



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

XXVI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2022**

ESTUDO ESPECTROSCÓPICO DA GALÁXIA COLISIONAL AM 0658-590 (NED01 E NED02)

**Raquel Silva Freitas¹; Vera Aparecida Fernandes Martin² e Paulo César da Rocha
Poppe³**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

raquel.uefs7@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br

3. Co-orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: galáxias peculiares; interação; espectroscopia; síntese espectral;
atividade nuclear.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais interessantes da Astrofísica Moderna é entender como as galáxias se formam e evoluem. Processos gravitacionais são comuns no Universo, envolvendo fusões, colisões e marés, produzindo cenários morfológicos intrigantes e não usuais. O presente estudo visa investigar as propriedades físicas da galáxia peculiar colisional AM 0658-590 (NED01 e NED02, ver Figura 1), a fim de determinar a verdadeira natureza nuclear desse objeto e complementar o estudo em galáxias peculiares feito pelo Grupo de Pesquisa em Galáxias Peculiares (GPGP). Os espectros ópticos foram obtidos em 2018 usando o espectrógrafo Cassegrain acoplado ao telescópio Perkin-Elmer de 1,60m do Observatório do Pico dos Dias/Laboratório Nacional de Astrofísica (OPD/LNA).

Os principais objetivos envolvem a determinação de propriedades cinemáticas do par colisional, tais quais a velocidade da galáxia (v), o redshift (z) e a distância (d). Além disso, também buscamos retirar a contribuição estelar desse objeto para, dessa forma, identificar essa galáxia como Galáxia de Núcleo Ativo (AGN) ou como Galáxia HII (Starburst).

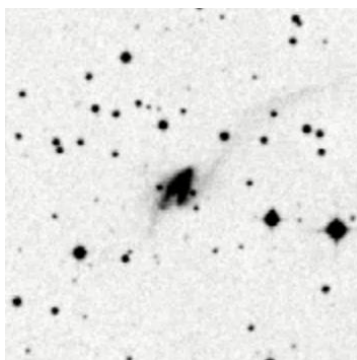


Figura 1. Galáxia Peculiar AM 0658-590, formada pelo par colisional NED01 e NED02.
Fonte: NED-NASA/IPAC

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

De início, temos a parte deste trabalho envolvendo a redução dos espectros com o *software* IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*), afim de remover os efeitos aditivos ao observar esse objeto, isto é, subtrair o *bias*, normalizar o *flat*, corrigir o *dark* e fazer a remoção dos raios cósmicos. Essa etapa também envolve as correções por redshift e do avermelhamento devida a nossa Galáxia. De posse dos espectros devidamente calibrados, a etapa seguinte consiste em subtrair a contribuição estelar do objeto em estudo, através do código de síntese STARLIGHT, no qual fornecerá um espectro residual formado pela diferença entre o espectro observado e o modelado pelo código, isento, portanto, das várias contribuições de estrelas subjacentes. O espectro residual irá fornecer, caso existam, portanto, para uma galáxia ativa, as reais intensidades das linhas de emissão nuclear e extranuclear. Não obstante, também será determinada a metalicidade da galáxia estudada. Finalmente, será medido o fluxo das principais linhas de emissão e também das respectivas larguras equivalentes. Finalmente, de posse de todas as informações extraídas, análises envolvendo a construção de gráficos e diagramas deverão ser realizadas para extrair pistas que possam apontar conclusões sobre a natureza nuclear dessa galáxia peculiar (com núcleo ativo ou não).

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A partir do espectro já devidamente reduzido (Figura 2), feito as correções e calibração em fluxo através das tarefas (*dopcor*, *deredden* e *calibrate*) presentes no ambiente IRAF, a velocidade foi obtida com o pacote externo RVSAO (*Radial Velocity of Smithsonian Astrophysical Observatory*, Kurtz & Mink 1998^[3]), no qual calcula as velocidades radiais dos espectros usando correlação cruzada e técnicas de ajuste nas linhas de emissão. Além do mais, a partir da relação $d=v/H_0$ é possível determinar a distância do par colisional até a nossa Galáxia, em que H_0 é a constante de Hubble e vale 68,8 Km/s/Mpc (Macauley, Eric., et al. 2019^[4]). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

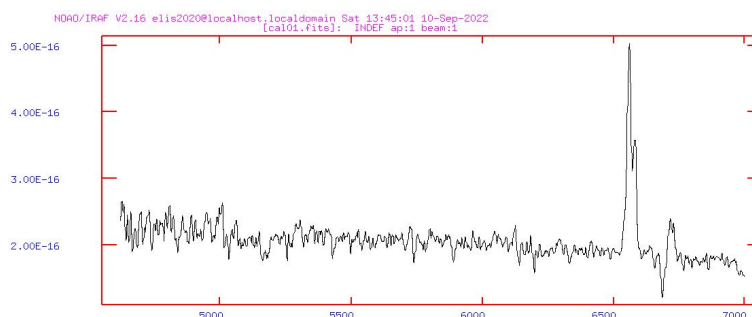


Figura 2. Espectro reduzido, corrigido (por efeito Doppler e avermelhamento) e calibrado em fluxo ($\text{erg}/\text{cm}^2/\text{s}$) e comprimento de onda (angstrom)

Tabela 1. Resultados obtidos ao fazer a redução do espectro central.

