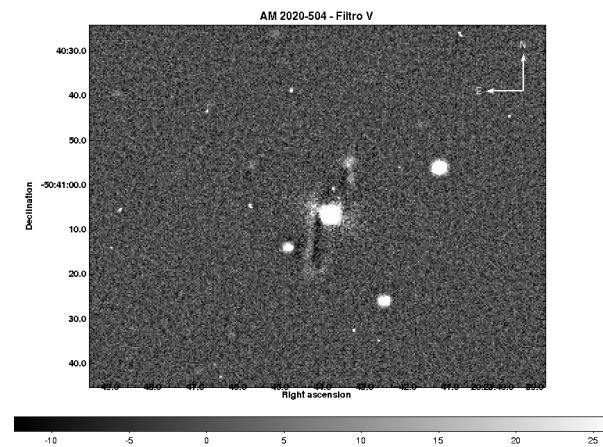
Esse filamento a NE da galáxia pode ser uma evidência remanescente da interação sofrida por essas galáxias. No mapa de cor B-I (Figura 4), foram criadas isofotas com a finalidade de salientar a contribuição ocasionada por este filamento, próximo ao centro da imagem. Desse modo podemos notar com mais facilidade uma pluma que segue à NE da imagem.



**Figura 4** – Mapa de cor B-I com isofotas. Nota-se uma contribuição luminosa, sentida pelas isofotas, a NE da imagem.

### Nódulos no anel

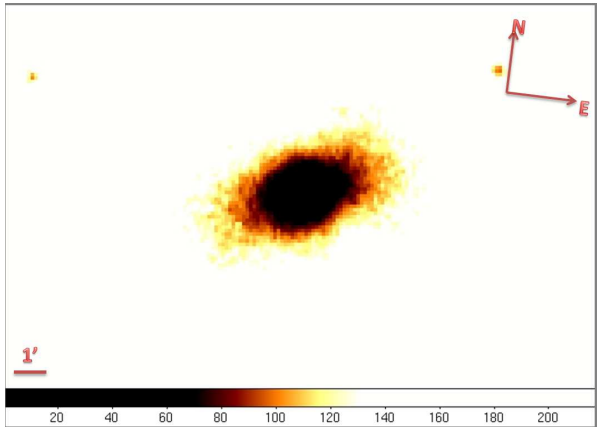
Observando a Figura 5 que é uma imagem no filtro V é possível notar que na região NW do anel existe duas estruturas no anel. Essas estruturas são dois nódulos mais proeminentes que possivelmente são locais de formação estelar induzida pela pressão da onda de compressão na direção NW da imagem.



**Figura 5:** Imagem em V filtrada com kernel de 10 pixels. São notórios dois nódulos na região NW da imagem.

### Resquícios da Interação

A fim de buscar possíveis estruturas internas desta galáxia, foi realizado um minucioso trabalho de observação das imagens da galáxia e aplicadas filtragens com kernels que tornam visíveis estruturas finas. Na Figura 6, notamos alguns filamentos curtos na direção leste. Esses filamentos possivelmente são provenientes da interação, pelo cenário de acréscimo, sofrida pelas duas galáxias que deram origem a este sistema. Algo parecido foi relatado por Reshetnikov et al. (2002) para ESO 603-G21. Esta PRG apresenta

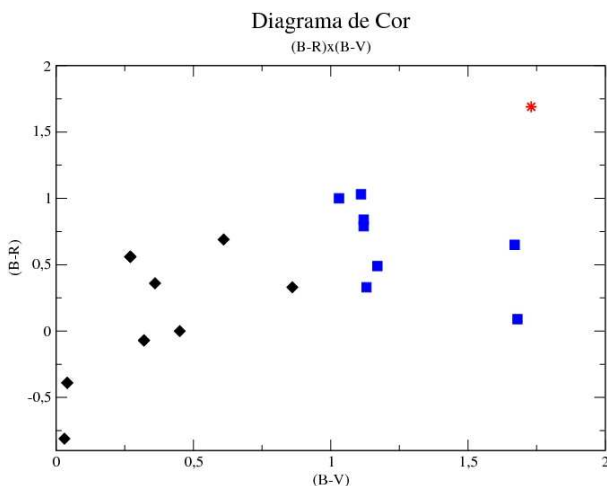


**Figura 6:** Mapa de cor B-R realçando os raios que possivelmente partem do núcleo galáctico.

estruturas finas provenientes da galáxia hospedeira. Possivelmente é relativa à tardia formação do "bojo" da galáxia, durante o processo de interação. Para ESO 603-G21 foi sugerida uma possível atividade nuclear que pode, entre outras características, ter dado origem à estas estruturas.

