

Evolução química de galáxias com o survey CALIFA

Mateus Ferreira Miguel¹ (IC), Oscar Cavichia de Moraes (PQ)¹

¹Universidade federal de itajubá

Palavras-chave: Evolução Química, CALIFA, Galáxias.

Introdução

O estudo da evolução química de galáxias é uma área da astrofísica que visa fornecer informações importantes sobre galáxias, através dela podemos obter informações como a metalicidade, idade e estrutura da galáxia.

Para este trabalho, foi analisada a galáxia NGC4676B que é uma galáxia lenticular na constelação de Coma Berenices é classificada como Lenticular (S0-Aa) de acordo com o Hubble e de Vaucouleurs. O diagrama abaixo mostra uma representação visual da posição do NGC4676B. O intuito principal deste trabalho é estudar a evolução química da NGC4676B através das regiões de HII, que são regiões de formação estelar e definir o gradiente de abundância de oxigênio nela.

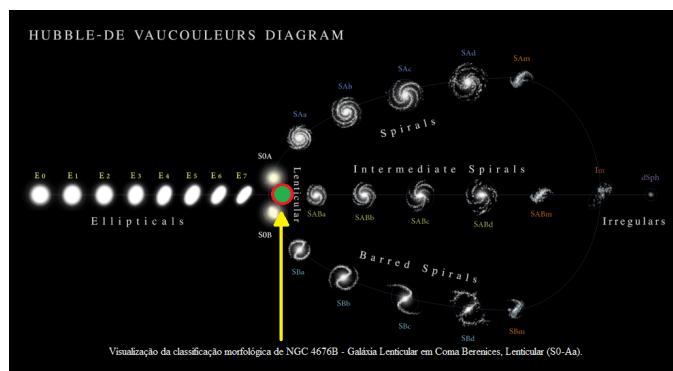


figura 1 - mapa de visualização da morfologia de galáxias.

Metodologia

Inicialmente estabeleceu-se um estudo teórico, realizando a leitura de algumas bibliografias de forma a permitir um melhor entendimento a respeito da evolução de galáxias e sua morfologia (mais especificamente galáxias espirais).

Os livros textos iniciais foram utilizados durante os primeiros meses do início da pesquisa para criar uma base sobre o que seria estudado, os artigos foram utilizados durante todo o período da pesquisa, com reuniões para sanar dúvidas e auxílio no uso das ferramentas utilizadas.

Na análise deste trabalho, foi feita uma separação das regiões de HII através do HII Explorer. Para extrair as informações da cada região HII, foi realizada uma modelagem simples utilizando a ferramenta FIT3D nos espectros subtraídos da população estelar, um pacote de ajuste descrito em Sánchez et al. 2006 e Sánchez et al. 2011.

Resultados e discussão

Nos últimos meses de pesquisa, foram feitos estudos mais profundos sobre a evolução química e sua relação com os gradientes de oxigênio.

Com os resultados obtidos nesse trabalho, foram plotados os gráficos da distribuição espacial das regiões HII, do gradiente de abundância de oxigênio e o diagrama BPT (Baldwin et al. 1981). Através do diagrama BPT, analisando razões de várias linhas de emissão, é expressado empiricamente que determinadas regiões de gases ionizados nas galáxias são causados por regiões HII (onde há formação estelar), por nebulosas planetárias (estágio final de evolução de estrelas gigantes vermelhas) ou por AGNs (Núcleos Ativos de Galáxias).

A **figura 1** mostra o diagrama BPT da galáxia NGC4676B, nele podemos observar duas linhas, a tracejada em azul e a curva sólida em vermelho, são elas as curvas de demarcação de Kewley et al. (2001) e Kauffmann et al. (2003), respectivamente. Os pontos abaixo da linha de Kewley correspondem a regiões de HII. A demarcação exata entre galáxias com formação de estrelas e AGN está sujeita a considerável incerteza. Kewley et al (2001) demonstrou uma combinação de modelos de foto-ionização e síntese de população estelar

para colocar um limite superior teórico na localização de modelos de formação de estrelas nos diagramas BPT.

Na prática, as galáxias com formação de estrelas exibem fortes correlações entre propriedades como parâmetros de ionização e metalicidade, o que faz com que exibam pouca dispersão em torno de uma única relação no diagrama BPT. Podemos notar que há um ponto acima da linha de Kewley (2001), esse ponto nos diz respeito a uma outra galáxia, tendo em vista que a NGC4676B está em interação gravitacional com outra galáxia, podemos então assumir que esse ponto fora da linha de Kewley pode ser relativo ao núcleo de outra galáxia.

