



## ANÁLISE DA EMISSÃO DE GÁS IONIZADO NUCLEAR DO “PALOMAR SURVEY” ATRAVÉS DA SÍNTESE ESPECTRAL

MAICO DOUGLAS DA SILVA <sup>1,\*</sup>, TIAGO VECCHI RICCI <sup>2</sup>

### 1 Introdução/Justificativa

Núcleo ativo de galáxias (Active Galaxy Nuclei – AGN) são objetos associados com a captura de matéria, via disco de acreção, por um buraco negro supermassivo (Super Massive Black Hole – SMBH) e são geralmente encontrados na região central de galáxias com bojos bem definidos. Quasares estão entre os AGNs de alta luminosidade, enquanto LINERs (Low ionization nuclear emission regions) e Seyfert são definidos como AGNs de baixa luminosidade, os quais diferem entre si de acordo com o grau de ionização observados em seus espectros.

Os AGNs podem ser divididos em dois tipos: os de tipo 1 são caracterizados pela presença de linhas permitidas largas com largura de máxima a meia altura (FWHM) entre 2000 a 10000 km/s e linhas proibidas estreitas (FWHM  $\sim$  400 km/s). Os de tipo 2, ambos os tipos de linha possuem apenas as componentes estreitas. A interpretação para estas observações é que as linhas estreitas são produzidas em nuvens de gás com baixa densidade eletrônica ( $n_e \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$ ) e estão localizadas em uma região mais afastada dos SMBH, enquanto as componentes largas são provenientes de nuvens de gás de alta densidade ( $n_e \sim 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ) e são encontradas próximas ao SMBH (Ho 2008).

Um levantamento estatístico de AGNs no Universo local foi feito com o "Palomar Survey" (Ho et al. 1997). Tal amostra contém todas as galáxias do hemisfério norte com magnitude  $B < 12.5$ . Se consideradas apenas as galáxias elípticas e lenticulares deste conjunto,  $\sim 50 \%$  dos objetos possuem algum tipo de emissão nebulosa, sendo a maioria classificada como LINER (Ho 2008). Já o projeto DIVING<sup>3D</sup> (Steiner et al. em preparação) consiste em analisar todas as galáxias do hemisfério Sul com magnitude  $B < 12.0$  e latitude

<sup>1</sup> Licenciando do curso de Física, UFFS, *campus* Cerro Largo, contato: maicodouglasdasilva@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor, UFFS, *campus* Cerro Largo, contato: tiago.ricci@uffs.edu.br



galáctica  $|b| < 15$  graus. A ideia é utilizar uma instrumentação mais moderna, o que permitirá obter uma classificação mais precisa dos objetos com relação ao "Palomar Survey", além do fato de que o uso de um telescópio de 8 m de abertura (observatório Gemini) resulta em uma maior sensibilidade dos dados, isto é, será possível detectar emissões nebulares mais fracas.

Por serem AGNs de baixa luminosidade, a subtração da componente estelar das galáxias hospedeiras é necessária para um estudo mais preciso das linhas em emissão nucleares. Ho et al. (1997) fizeram tal procedimento usando uma combinação de galáxias supostamente sem linhas em emissão como modelo. Já nas galáxias do projeto DIVING<sup>3D</sup>, a ideia é usar uma combinação de espectros de populações estelares (síntese espectral) para fazer tal subtração. Tal procedimento foi realizado em 10 galáxias elípticas e lenticulares por Ricci et al. (2014) com bastante sucesso.

## 2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar a emissão nebular do núcleo das galáxias elípticas e lenticulares do "Palomar Survey" utilizando a síntese espectral como metodologia da subtração das componentes estelares.

## 3 Material e Métodos/Metodologia

Foram analisadas no total 64 galáxias. As observações destes objetos foram realizadas no observatório Palomar, usando o telescópio Hale de 5 m (Ho et al. 1997). Foi utilizado um espectrógrafo de fenda longa com uma abertura efetiva de  $2 \times 4$  arcsec<sup>2</sup>, o qual foi posicionado na região nuclear dos objetos. A luz azul foi direcionada para uma rede de difração contendo 600 l/mm, produzindo uma faixa espectral 4230-5110 Å e resolução de 4,0 Å. Já a luz vermelha foi direcionada para uma rede de difração contendo 1200 l/mm, o que resultou em uma faixa espectral de 6210-6860 Å e resolução de 2,5 Å. Os dados foram obtidos no website do NED – Nasa Extragalactic Database.

A subtração da componente estelar foi feita através da síntese espectral, usando o software STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005). O ajuste foi feito a partir da combinação de diferentes espectros de populações estelares simples com diferentes idades e composições químicas (metalidades). Após realizá-lo, podemos subtrair a componente estelar das

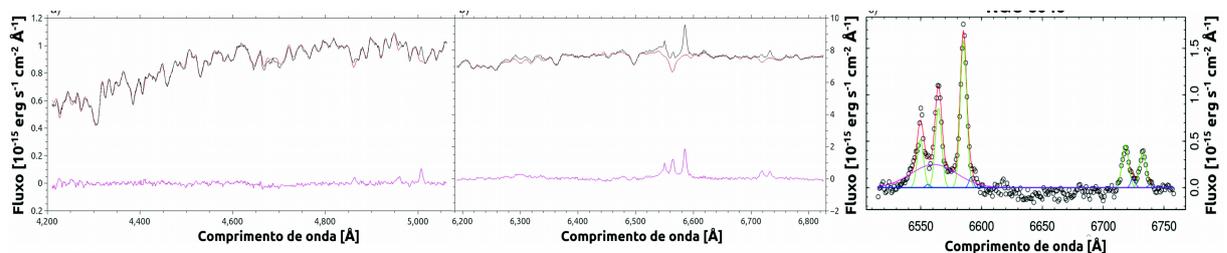
galáxias para obter somente as linhas em emissão presentes nas regiões nucleares (ver Fig. 1).

