

# NÚCLEOS ATIVOS DE GALÁXIAS: ESTUDO DA COMPOSIÇÃO MOLECULAR DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EM GALÁXIAS TIPO SEYFERTS

VITOR DAS NEVES AVELANEDA<sup>1</sup>; JEAN ESPINOZA<sup>2</sup>; ANELISE AUDIBERT<sup>3</sup>; DINALVA AIRES DE SALES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande, IMEF, FURG – [vitor.avelaneda@furg.br](mailto:vitor.avelaneda@furg.br)

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande - [espinoza@riogrande.ifrs.edu.br](mailto:espinoza@riogrande.ifrs.edu.br)

<sup>3</sup>Observatoire de Paris, Laboratory for the Study of Radia – [ane.audibert@gmail.com](mailto:ane.audibert@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande, IMEF, FURG – [dsales@furg.br](mailto:dsales@furg.br)

## 1. INTRODUÇÃO

As Galáxias Seyferts são uma sub-classe de AGNs (*Active Galactic Nucleus*) do Universo local bastante estudada pelos astrofísicos, essas galáxias caracterizam-se pelo alto brilho superficial na região central e intensas linhas de emissão com alto potencial de ionização. Essa sub-classe é subdividida em duas categorias, Seyferts 1 (Sy1) e Seyferts 2 (Sy2), sendo que essa subdivisão pode ser feita estudando dados de espectroscopia no óptico baseada na presença ou ausência das linhas de emissão proibidas e também presença de componentes alargadas nas linhas do hidrogênio, como exemplo série de Balmer (AUDIBERT, 2018; SALES et al., 2012).

Os PAHs (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*) são moléculas orgânicas que dominam as bandas de emissão (3.3, 6.2, 7.7, 8.6, 11.2 e 12.7  $\mu\text{m}$ ) dos espectros no infravermelho médio (MIR) do meio interestelar e também de objetos extragalácticos. Estas bandas de emissão provém dos modos de excitação vibracional dessas moléculas, que principalmente são excitados por fótons no ultravioleta (UV) absorvidos pelos PAHs e posteriormente re-emitindo a energia absorvida no MIR (SALES et al., 2012).

Neste trabalho será apresentada uma análise feita dos PAHs presentes em uma amostra de 100 galáxias Seyferts que foram observadas pelo espectrógrafo IRS, que está no telescópio espacial *SPITZER*. O tratamento e disponibilização dos espectros foram realizados pelo projeto ATLAS MIR (Henán-Caballero & Hatziminaoglou, 2011). Esses espectros foram comparados com espectros teóricos de moléculas de PAHs disponíveis no Ames NASA PAH *database* (BOERSMA et al. 2014), e utilizando a técnica SAM (*Spectral Angle Mapper*) foi determinada a correlação de similaridades entre um espectro de referência (PAHs) e um espectro de interesse (galáxias Seyferts).

## 2. METODOLOGIA

O projeto Spitzer/IRS ATLAS (Henán-Caballero & Hatziminaoglou, 2011) disponibiliza dados fotométricos e espectroscópicos de cerca de 750 galáxias, dentre elas existem objetos como Seyferts, AGNs e Starbursts. Neste trabalho foi selecionado 42 galáxias Sy1 e 58 galáxias Sy2 do catálogo Spitzer/IRS ATLAS. Antes de caracterizar as moléculas de PAHs foi utilizado o software PAHFIT para derivar a contribuição dessas moléculas nos espectros das galáxias Seyferts (ver Figura 1).

