



**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**

### **ESPECTROSCOPIA E FOTOMETRIA BV(RI)C DO PAR COLISIONAL** **AM2133-384 (NED01 E NED02)**

**Emily Danielle Santos de Assis<sup>1</sup>; Paulo César da Rocha Poppe<sup>2</sup>;**

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

1. Bolsista – PROBIC/UEFS, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [emily.danielle1337@gmail.com](mailto:emily.danielle1337@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; fotometria; espectroscopia.

### **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 foi baseado em um par de galáxias interagentes, AM2133-384 (NED01 e NED02, Figura 1), com velocidades radiais heliocêntricas de  $5681 \pm 35$  km/s e  $5832 \pm 29$  km/s, respectivamente. Ambos objetos pertencem à Categoria 15 do catálogo “A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations” (Arp & Maadore, 1987). As observações foram realizadas no OPD/LNA empregando, para a espectroscopia, o telescópio Perkin-Elmer (1,60-m) e o espectrógrafo Cassegrain (Figura 2). Na fotometria, o telescópio Boller-Chivens de 0,60-m e os filtros fotométricos BVRI.

As reduções dos dados nas duas técnicas, fotometria e espectroscopia no visível, foram realizadas com o software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility – Toddy, 1986). Na parte fotométrica, o objetivo principal consiste em obter as cores B–V, V–R e R–I, amplamente empregadas para estudar propriedades nas galáxias. Estes indicadores representam as diferenças em magnitudes (brilho) em diferentes bandas do espectro eletromagnético. Na espectroscopia, o objetivo central consiste em modelar o espectro calibrado em fluxo e comprimento de onda com o código de síntese espectral STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005), de modo a obter o espectro residual, observado menos modelado, “isento” da contribuição estelar subjacente. Isso permite que as linhas de emissão possam ser mensuradas com mais propriedades em diversas regiões (nuclear e extra), visando a classificação espectral via diagramas de diagnóstico.

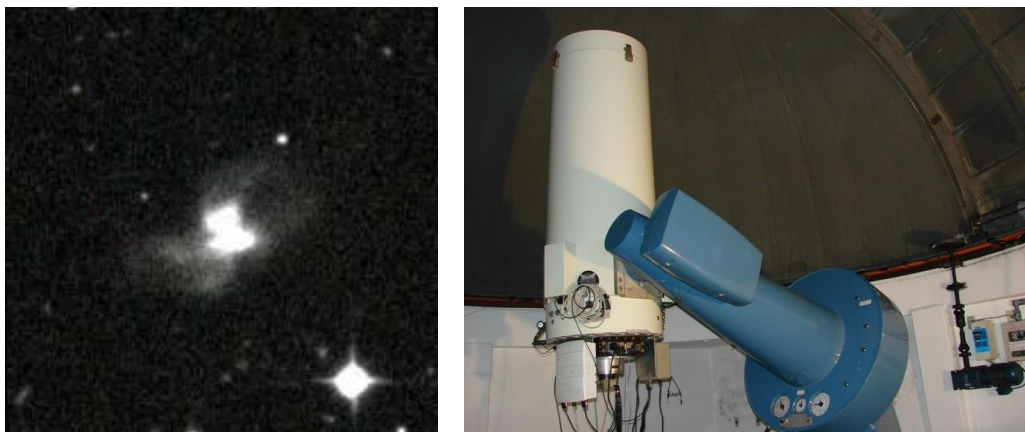


Figura 1. Imagem fotométrica (banda V) da galáxia peculiar interagente AM2133-385 (NED01 e NED02) obtida com o telescópio Boller & Chivens (0,60-m).