Galáxia	v (Km/s)	z	d (Mpc)
AM 0658-590 (este estudo)	8174 +/- 27	0.02764	118,8
AM 0658-590 (Strauss, Michael A. et al. 1992 ^[5])	8261 +/- 38	0.02756	123,7

Adiante, já que nosso objetivo principal é revelar a natureza nuclear da galáxia AM 0658-590 precisamos retirar a contribuição estelar presente no espectro final (Figura 2) obtido através do IRAF, para isso usaremos o STARLIGHT. Feito isso, o resultado final é o espectro residual, representado pela Figura 3. O espectro cobre um alcance do comprimento de onda que inclui algumas das linhas de emissão mais importantes para o diagnóstico: (1) linhas de baixa excitação, como [OI] ($\lambda 6300\text{\AA}$), [NII] ($\lambda 6584\text{\AA}$) e [SII] ($\lambda\lambda 6716, 6731\text{\AA}$); (2) linhas de oxigênio de alta excitação, como [OIII] ($\lambda 5007\text{\AA}$); e (3) as linhas Balmer, em particular H β ($\lambda 4862\text{\AA}$) e H α ($\lambda 6563\text{\AA}$).

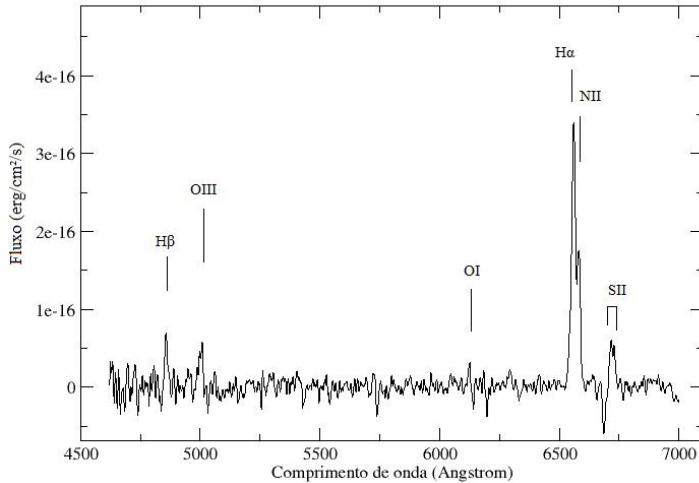


Figura 3. Espectro residual (fluxo observado subtraído pelo fluxo sintético) da galáxia AM 0658-590. É possível notar as principais linhas de emissão.

Através do **método de diagnóstico**, diagramas empíricos que podem ser obtidos usando razões de linhas de emissão (como notado primeiramente por Baldwin et al., 1981^[7]), é possível dizer se galáxia pertence ao grupo das galáxias de núcleo ativo (AGNs) ou das galáxias HII (com grande formação estelar). O primeiro diagrama é construído através do logaritmo das razões OIII ($\lambda 5007/H\beta$) versus SII ($\lambda\lambda 6716 + 6731/H\alpha$), já o segundo foi feito através da relação SII ($\lambda\lambda 6716 + 6731 / H\alpha$) versus NII ($\lambda 6583/H\alpha$). Feito os devidos cálculos das razões de linha, é possível plotar esses gráficos, e notarmos que a galáxia AM 0658-590 é uma starburst (galáxia HII).