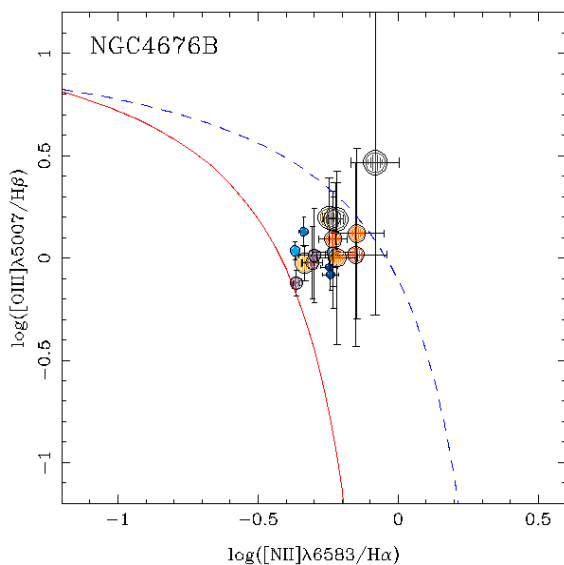


Figura 2 – Diagrama BPT das regiões HII da galáxia NGC4676B.

A figura 3 mostra o gráfico da distribuição espacial das regiões HII da galáxia NGC4676B. As regiões HII são regiões onde há formação estelar, que geralmente estão localizadas nos braços das galáxias.

Os pontos denotados na imagem nos trazem as informações das regiões onde estão localizadas as regiões de HII nos braços da galáxia. A extração desses pontos é parte fundamental no trabalho de análise da evolução química da galáxia através das linhas de emissão dessas regiões, também para determinar seu gradiente de abundância de oxigênio.

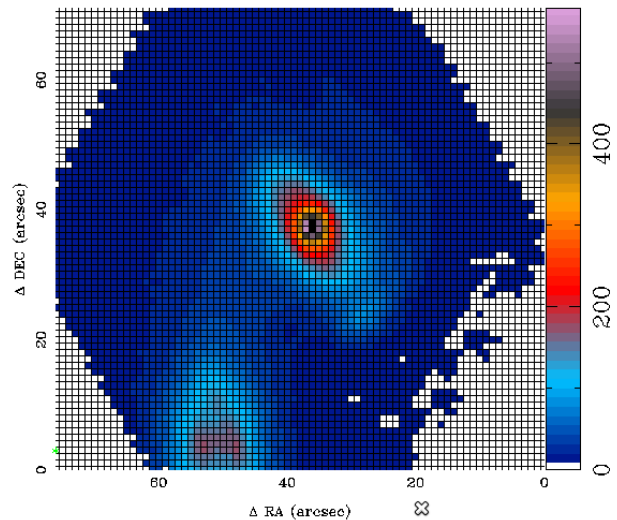


Figura 3 – Distribuição espacial das regiões de H-alpha.

As regiões de H-alpha referem-se a áreas específicas do espectro eletromagnético em que a radiação eletromagnética emitida ou absorvida pelo hidrogênio atômico ocorre a uma frequência específica. Isso é importante na astronomia, especialmente na observação de estrelas, nebulosas, galáxias e outros objetos celestes, porque a radiação emitida nessas regiões do espectro pode fornecer informações valiosas sobre a composição, temperatura e movimento dos objetos astronômicos.

A linha de emissão H-alpha ocorre na parte visível do espectro eletromagnético, em torno de 656.28 nanômetros (nm) ou 6562.8 angstroms (Å). Essa linha é associada à transição de um elétron no átomo de hidrogênio do terceiro nível de energia para o segundo nível de energia. Quando o elétron faz essa transição, ele libera energia na forma de luz na região do H-alpha.

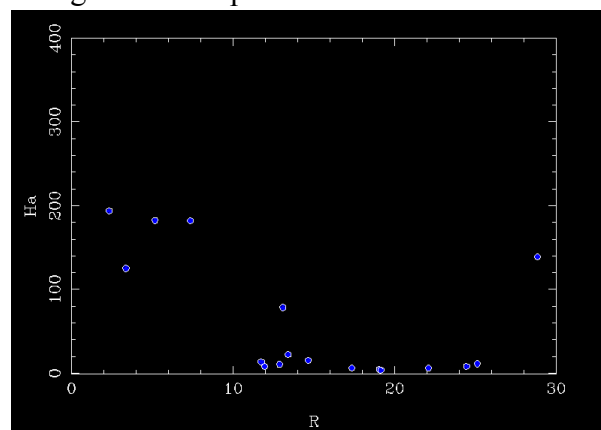


Figura 4 – Distribuição espacial das regiões de H-alpha.

A figura 5 mostra o gráfico do gradiente de abundância de oxigênio da galáxia NGC4676B. Esse gráfico exibe a variação da abundância de oxigênio em função da distância ao centro da galáxia. A abundância de oxigênio é calculada pelo método de linhas fortes O3N2. É um método bastante utilizado para determinar abundância de oxigênio em regiões HII e foi proposto originalmente por Alloin et al. (1979). Seu uso é útil quando se tem espectros que dominam os comprimentos de onda na faixa do visível, já que usa-se linhas como [OIII]5007, Hbeta, [NII]6584 e Halpha em seu diagnóstico.

Podemos observar que a abundância de oxigênio se dá por quase todo o raio da galáxia, sendo mais abundante entre $12'' < r < 16''$, isso nos diz que essa região tem grande indício de formação estelar.