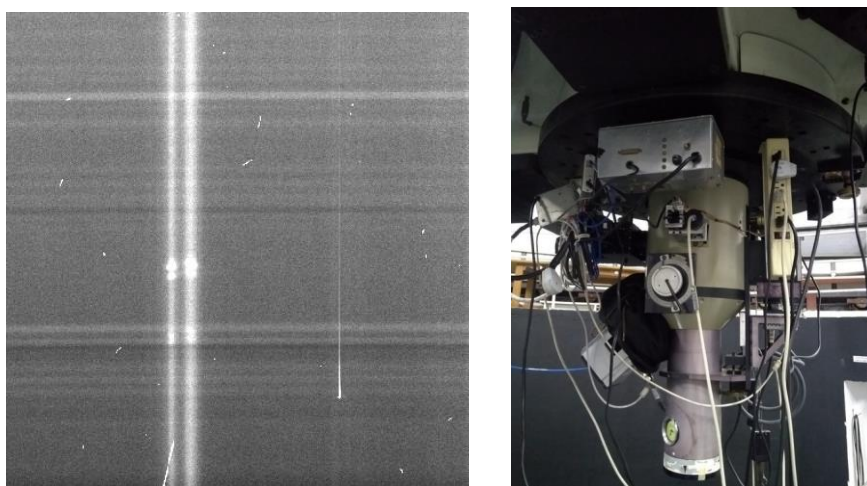


Figura 2. Parte do espectro da galáxia peculiar interagente AM2133-385 (NED01 e NED02) obtida com o espectrógrafo Cassegrain. Note a presença de condensações relativas as linhas de emissão do  $H\alpha$  ( $16562\text{\AA}$ ),  $[NII]6584\text{\AA}$  e do duplete  $[SII]6716,6731\text{\AA}$ .

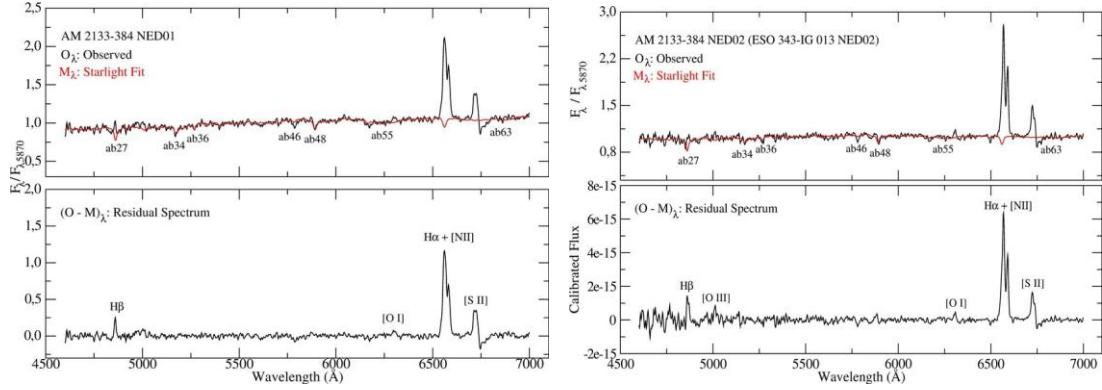
## METODOLOGIA

Os dados fotométricos e espectroscópicos foram obtidos em condições onde o *seeing* foi da ordem de 1,5. As reduções seguiram os procedimentos usuais no ambiente IRAF, ou seja, subtração do bias, dark e flat-field. Pacotes específicos com as respectivas tarefas (tasks) foram delineados para cada caso. Os processamentos comuns implicam na correção dos cabeçalhos das imagens, remoção dos raios cósmicos e nas calibrações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**1. Espectroscopia:** Como observado na Figura 2, as duas galáxias apresentam intensas linhas de emissão no  $H\alpha$ ,  $[NII] \lambda 6584\text{\AA}$  e no duplete  $[SII]6716,6731\text{\AA}$ , caracterizando-as, portanto, como galáxias com atividade nuclear. No entanto, o espectro de uma galáxia é composto por estrelas de diversas idades e metalicidades, de tal modo que as linhas de emissão, quando medidas, não correspondem as verdadeiras intensidades dos fluxos ( $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$ ). Por isso, correções quanto a extinção externa, ou seja, da Via Láctea, são necessárias e são feitas por meio dos mapas de SCHAFLEY et al. (2011) e a lei de avermelhamento de CARDELLI et al (1989), com  $R_V = 3,1$ . Ainda, as correções internas em termos da razão  $H\alpha/H\beta$  são também necessárias, de tal modo que

a mesma forneça o valor estimado de 2,86 para as galáxias ditas de formação estelar (HII e Starburst) ou de 3,1 para aquelas conhecidas como AGN (Active Galactic Nuclei), ou seja, um núcleo ativo de galáxia (GASKELL & FERLAND, 1984; VEILLEUX & OSTERBROCK, 1987), como as galáxias Seyfert e LINER (Low Ionization Nuclear Emission Region). No entanto, a correta medida dos fluxos são feitas a partir da subtração da população estelar subjacente em cada espectro. Para tal propósito, empregamos o código de síntese espectral STARLIGHT (CID FERNANDES et al. 2005). A Figuras 3 ilustra o resultado final da síntese para cada par interagente.