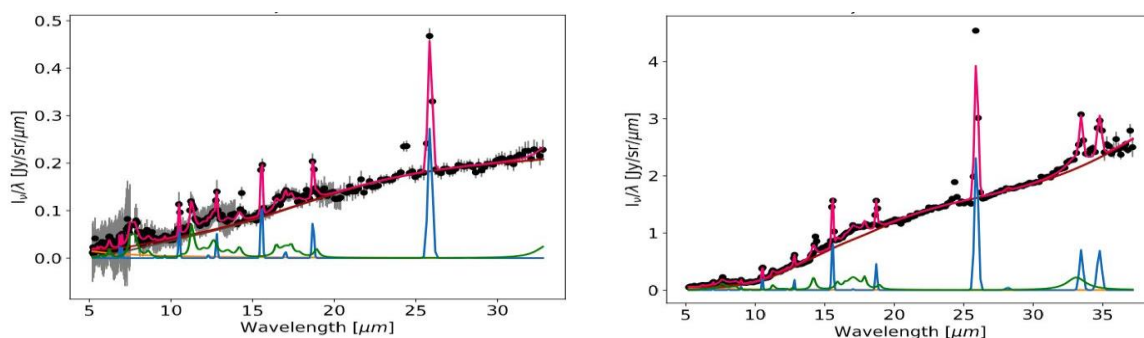


Figura 1 - Galáxia M23334 (Sy1, à esquerda) e galáxia ESO428G14 (Sy2, à direita), ajustadas com o software PAHFIT. Fonte: Os Autores.

Usando os espectros das contribuições espectrais de PAHs de cada galáxia realizado com o PAHFIT foi derivado o ângulo espectral de coincidência de cada galáxia usando a técnica SAM e os dados teóricos das moléculas do projeto Ames NASA *database*. Para isso a contribuição foi determinada através da seguinte equação:

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{\sum_i^n X_i \cdot Y_i}{\sqrt{(\sum_i^n X_i^2) \cdot (\sum_i^n Y_i^2)}}$$

Onde  $\alpha$  é o ângulo formado entre o espectro de referência (Y) e o espectro de interesse (X), sua variação vai de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , sendo  $0^\circ$  correspondendo a máxima coincidência e  $90^\circ$  a mínima coincidência. Diferentemente da técnica de correlação de Pearson, onde a variação é de -1 a 1, a metodologia SAM possui apenas valores positivos, tendo máxima correlação igual a 1 e mínima correlação igual a 0 (ESPINOZA, 2006).

O Ames *database* versão 2.0 (BOERSMA et al. 2014), disponibiliza 700 espectros teóricos de moléculas de PAHs, sendo que a composição das moléculas nesse *survey* variam entre 6 a 300 átomos de carbono. Neste trabalho foi criado 5 classes de moléculas neutras, sendo elas a classe nominada como muito pequenas (com até 15 carbonos), pequenas (16 a 30 carbonos), médias (31 a 90 carbonos), grandes (91 a 150 Carbonos), muito grandes (151 a 300).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise estão presentes na Figura 2, onde foi possível concluir que nossa amostra de galáxias é melhor descrita pelas classes de moléculas pequenas (entre 6 e 30 átomos de carbono). Este fato pode indicar que as galáxias da nossa amostra são constituídas na sua maioria por moléculas muito pequenas (menores que 15 átomos de carbono) e pequenas (16 a 30 átomos de carbono). Esse resultado pode ser resultado do ambiente onde essas moléculas estão localizadas nas galáxias, cujo ambiente possui alto potencial de ionização, entretanto ainda é necessário um estudo mais aprofundado da variação das propriedades físicas das galáxias Seyfert da nossa amostra e sua composição molecular.