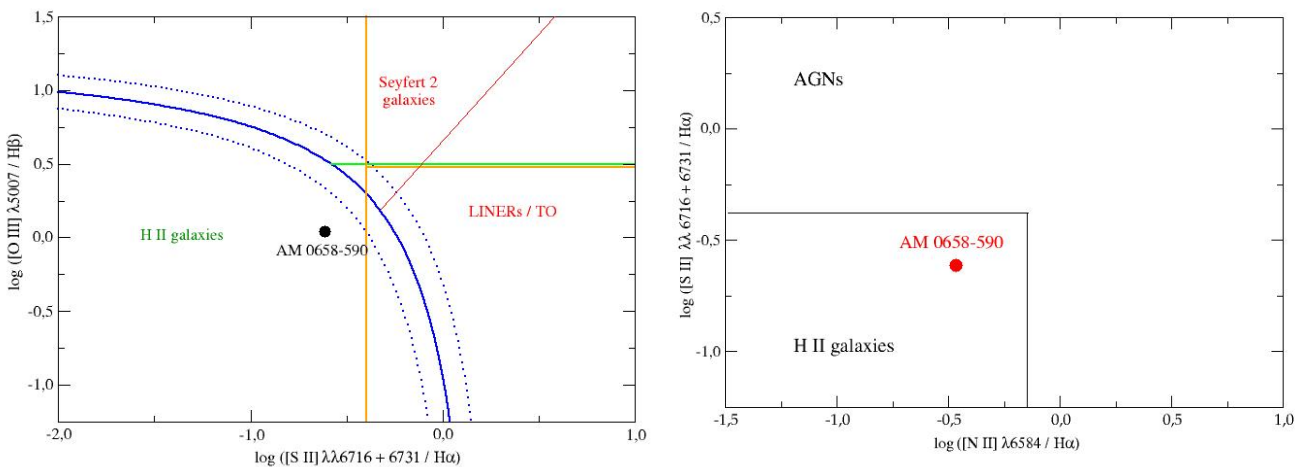


Figura 4. Diagramas diagnóstico que determina a natureza nuclear da galáxia.

Logo, a galáxia trabalhada nessa pesquisa é uma galáxia HII, tal objeto apresenta uma região com grande presença de poeira estelar e gases, o que fomenta a formação de estrelas, estando de acordo com o resultado encontrado no STARLIGHT, onde a galáxia

AM 0658-590 apresenta 51% de estrelas de idade jovem e intermediária e 49% de estrelas velhas ($t > 2 \times 10^9$ anos). Para finalizar, outros resultados do STARLIGHT são a velocidade de dispersão dessa galáxia e a metalicidade – abundância de metais em relação ao hidrogênio – desse objeto. Respectivamente, temos 286,82 Km/s, e uma metalicidade próxima a $0,020Z_{\text{Solar}}$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O principal objetivo do trabalho foi o estudo espectroscópico da galáxia peculiar AM 0658-590 (Arp & Madore, 1987). Os dados espectrais obtidos no OPD/LNA foram reduzidos e devidamente corrigidos através do ambiente IRAF. O seguinte passo foi calibrar os espectros em fluxo e comprimento de onda a fim de, através do pacote RVSAO, obtermos a velocidade (8174Km/s) e o redshift (0,02764) da galáxia em estudo (a partir daí é possível obter a distância até a nossa Galáxia: 118,8Mpc). Tais resultados encontram-se próximos a valores publicados na literatura. A partir do espectro calibrado, é necessário remover a contribuição estelar e manter apenas as linhas de emissão nebular, através do código STARLIGHT temos como resultado um espectro residual com grande evidência das principais linhas de emissão para o estudo dos diagramas-diagnóstico (H β , OIII, OI, H α , NII e o dupletto SII). Portanto, os fluxos são medidos e é possível montar os diagramas e revelar a verdadeira natureza nuclear da galáxia: uma HII (ou Starburst), basicamente um berçário de estrelas. Tal resultado encontra-se de acordo com o esperado pois, de acordo com o modelo sintetizado pelo STARLIGHT, esse objeto (AM 0658-590) apresenta uma maior porcentagem de estrelas jovens e intermediárias (51%) do que velhas (49%).

Por fim, é possível determinar a velocidade de dispersão (286,82Km/s) e a metalicidade da galáxia, aproximadamente, $0,020Z_{\text{Solar}}$. Uma galáxia HII (ou Starburst) é uma galáxia que atravessa um processo intenso e contínuo de formação estelar, normalmente em consequência de uma colisão com outra galáxia (a colisão de duas galáxias ricas em gás causa uma formação violenta de estrelas). As galáxias starburst estão entre as galáxias mais brilhantes do universo e são responsáveis pelo seu enriquecimento químico através da produção de metais ao longo de centenas de gerações de estrelas. Em conclusão, regiões HII geralmente tem filamentos e, às vezes, morfologias extremamente diversificadas, isto pois a distribuição das estrelas e gás é heterogênea. A galáxia em estudo (AM 0658-590) é resultado da colisão de um par de galáxias interagente, o que a torna diferenciada (em seu formato), estando, mais uma vez, de acordo com o resultado do STARLIGHT.

REFERÊNCIAS

- Arp, Halton C., Barry F. Madore, and B. Madore. *A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations: Volume 1, Positions and Descriptions*. Vol. 1. Cambridge University Press, 1987.
- Strauss, Michael A., et al. "A redshift survey of IRAS galaxies. VII-The infrared and redshift data for the 1.936 Jansky sample." *The Astrophysical Journal Supplement Series* 83 (1992): 29-63.
- Kurtz, Michael J., and Douglas J. Mink. "Rvsao 2.0: Digital redshifts and radial velocities." *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 110.750 (1998): 934.
- Macaulay, Eric, et al. "First cosmological results using Type Ia supernovae from the Dark Energy Survey: measurement of the Hubble constant." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 486.2 (2019): 2184-2196.