

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

Diêgo Oliveira dos Santos¹; Iranderly Fernandes de Fernandes²; Eduardo Brescansin de Amôres³; Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bacharelado 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
3. Coorientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ebamores@uefs.br; paulopoppe@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: galáxias Wolf-Rayet, síntese de população estelar, formação estelar.

INTRODUÇÃO

A astronomia ao longo dos séculos foi ganhando seu espaço nas pesquisas desenvolvidas por meio da observação, pelas quais podemos hoje saber sobre as variadas morfologias de galáxias. As Galáxias Aneladas Colisionais, são galáxias cuja morfologia pode ter sido gerada por interação gravitacional apresentando uma estrutura com núcleo fora do centro, distorcida, anelada, etc.

Estudos demonstram que estas galáxias podem ter sido expostas a uma forte perturbação externa devido a: (1) interações de maré (uma galáxia passa próximo a outra, causando um efeito gravitacional), (2) colisões diretas (uma galáxia atravessa a outra, segundo uma seção eficaz de impacto) e (3) fusão entre galáxias (na qual duas galáxias são combinadas em um único objeto). As mesmas são conhecidas como Galáxias Aneladas Peculiares (GAPs). Acredita-se que estes processos de perturbação comprimem o gás e a poeira para criar estrelas, constituindo assim novos lugares de formação estelar (Fernandes et al., 2004).

O estudo de galáxias Wolf-Rayet visa entender o processo de formação e evolução estelar nas mesmas. A formação estelar poder ser contínua ou instantânea (*burst*), dependendo da massa de gás formadora das estrelas que é expressa pela função de massa inicial e seu coeficiente. Na região central a formação estelar é maior, no entanto, a massa das estrelas é menor (Maeder e Conti, 1994; Maeder e Meynet, 1994).

Na região nuclear o gás é mais processado pelas estrelas, e tem uma maior quantidade de metais. Diferentemente das regiões mais externas onde o gás é mais puro, ou seja, menos contaminado por esses metais (Osterbrock et al., 2006). Isso determina a massa das estrelas Wolf-Rayet (WR). Estrelas muito massivas (300 massas solares) se formam nas regiões externas e dão origens as Wolf-Rayet Nitrogenadas (WRN). Enquanto que nas regiões centrais são formadas as Wolf-Rayet Carbonadas (WRC), das estrelas de classe O e B menos massivas (Fernandes et al., 2004).

Comparando a quantidade de estrelas de cada subtipo espectral da WR com a abundância química do meio onde as mesmas se formam é possível determinar o regime de formação estelar. Em geral, estas estrelas são formadas em surtos de formação estelar e podem, ainda, ser formadas, dependendo da abundância do meio, em um regime contínuo. Lembrando que a abundância química está relacionada com a função de massa inicial, ou seja, os limites de massa que uma estrela pode ser formada (Kobulnicky et al., 1999).

Neste período da bolsa de iniciação científica (PIBIC/CNPq), foi realizado o estudo e a síntese da população estelar utilizando o STARLIGHT (Cid Fernandes et al., 2004a). Tal síntese das 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 permite uma medida mais precisa dessas

linhas, que serão utilizadas para o cálculo das abundâncias químicas. Isto para os objetos da amostra: UM48 e NGC450, Figura 1 a) e b) respectivamente, observadas no telescópio Palomar.

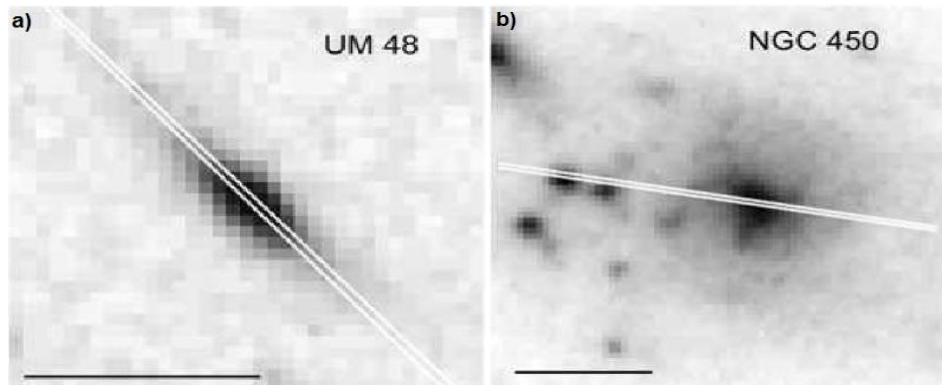


Figura 1: a) Galáxia UM48 e b) Galáxia NGC450. Todas as figuras mostram o posicionamento da fenda de observação sobre a galáxia e a região de observação coberta (Extraídas do Atlas Virtual Aladin em <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl/>).

MATERIAIS E MÉTODO

Com as imagens obtidas no Observatório Palomar (Califórnia, EUA) com o telescópio de 200 polegadas (5.1m e foco f/3.3) e Dispositivo de Carga Acoplada ou CCD (charge-coupled device) em dois canais: um na região do azul (CCD14) e o outro na região do vermelho (CCD21) especificado na Tabela 1.

Tabela 1: Especificação dos dados dos CCD utilizado no telescópio P200.