**Figura 3.** Painel Superior. Espectro observado (preto) e o modelado pelo código de síntese espectral (vermelho). Painel Inferior: Espectro residual (modelado menos observado). Note a presença das linhas de emissão na banda azul do espectro (menor comprimento de onda).

A partir dos espectros residuais, a tarefa “splot” no IRAF permite extrair os respectivos fluxos empregando ajustes gaussianos. A Tabela 1 ilustra os resultados para as razões de linha  $[NII]\lambda 6584\text{\AA}/H\alpha$  e  $[SII]\lambda\lambda 6716,6731\text{\AA}/H\alpha$ . De acordo com os valores obtidos, tais objetos são classificados como galáxias do tipo HII (formação estelar). No entanto, uma classificação nuclear mais precisa seria obtida se a razão  $OIII]\lambda 5007/H\beta$  fosse mensurada. No entanto, como pode ser visto, tais linhas não são intensas o suficiente.

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

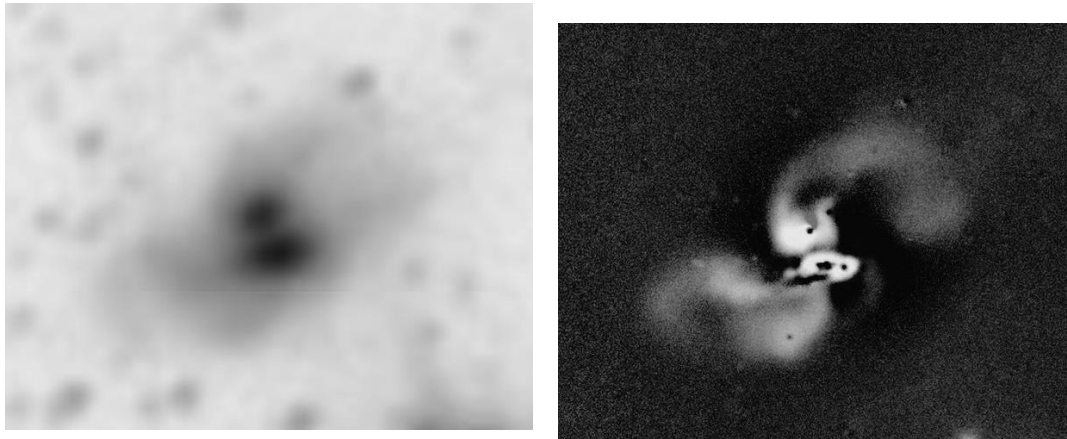
Galáxia	$[NII]\lambda 6584\text{\AA}/H\alpha$	$[SII]\lambda\lambda 6716,6731\text{\AA}/H\alpha$
AM 2133-384 NED01	0,39	0,47
AM 2133-384 NED02	0,33	0,45

**2. Fotometria:** A segunda parte do trabalho consiste no estudo fotométrico para identificar possíveis estruturas, criar mapas de cores e obter as magnitudes para as galáxias em questão. Uma vez determinada as magnitudes instrumentais para as estrelas padrão espectrofotométricas, podemos determinar as equações que transformem estas magnitudes instrumentais para seus valores no sistema padrão. A solução dessas equações tornará possível sua aplicação na galáxia de estudo, obtendo-se assim as magnitudes no sistema padrão. No que segue, um exemplo da equação no filtro b, onde (b,v,r,i) correspondem aos índices padrão e (B,V,R,I) aos valores instrumentais.

$$b = B + \text{constante} + \text{termo de cor} \times (B - V) + \text{extinção} \times \text{massa de ar} + \\ + \text{extinção 2ª ordem} \times (B - V) \times \text{massa de ar}$$

As equações são resolvidas através do ajuste múltiplo dos termos de cor e extinção, buscando pelos melhores valores para os coeficientes de ponto zero, cor e extinção em primeira e segunda ordens.

Foram empregados vários campos de estrelas para a calibração fotométrica, a exemplo dos campos



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da amostragem ser pequena, conseguimos verificar a relação  $H\alpha/[N II] \lambda 6584\text{\AA}$  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  $H\alpha$  maior do que o fluxo integrado da linha  $[N II]$ , 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.  
CID-FERNANDES, R., MATEUS, A., SODRÈ, L., STASINSKA, G., & GOMES, J. M., 2011, STARLIGHT: Spectral Synthesis Code. Astrophysics Source Code Library.  
TODY D., 1986, Proc. SPIE Conf. Ser. Vol. 627, Instrumentation in astronomy VI. SPIE, Bellingham, p. 733