### Diagramas de Cor-Cor

Com a finalidade de entender o sistema de cor apresentado na galáxia AM2020-504, comparamos suas cores em diferentes regiões. Observando as imagens é possível notar que a região nuclear tende a ser mais vermelha e o anel mais azul. Observando a Figura 6, onde é apresentado o diagrama B-V x B-R notamos que a variação está entre  $-0,81 < B-V < 1,69$  e  $0,03 < B-R < 1,73$ . No diagrama esses valores estão consistentes ao encontrado para a outras galáxias com anel, como o caso da HRG2302 descrito em Myrrha et al. (1999). A distribuição dos dados mostra que as regiões centrais da galáxia hospedeira são mais vermelhas, comparados com o anel, mais azul. Sugerindo assim uma contribuição de população estelar velha na hospedeira, e a contribuição de estrelas jovens no anel.



**Figura 7:** Diagrama cor-cor (B-V) contra (B-R). Os losangos representam a região do anel, os quadrados o bojo e a estrela o núcleo da galáxia.

### Conclusões

Ao término deste trabalho, depois de realizadas avaliações e análises da galáxia com anel polar AM2020-504, podemos concluir que este objeto passou por um processo de interação que deixou resquícios no sistema, como mostrado da figura 5.

Observando o mapa de cor B-R do objeto identificamos que o anel se apresentou mais azul e a galáxia hospedeira mais vermelha. Considerando que o anel possivelmente é o resultado de uma recente interação, o que já era de se esperar. O índice de cor B-R teve média de 0,35 para o anel e 1,73 para o núcleo da galáxia.

Trabalhando com os mapas de cores, foi possível ainda notar dois nódulos na região NW do anel. Esses nódulos são possíveis regiões de formação estrelas e são originários da onda de pressão gerada pelo sistema.

Descobrimos um filamento na direção NE, próximo ao bojo. Esse filamento possivelmente é um resquício da interação dos objetos que deram origem ao anel. Essa estrutura foi descoberta através de um processo de filtragem com o objetivo de revelar estruturas finas do sistema, sobre a imagem I.

## Referências Bibliográficas

- Arnaboldi, M.; Capaccioli, M.; Barbaro, G.; Buson, L.; Longo, G. **Studies of narrow polar ring around E galaxies. II – The UV spectrum of AM2020-504.** *A&A*, v.268, p. 103-107, fev. 1993.
- Faúndez-Abans, M.; Fernandes, I.F.; de Oliveira-Abans, M.; Poppe, P.C.R.; Martin, V.A.F. **The ring galaxy HRG 54 103: a first study.** *A&A*, v.507, p. 1303 – 1311, dez. 2009.
- Freitas-Lemes, P., **Espectroscopia e Imageamento da galáxia com anel polar AM2020-504. Dissertação (mestrado).** São José dos Campos, BR-SP, 2010: Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. Curso de Pós-Graduação em Física, 2010.
- Gnedin, N.Y. astrophysics: Hidden chaos in cosmic order. *Nature*, v. 507, p. 1303-1311, dez. 2009.
- Landolt, A. U. UBVRi photometric standard stars in the magnitude range 11.5-16.0 around the celestial equator. *AJ*, v.104, p. 340-371, jul.1992.
- Myrra, M.L.M.; Vaz, L.P.R.; Faúndez-Abans, M.; Oliveira-Abans, M. de; Soares, D.S.L. BVRI-Halpha surface photometry of peculiar ring galaxies. I. HRG 2302. *A&A*, v.351, p. 860-868, nov. 1999.
- Reshetnikov, V.P.; Faúndez-Abans, M.; de Oliveira-Abans, M. ESO 603-G21: A strange polar-ring galaxy. *A&A*, v.383, p. 390-397, fev. 2002.
- Rodrigues, I. **Interações de sistemas estelares. Tese (Doutorado).** Porto Alegre, RS-BR, 1999: Universidade Federal do Rio Grande. Instituto de Física. Curso de Pós-Graduação em Física, 1999.
- Whitmore, B.; McElroy, D.; Schweizer, F. **AM2020-5050 – an Elliptical Galaxy with an Outer Ring.** In: P.T. de Zeeuw (Ed.). *Structure and Dynamics of Elliptical Galaxies.* [Sl.: s.n.], 1987. (IAU Symposium, v. 127), p.413.