



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

## **XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS** **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024**

### **ESTUDO DA ABUNDÂNCIA DE LINHAS DE BAIXA IONIZAÇÃO EM** **GALÁXIAS INTERAGENTES**

**Paulo Coutinho Borges dos Reis<sup>1</sup>; Paulo César da Rocha Poppe**<sup>2</sup>;

**Vera Aparecida Fernandes Martin**<sup>3</sup>

1. Bolsista – PROBIC/UEFS, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana,

e-mail: [pc306483@gmail.com](mailto:pc306483@gmail.com)

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

[paulopoppe@uefs.br](mailto:paulopoppe@uefs.br)

3. Coorientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [vmartin@uefs.br](mailto:vmartin@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** galáxia peculiar; abundância de [N II]; atividade nuclear.

### **INTRODUÇÃO**

O projeto observacional em atividade no OAA/MACT-UEFS (Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia– UEFS) é baseado nas técnicas de fotometria e espectroscopia na banda do visível e envolve objetos do Sistema Solar, estrelas e galáxias brilhantes do Universo local. Como parte da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), vem sendo desenvolvido com a instrumentação financiada por vários projetos de pesquisa (CAPES, FAPESB, UEFS e VITAE) e envolve os grupos do LNA (Laboratório Nacional de Astrofísica), UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba), UESC (Universidade de Santa Cruz) e ULS (Departamento de Astronomía, Instituto de Investigación Multidisciplinar en Ciencia y Tecnología, Universidad de La Serena – Chile).

O projeto desenvolvido foi baseado em uma amostra de galáxias peculiares observadas no OPD/LNA, pertencentes à Categoria 15 do catálogo “A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations” (Arp & Madore, 1987), classificadas como Galáxias de Caudas, Laços de Matéria ou Detritos.

O objetivo principal foi o determinar a abundância de fluxo na linha [N II]  $\lambda 6584\text{\AA}$  em função do  $H\alpha$   $\lambda 6563\text{\AA}$  e também de outros parâmetros, como o tipo de espectro de emissão nuclear, idade e metalicidade da população estelar contida nesses objetos.

O primeiro trabalho revelando objetos com a razão  $H\alpha/[N II]\lambda 6584$  menor que 1 foi publicado por Burbidge & Burbidge (1965) em observações de galáxias espirais e irregulares. Para explicar o valor da razão  $H\alpha/[N II]\lambda 6584 < 1$ , Burbidge & Burbidge (1965) sugerem duas hipóteses: (i) abundância de N II maior que o normal ou (ii) uma fonte de energia cinética e não radiativa para aquecer o gás. Uma outra característica observada foi um valor muito alto para a razão  $H\alpha/H\beta$ .

Para a nossa amostra interagente, processos gravitacionais (fusão, colisão ou maré) podem ter um peso significativo nas intensidades observadas. No entanto, as razões  $H\alpha/[N II]\lambda 6584$  obtidas nesse trabalho são consistentes com os dados discutidos por Burbidge & Burbidge (1965).

## METODOLOGIA

Os espectros usados neste trabalho foram obtidos no projeto de pesquisa a longo prazo desenvolvido no Observatório Pico dos Dias (OPD) do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA-MCTI), envolvendo o telescópio de 1,60-m (Perkin-Elmer) e o espectrógrafo Cassegrain (Figura 1). Foram obtidos espectros de fenda longa de baixa resolução a partir da rede de difração de 300 linhas/mm e fenda com abertura de de 3,0 arcsec. O intervalo espectral foi de 3670–8620 Å, com  $\lambda$  central em 5890 Å. Um exemplo dos espectros brutos está ilustrado na Figura 2.

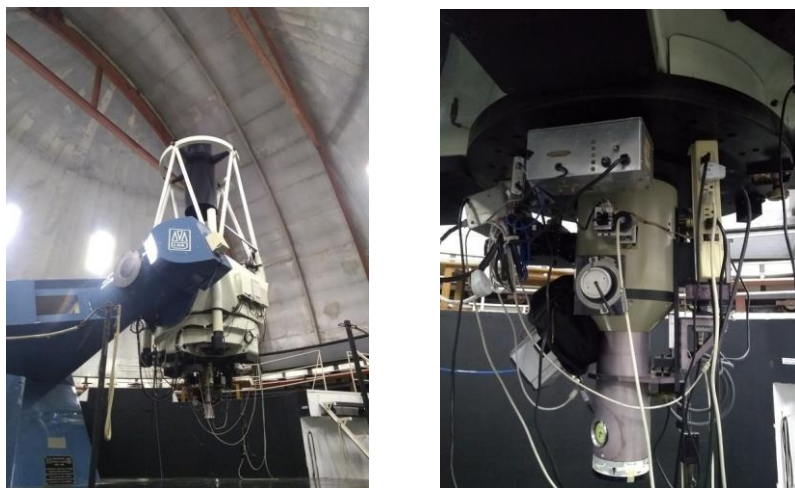


Figura 1: Instrumentação do OPD/LNA empregada no projeto: Telescópio Perkin & Elmer (1,60-m) equipado com o espectrógrafo Cassegrain (Booler & Chivens, modelo 26767).

