GALÁXIAS PECULIARES COM ALTA FORMAÇÃO ESTRELAS: MODELAGEM DO GÁS E ESTUDO DA POPULAÇÃO ESTELAR

Diêgo Oliveira dos Santos¹; Iranderly Fernandes de Fernandes²

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

dos.fis@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: irafbear@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Estrelas Wolf-Rayet, Abundância Química, Espectroscopia, Síntese Estelar.

INTRODUÇÃO

A astronomia ao longo dos séculos foi ganhando seu espaço nas pesquisas desenvolvidas através da observação e desenvolvimento de modelos teóricos, pelas quais, hoje, podemos saber sobre as variadas morfologias de galáxias, uma delas é conhecida como galáxias peculiares e dentre estas existe um grupo chamadas de galáxias aneladas peculiares (GAPs) que nós últimos tempos estar recebendo uma maior atenção.

Este trabalho tem como base o estudo da evolução de galáxias expostas a uma forte perturbação externa devido a: (1) interações de maré; (2) colisões diretas; (3) e fusões entre galáxias. Serão estudadas galáxias Wolf-Rayet próximas que apresentem alguma interação com uma companheira. Estes processos de perturbação criam um ambiente propício para a formação estelar intensa nestas galáxias. Em alguns casos as progenitoras supermassivas de tipo espectral O dão origem a estrelas Wolf-Rayet (WR). São os casos das galáxias MRK309 e MRK475. A presença destas estrelas são traçadores da formação estelar, da função de massa inicial e dos regimes de formação estelar (instantâneo, ou contínuo) nestas galáxias (FERNANDES et al., 2004).

Neste trabalho foi analisada a relação direta que existe entre a população estelar e a fonte de ionização do gás presentes nesta classe particular de objetos. Os espectros das duas galáxias possuem excelente sinal de ruído (nas linhas de emissão). Desta forma, a modelagem da população estelar contará com um suporte observacional que garante a subtração da população estelar que se faz absolutamente necessária para a medida correta das mesmas. Usamos o código de modelagem de populações estelares STARLIGHT (CID FERNANDES et al., 2004). Tal síntese de populações estelares foi feita neste caso para identificar a população estelar dominante na galáxia, bem como para ser posteriormente subtraída do espectro integrado da galáxia para evidenciar as linhas de emissão. Isso permitirá uma medida mais precisa dessas linhas, que serão utilizadas para o cálculo das abundâncias químicas. Isto para os objetos da amostra: MRK309 e MRK475 (Figura 1) observadas no telescópio Palomar. A Tabela 1 mostra os dados dos objetos em estudo. Fizemos uma análise detalhada da população estelar presentes nas galáxias MRK309 e MRK475, de forma empírica para estudar suas propriedades gerais, e em seguida será utilizado o código de síntese. Em sequencia, o gás foi modelado utilizando códigos de fotoionização.

Figura 1: Galáxia MRK309 (à esquerda) e galáxia MRK475 (à direita). As duas figuras mostram o posicionamento da fenda de observação sobre a galáxia e a região de observação coberta (Extraídas do Atlas Virtual Aladin em <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl/>).

Tabela 1: Dados dos objetos da amostra.

Galáxias	α (h:m:s)	δ (°:':")	Tempo Exposição (s)	S/N nas Linha ($\text{\AA}^{-1}$)	PA (°)	Observação	Tipo morfol ógico	D (Mpc)	Escala (PC/arcsec)	Mag (band)
MRK309	22:52:34	24:43:50	2x1500+1800	123/90	140	Palomar	Sa	167.09	810	13.05
MRK475	14:39:05	23:37:28	2x1800	84/70	80	Palomar	BCD	7.96	39	15.46

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA

Os dados espectroscópicos foram obtidos no Observatório Palomar (California, EUA) com o telescópio Hale de 200 polegadas (5.1m e foco f/3.3), como pode ser visto na figura 3, e Dispositivo de Carga Acoplada ou CCD (charge-coupled device) em dois canais: um na região do azul (CCD13) e o outro na região do vermelho (CCD16) especificado na Tabela 2.

Tabela 2: Especificação dos dados dos CCD utilizado no telescópio P200.

CCD	Matriz	Tamanho do Pixel	Ganho	Ruído	Bias	Binning ($H \times V$)
13	2048×2048	24	1.6	6.3	1790	1×1, 1×2, 1×3, 2×1, 2×2, 2×3, 3×1, 3×2
16	1024×1024	24	2.5	8.2	?	1×1, 1×2, 1×3, 2×1, 2×2, 2×3, 3×1, 3×2

Já com os espectros finais (a partir de agora, os espectros que foram extraídos com todas as correções e calibrações, no IRAF, que a partir de agora chamaremos de espectros finais), utilizamos o código de síntese de população estelar STARLIGHT, desenvolvido pelo Cid Fernandes. Para o estudo da população estelar nos objetos da amostra, fizemos os seguintes procedimentos:

Construção da máscara para as intensas linhas de emissão para o espectro observado. Como sabemos, a população estelar contribui, basicamente, no contínuo do espectro e nas linhas de absorção, isto para o espectro da galáxia. Assim, faz-se necessário a construção da máscara, que deverão identificar todas as linhas de emissão possíveis, ou existente, no espectro da galáxia.

Construção das bases de espectros, utilizando as populações estelares simples (que chamamos de SSPs do inglês single stellar population) de González-Delgado et al.

(2005), utilizando as isócronas de Padova (GONZÁLEZ-DELGADO et al., 2005) e Geneva (GONZÁLEZ-DELGADO et al., 2005), que daqui para frente chamaremos de base de Geneva e base de Padova, reciprocamente.