Apesar ter regiões bem espaçadas, isso no diz que a

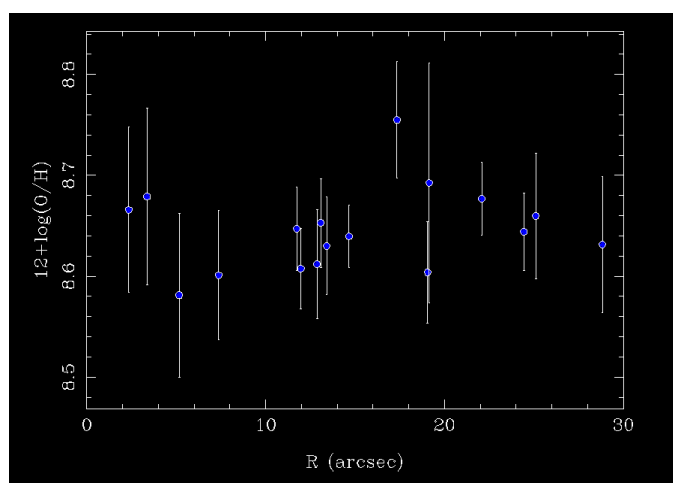


Figura 5 - Gradiente de abundância de oxigênio da galáxia NGC4676B.

Conclusões

A partir do trabalho realizado foi possível compreender a evolução química das galáxias espirais, determinar seus gradientes de abundância e utilizar as ferramentas computacionais propostas no trabalho.

Foi essencial adquirir habilidades na utilização das ferramentas FIT3D e HII EXPLORER, a fim de otimizar os resultados. Dado que a abordagem deste projeto está em conformidade com os modelos existentes na literatura, faz sentido empregar os scripts disponíveis neste estudo para analisar os gradientes de abundância de oxigênio em galáxias espirais dentro do Universo local.

somado a isso. Ter um conhecimento sólido e habilidades na utilização de ferramentas computacionais para analisar cubos de dados, juntamente com uma compreensão profunda dos modelos teóricos subjacentes, são fundamentais para a formação na área da astrofísica.

Agradecimentos

Agradeço ao Doutor Oscar Cavichia de Moraes, professor da Universidade Federal de Itajubá por ter me auxiliado no aprendizado sobre a evolução química de galáxias e por ter me orientado no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também ao financiamento da UNIFEI/UNIÃO com a bolsa de Iniciação Científica durante os doze meses da realização deste trabalho. O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

Referências

KEWLEY, L. J. et al. Theoretical modeling of starburst galaxies. *The Astrophysical Journal*, v. 556, p. 121–140, 7 2001. ISSN 0004-637X. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1086/321545/meta>>.

SÁNCHEZ-MENGUIANO, L. et al. Shape of the oxygen abundance profiles in califa face-on spiral galaxies. *Astronomy Astrophysics*, v. 587, p. A70, 3 2016. ISSN 0004-6361. Disponível em: <<https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2016/03/aa27450-15/a27450-15.html>>

KAUFFMANN, Guinevere et al. The host galaxies of active galactic nuclei. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 346, n. 4, p. 1055-1077, 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/mnras/article/346/4/1055/1062435?login=false>>.

SÁNCHEZ, S. et al. Pipe3d, a pipeline to analyze integral field spectroscopy data: I. new fitting philosophy of fit3d. *Rev. mex. astron. astrofís*, v. 52, p. 21–54, 4 2016. ISSN 0185-1101. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-11012016000100021&lng=es&nrm=iso>.

SÁNCHEZ, S. F. et al. Califa, the calar alto legacy integral field area survey. *Astronomy Astrophysics*, v. 594, p. A36, 10 2016. ISSN 0004-6361. Disponível em:

<<http://www.aanda.org/10.1051/0004-6361/201628661>>.

SÁNCHEZ, S. F. et al. Califa, the calar alto legacy integral field area survey. *Astronomy Astrophysics*, v. 538, p. A8, 2012. ISSN 0004-6361. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2012/02/aa17353-11/aa17353-11.html>.

SÁNCHEZ, S. F. et al. A characteristic oxygen abundance gradient in galaxy disks unveiled with califa. *Astronomy Astrophysics*, v. 563, p. A49, 3 2014. ISSN 0004-6361. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2014/03/aa22343-13/aa22343-13.html>.

SÁNCHEZ, S. F. et al. Integral field spectroscopy of a sample of nearby galaxies. *Astronomy Astrophysics*, v. 546, p. A2, 10 2012. ISSN 0004-6361. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2014/03/aa22343-13/aa22343-13.html>.

CALIFA. CALIFA SURVEY, 2011. Calar Alto Legacy Integral Field spectroscopy Area survey. Disponível em: <https://califa.caha.es/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

PETROPOULOU, V. et al. Spatially resolved spectroscopy and chemical history of star-forming galaxies in the Hercules cluster: the effects of the environment. **The Astrophysical Journal**, v. 734, n. 1, p. 32, 2011. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/734/1/32/meta>>.

KAUFFMANN, Guinevere et al. The host galaxies of active galactic nuclei. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 346, n. 4, p. 1055-1077, 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/mnras/article/346/4/1055/1062435?login=false>>.