Os espectros foram devidamente corrigidos, extraídos e calibrados através dos pacotes e tarefas presentes no IRAF (*Image Reduction and Analysis facility*). A partir dos espectros devidamente reduzidos, precisamos avaliar quais dos objetos possuem, de fato, as características que queremos abordar no trabalho. Então, foi medido o fluxo de todas as linhas espectrais, mostrando que a maior parte dos objetos possui abundância da linha [N II]  $\lambda 6584\text{\AA}$  (relativa à linha do H $\alpha$ ) e razão sinal-ruído o suficiente para serem trabalhados, com exceção dos objetos AM 2219-255B e AM 2317-692, que durante a aquisição dos dados sofreram grande interferência das condições observacionais (nuvens e cirros).

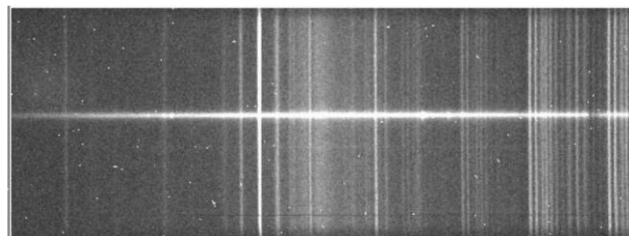
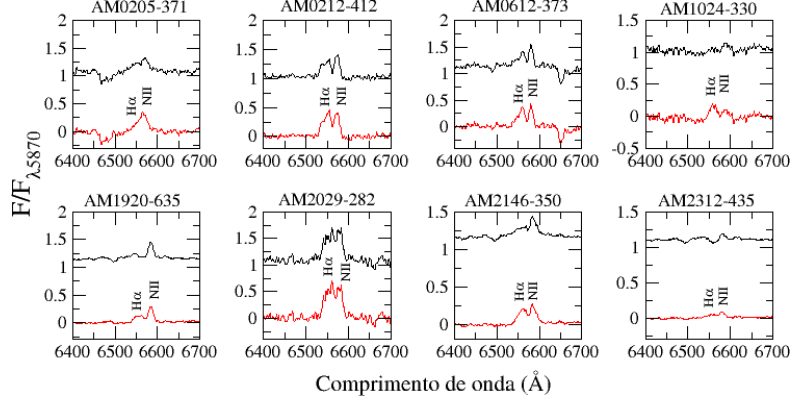


Figura 2: Exemplo de um espectro bruto. O eixo horizontal é a dispersão. As linhas verticais são devidas a emissão do céu. Raios cósmicos estão presentes.

Após todas as correções, utilizamos do código de síntese de população estelar STARLIGHT (Cid Fernandes et al., 2011), para remover a absorção estelar do espectro galáctico e devolver o fluxo de algumas linhas espectrais que são fortemente absorvidas pela atmosfera estelar. O STARLIGHT também fornece dados como a idade e metalicidade para cada componente utilizado na síntese.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As galáxias possuem intensas linhas de emissão  $[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$ . Entretanto, na deconvolução dos dois perfis gaussianos ( $[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$  e  $\text{H}\alpha$ ), observamos que a linha do  $\text{H}\alpha$  possui uma largura máxima a meia altura (FWHM) maior do que a da linha do  $[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$  (Figura 3). Ainda, em algumas galáxias (AM 0212-412 e AM 2029-282) o fluxo integrado da linha do  $\text{H}\alpha$  é mais intenso do que o da linha  $[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$ , porém mais espalhado. Isso pode indicar que as linhas foram geradas em processos diferentes.



**Figura 3:** Linhas  $[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$  e  $\text{H}\alpha$  dos espectros estudados. Em vermelho, o espectro residual (observado menos modelado) e em preto o espectro observado.

A Tabela 1 ilustra os resultados para a razão  $[\text{N II}] \lambda 6583\text{\AA}/\text{H}\alpha$  relativo aos objetos usados neste trabalho, antes e depois da remoção da absorção estelar.

**Tabela 1.** Razão  $\text{H}\alpha/[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$  para amostra de galáxias peculiares.