Geneva é uma biblioteca sintética e esta possui cinco metalicidades diferentes, a saber: $Z = 0.001, 0.004, 0.008, 0.020$ e 0.040 . Para as SSPs de Geneva, montamos uma base com apenas três metalicidades ($Z = 0.004, 0.020$, e 0.040), com uma cobertura de 1 Mega anos a 10 Giga anos (a partir de agora chamaremos Mega anos de Myr e Giga anos de Gyr). Pois, consideramos tais metalicidades mais importantes e adequadas para o estudo das WR, que são galáxias que contém uma população estelar mais jovem.

Padova é uma biblioteca, também, sintética que possui apenas três metalicidades diferentes, sendo elas $Z = 0.019, 0.008$ e 0.004 . Para as SSPs de Padova, montamos uma base também com as três metalicidades existentes, com uma cobertura de 4Myr a 17Gyr.

Antes do uso do STARLIGHT fizemos, então, a junção dos espectros da amostra, pois os mesmos foram observados em dois canais, um na região do azul e o outro na região do vermelho, e ainda um ajuste para que os espectros ficassem de 1 em 1Å em comprimento de onda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese da população estelar foi feita usando o STARLIGHT, durante a síntese fizemos diversos testes, dentre estes, observamos que o sigma que melhor representa os dados da amostra é o sigma igual a 5, pois devido ao baixo S/N no contínuo, o STARLIGHT não despreza muito pontos, como pode ser observado na Figura 7. Na mesma figura está disposto o espectro obtido com a SSPs de Geneva, com os espectros observados, o espectro modelado (da população estelar), o espectro residual (espectro observado menos o espectro modelado) e também as linhas de emissão que foram usadas mascaras.

Figura 7: No painel superior encontra-se o gráfico com o espectro observado (em preto) e o espectro modelado (em vermelho), e no painel inferior o espectro residual (espectro observado menos o espectro modelado), gerados a partir das saídas do STARLIGHT utilizando a base com as SSPs de Geneva para a galáxia MRK309.

Para obter uma estimativa do erro introduzido pela qualidade dos espectros, introduzimos erros randômicos nos espectros observados (chamamos de espectros observados, os espectros obtidos a partir das imagens da observação dos objetos, já no

formato de leitura do STARLIGHT) dentro do erro relativo gerado pelo próprio espectro, para produzir cinquenta novos espectros (só apresentamos um como exemplo, para cada objeto da amostra). Isto foi feito para observar se a sensibilidade do STARLIGHT é maior a mudança de base ou ao sinal ruído (S/N). Com os dados gerados a partir da variação do erro dos espectros observados, podemos observar o comportamento das distribuições das idades para os objetos da amostra nas Tabelas 3.

Tabela 8: Percentual médio das idades da população estelar das galáxias MRK309 e MRK475, para as duas bases: Geneva e Padova. Os valores aqui expostos foram obtidos a partir dos 51 espectros.

MRK309			
	Jovem (xy)	Intermediária (xI)	Velha (xo)
Geneva	44,42 ± 2,32	42,04 ± 5,32	13,45 ± 4,31
Padova	51,31 ± 2,11	47,01 ± 4,01	1,68 ± 1,34
MRK475			
	Jovem (xy)	Intermediária (xI)	Velha (xo)
Geneva	67,67 ± 8,81	13,08 ± 4,13	19,30 ± 2,91
Padova	59,91 ± 6,97	17,76 ± 3,67	22,33 ± 1,47

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

A presença de estrelas WR nitrogenadas, WN, foi confirmada na galáxia MRK475 da nossa amostra através do perfil alargado de $\text{HeII}\lambda 4686$. Também a presença de estrelas WR carbonadas (WC), foi observada na galáxia MRK309 de nossa amostra através da medida dos perfis alargados de $\text{CIII}\lambda 5696$, tal que a linha de $\text{CIII}\lambda 5686$ vem de estrelas WR do tipo tardio, WCL. Já o perfil alargado de $\text{CIV}\lambda 5808$ para galáxias MRK475 de nossa amostra. Como se pode observar nos resultados da amostra, para a galáxia MRK309 maior parte das estrelas estão divididas entre as idades jovem e intermediária e uma pequena fração de estrelas velhas. Chamamos a atenção para o fato destes resultados concordarem tanto com a base de Geneva, com um Chi-quadrdo médio de 1,07 e um Adev médio de 3,15, quanto com a base de Padova, com Chi-quadrdo médio de 1,08 e um Adev médio de 3,16, apresentando uma pequena diferença entre os resultados. Para a galáxia MRK475, obtemos uma população também mais jovem e uma porcentagem bem menor mesclada entre estrelas intermediária e velha com um Chi-quadrdo médio de 0,79 e um Adev médio de 12,98 para a base de Geneva e para a base de Padova um Chi-quadrdo médio de 0,78 e um Adev médio de 12,95. Por fim, consideramos o resultado satisfatório, pois os dados da amostra carecem de um S/N (no contínuo) bom, estando em média de 25.

REFERÊNCIAS

- Cid Fernandes, R.; Gu, Q.; Melnick, K.; Terlevich, E.; Terlevich, R.; Kunth, D.; Lacerda, R. R.; Joguet, B. 2004, MNRAS, 355, 273.
- Fernandes, I. F.; Carvalho, R.; Contini, T.; Gal, R. R. 2004, MNRAS 355, 728.
- González-Delgado, R. M.; Cerviño, M.; Martins, L. P.; Leitherer, C.; Hauschildt, P. H. 2005, MNRAS, 357, 945.