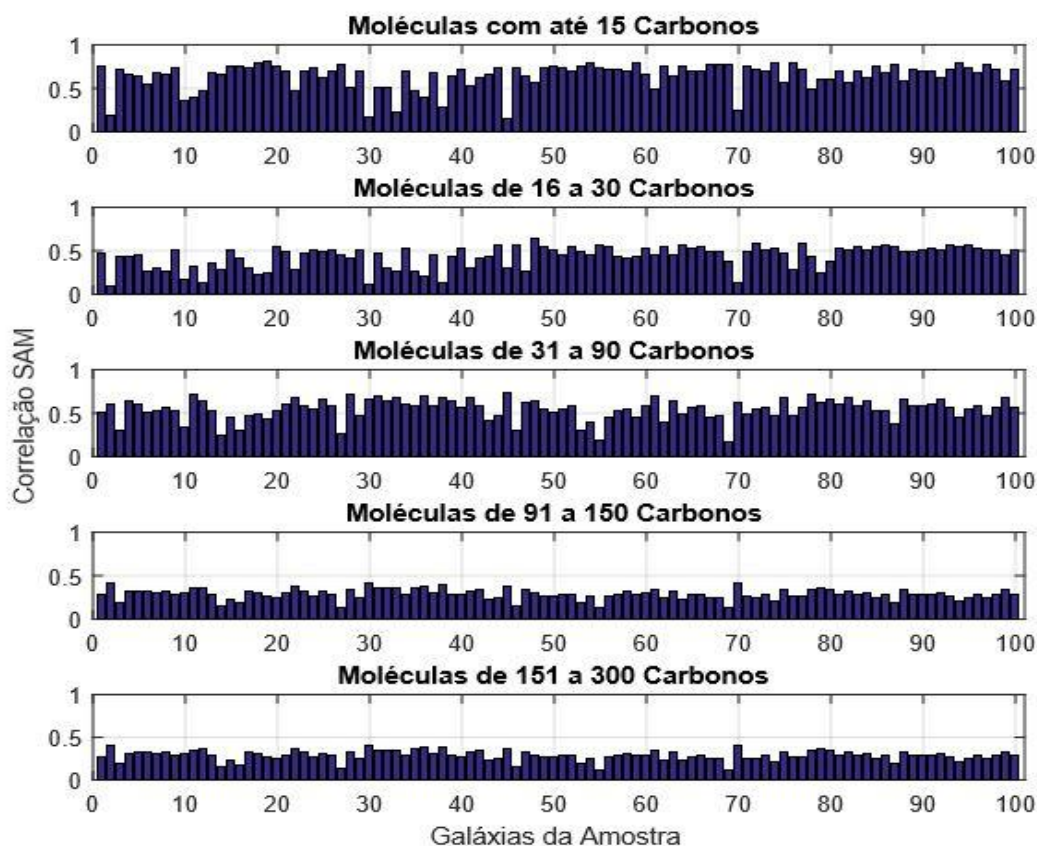


Figura 2 - Resultado do SAM para cada classe de moléculas. Fonte: Os Autores.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise pela técnica SAM mostrou-se robusta, permitindo resultados que são bases para compreensão da composição molecular das galáxias Seyferts. Com os resultados obtidos neste trabalho foi possível estimar os tamanhos predominantes das moléculas de PAHs nessas galáxias. As perspectivas do trabalho são derivar as propriedades predominantes das galáxias e suas correlações com as propriedades das moléculas que as compõem, assim será possível investigar a causa do ambiente em que estas moléculas estão inseridas e suas mudanças devido à origem e intensidade da fonte de ionização.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUDIBERT, Anelise. Testando as propriedades físicas do modelo unificado de galáxias de núcleo ativo. 2015.

BOERSMA, C. et al. The NASA Ames PAH IR spectroscopic database version 2.00: Updated content, web site, and on (off) line tools. **Astrophys. J., Suppl. Ser**, v. 211, n. 1, p. 8, 2014.

ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida. Caracterização espectral das rochas constituintes dos rejeitos de garimpo de pedra ametista-região de Ametista do Sul, Rio Grande do Sul. 2006.

HERNÁN-CABALLERO, Antonio; HATZIMINAOGLOU, Evanthia. An atlas of mid-infrared spectra of star-forming and active galaxies. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 414, n. 1, p. 500-511, 2011.

SALES, Dinalva A. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon in the central region of the Seyfert 2 galaxy NGC 1808. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 429, n. 3, p. 2634-2642, 2013.