Galáxia	Espectro observado	Espectro residual
AM 0205-371	0.699	5.659
AM 0212-412	1.795	2.574
AM 0612-373	1.276	2.179
AM 1024-330	----	1.519
AM 1920-635	0.276	0.873
AM 2029-282	2.759	3.622
AM 2146-350	0.729	1.335
AM 2312-435	-1.554	1.069

Devido a morfologia, os objetos possuem uma classificação de acordo com o sistema de Hubble, porém, fazem parte da Categoria 15 da classificação de Arp & Madore (1987). Com exceção das galáxias AM 0612-373, AM 2029-282 e AM 2219-255 (classificadas como “par de galáxias”, o que pode causar certo desvio nos resultados esperados devido a interação gravitacional entre os objetos), todas as outras são classificadas como galáxias espirais. Por via de comparação, temos na literatura (Burbidge & Burbidge, 1965) a razão  $\text{H}\alpha-[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$ , de  $\sim 3$  nos braços espirais;  $\leq 1$  em 100% das elípticas, 81% das S0 e 55% nos núcleos de galáxias espirais. Nas irregulares, temos 100% com valores  $\geq 3$ . Em relação às galáxias com par interagente, os valores podem sofrer

distorções em relação ao esperado, devido a formação estelar induzida pela interação gravitacional entre os objetos. A Tabela 2 ilustra o tipo de atividade nuclear.

**Tabela 2.** Resultados dos diagramas de diagnóstico BPT.

galáxia	$[\text{N II}]/\text{H}\alpha \times [\text{O III}]/\text{H}\beta$	$[\text{S II}]/\text{H}\alpha \times [\text{O III}]/\text{H}\beta$	$[\text{O I}]/\text{H}\alpha \times [\text{O III}]/\text{H}\beta$
AM 0205-371	galáxia HII	galáxia HII (transição)	LINER
AM 0212-412	Seyfert 2 (transição)	Seyfert 2	Seyfert 2
AM 0612-373	----	----	----
AM 1024-330	galáxia HII (transição)	----	----
AM 1920-635	Seyfert 2 (transição)	Seyfert 2 (transição)	Seyfert 2
AM 2029-282	galáxia HII	galáxia HII (transição)	galáxia HII
AM 2146-350	LINER (transição)	LINER (transição)	LINER
AM 2312-435	LINER (transição)	LINER (transição)	LINER

Dependendo do mecanismo físico associado, a galáxia recebe classificações diferentes, podendo também ter duas ou mais componentes (colocando-a em um grupo de transição). Os diagramas usados neste trabalho (BPT, Baldwin, Phillips & Terlevich, 1981) foram desenvolvidos de forma empírica, usando linhas facilmente encontradas em espectros de emissão, sendo divididas em galáxias H II, LINERs, e Seyferts I e II.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da amostragem ser pequena, conseguimos verificar a relação  $\text{H}\alpha/[\text{N II}] \lambda 6584\text{\AA}$  em relação aos dados discutidos por Burbidge & Burbidge (1965). Os resultados corroboram entre si, mostrando resultados próximos do esperado, como no caso das galáxias AM 0212-412 e AM 2029-282, que apresentavam um fluxo integrado do  $\text{H}\alpha$  maior do que o fluxo integrado da linha  $[\text{N II}]$ , apresentando-se nos diagramas BPT como galáxias do tipo H II. Em relação a síntese espectral, alguns valores apresentam divergências do esperado, como no caso das galáxias H II citadas anteriormente, mostrando que a população estelar dessas galáxias é extremamente velha. Portanto, temos uma excelente perspectiva envolvendo projetos de variabilidade estelar no OAA/UEFS-MACT dentro da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios) financiada pela FAPESB, (Universal FAPESP/SECTI N.012/2022, proj. 5017/2022) e UEFS/PPPG (FINAPESQ 01/2021, 01/2023).

### REFERÊNCIAS

- ARP, H.C., MADORE, B.F. (1987). A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations: Volume 1, Positions and Descriptions (Vol. 1). Cambridge Univ. Press.
- BALDWIN, J.A., PHILLIPS, M.M., TERLEVICH, R. 1981, Classification parameters for the emission-line spectra of extragalactic objects. PASP, 93(551), 5.
- BURBIDGE, E.M., BURBIDGE, G.R., 1965, Ionized Gas in the Nuclei of Elliptical, so, Spiral, and Irregular Galaxies. ApJ, 142, 634.
- CID-FERNANDES, R., MATEUS, A., SODRÈ, L., STASINSKA, G., & GOMES, J. M., 2011, STARLIGHT: Spectral Synthesis Code. Astrophysics Source Code Library.