Após realizar a síntese espectral em toda a amostra, os fluxos das linhas de [N II] $\lambda$ 6583 e de H $\alpha$  foram calculados por meio do ajuste de seus perfis usando o algoritmo de Levenberg-Marquardt, instalado no software R. Um exemplo deste ajuste é mostrado na Fig. 1. Já os fluxos das emissões de [O III] $\lambda$ 5007 e de H $\beta$  foram extraídos por meio de uma integração direta destas linhas (ver Fig. 1).

#### 4 Resultados e Discussão

Uma das maneiras de se identificar as possíveis fontes de ionização do gás é utilizando diagramas diagnósticos do tipo BPT (ver e.g. Veilleux & Osterbrock, 1987). Tal sistema de classificação usa pares de razões de linhas para separar regiões de formação estelar (regiões H II) e AGNs. Neste trabalho, usamos as razões [O III]/H $\beta$  e [NII]/H $\alpha$ . Enquanto a primeira razão é sensível ao parâmetro de ionização (razão entre densidade de fótons ionizantes e a densidade eletrônica das nuvens), a outra razão é proporcional ao tamanho da região parcialmente ionizada, a qual é maior em Seyferts e LINERs devido à alta emissão de raios-x destes objetos. O diagrama BPT das galáxias da amostra é mostrado na Fig. 2.

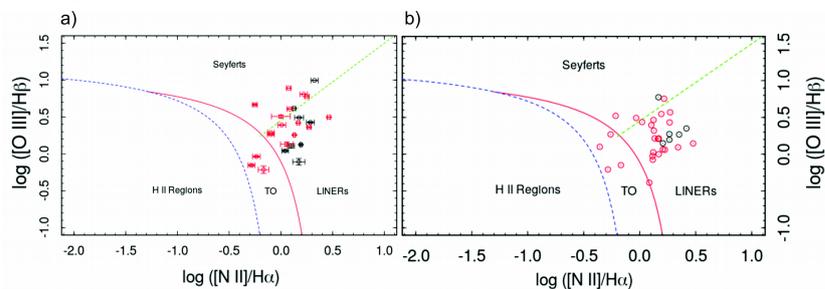
**Figura 1.** Espectros das regiões centrais da galáxia NGC 3945. Em preto o espectro observado, em vermelho o espectro da componente estelar deste objeto e em rosa o resíduo (observado menos o ajustado). Na direita, é apresentado o ajuste do perfil das linhas [N II] $\lambda$ 6541; 6583, H $\alpha$  e [S II] $\lambda$ 6716; 6731. Os perfis verde e azul representam as componentes estreitas das linhas e o perfil em magenta representa a componente larga de H $\alpha$  e a linha em vermelho é a soma de todas as gaussianas, i.e. o perfil total das linhas.



Das 64 galáxias analisadas, 25 foram inseridas no diagrama BPT, sendo 56 % classificadas como LINERs, 32 % como Seyfert e 12 % como objetos de transição (OT).

Nenhuma região H II foi encontrada. Se consideradas as razões de linha medidas por Ho et al. (1997), 75 %, 12,5 % e 12,5 % correspondem à LINERs, Seyferts e OTs, respectivamente.

**Figura 2.** Diagramas BPT obtidos usando a metodologia apresentada neste trabalho (a) e com os resultados de Ho et al. (1997) (b). A linha tracejada em azul mostra um limite entre regiões H II e OT; a linha contínua em vermelho mostra o limite entre OTs, Seyferts e AGNs; a linha tracejada em verde mostra o limite entre Seyferts e LINERs. Os pontos em preto representam objetos do tipo 1 enquanto os pontos em vermelho correspondem aos objetos do tipo 2.



## 5 Conclusão

De acordo com a distribuição dos objetos em ambos os diagramas BPT da Fig. 2, tanto a metodologia descrita neste trabalho como àquela usada por Ho et al. (1997) produzem resultados compatíveis entre si. As pequenas diferenças encontradas nas frações dos diferentes objetos podem ser explicadas pelas barras de erro das razões de fluxo e pelo fato de ser uma amostra de apenas 25 objetos dentro do diagrama BPT.

## Referências

- Cid Fernandes, R.; Mateus, A.; Sodré, L.; Stasińska, G. & Gomes, J. M. 2005, MNRAS, 358, 363
- Ho, L.C., Filippenko, A.V., Sargent, W.L., 1997, ApJS, 112, 315
- Ho, L.C., 2008, ARA&A, 46, 475
- Ricci, T.V., Steiner, J.E., Menezes, R.B., 2014, MNRAS, 440, 2442
- Veilleux, S., Osterbrock, D. E., 1987, ApJS, 63, 295

**Palavras-chave:** galáxias: ativa, galáxias: elípticas e lenticulares, galáxias: núcleo

## Financiamento

FAPERGS