CCD	Matriz	Tamanho do Pixel	Ganho	Ruído	Bias	Binning (H×V)
14	1024×1024	24	2.13	8.6	1100	1×1, 1×2, 1×3, 1×4, 2×1, 2×2, 2×3, 2×4
21	1024×1024	24	2.0	7.5	5000	1×1, 1×2, 1×3, 2×1, 2×2, 2×3, 3×1, 3×2

Para deixar as imagens devidamente corrigidas e assim extrair os espectros, fizemos a utilização do pacote de processamento de dados e imagens astronômicas IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). Já com os espectros finais (a partir de agora, os espectros que foram extraídos com todas as correções e calibrações, no IRAF, 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:

1. Construção da máscara para as intensas linhas de emissão para o espectro observado.
2. 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.
 - a. Para as SSPs de Geneva, montamos uma base com três metalicidades ($Z=0.004, 0.020, \text{ e } 0.040$), 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).
 - b. Para as SSPs de Padova, montamos uma base também com três metalicidades ($Z=0.019, 0.008 \text{ e } 0.004$), com uma cobertura de 4 Myr a 17 Gyr.
3. 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 1 Å em comprimento de onda. Para tanto utilizamos o IDL versão 7.1.

4. Por fim, realizamos diversos testes utilizando o STARLIGHT para uma melhor compreensão sobre os parâmetros que apresentam maior influência.

RESULTADOS

Utilizando o pacote STARLIGHT fizemos diversos testes. Observamos que o sigma que melhor representa os dados da amostra é o igual a 5, devido a baixa razão sinal-ruído (S/N) no contínuo. Utilizando este valor de ajuste o STARLIGHT não despreza muito pontos, como pode ser observado na Figura 2.

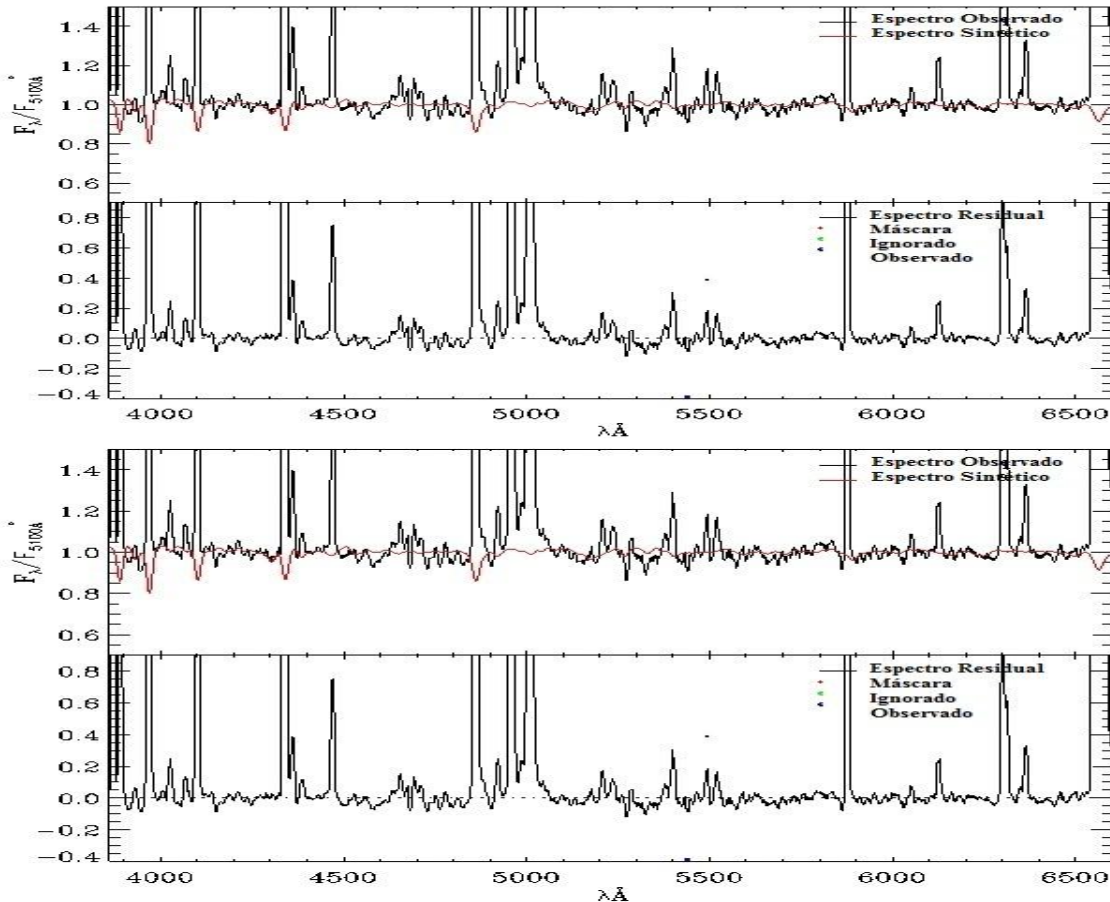


Figura 2: Gráfico com os espectros: observado e modelado, e com a população estelar da galáxia NGC450 abertura 1, gerado a partir das saídas do STARLIGHT utilizando a base com as SSPs de Geneva e Padova, respectivamente.

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. Isso nos forneceu cinquenta novos espectros (só apresentamos um como exemplo), com os quais foi possível observar se a sensibilidade do STARLIGHT é maior a mudança de base ou ao S/N. Os resultados para a galáxia NGC450 abertura 1 pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Percentual médio das idades da população estelar da galáxia NGC450 abertura 1 (primeiro pico), obtidos a partir dos 51 espectros.

NGC450a1			
	Jovem (xy)	Intermediária (xI)	Velha (xo)
Geneva	87,66 ± 8,30	0	12,34 ± 8,30
Padova	71,45 ± 6,64	0	28,55 ± 6,64

Com os dados gerados a partir da variação do erro dos espectros observados, podemos analisar o comportamento das distribuições das idades para a galáxia na Tabela 2. Na Figura 3, pode-se observar em mais detalhe tal comportamento.

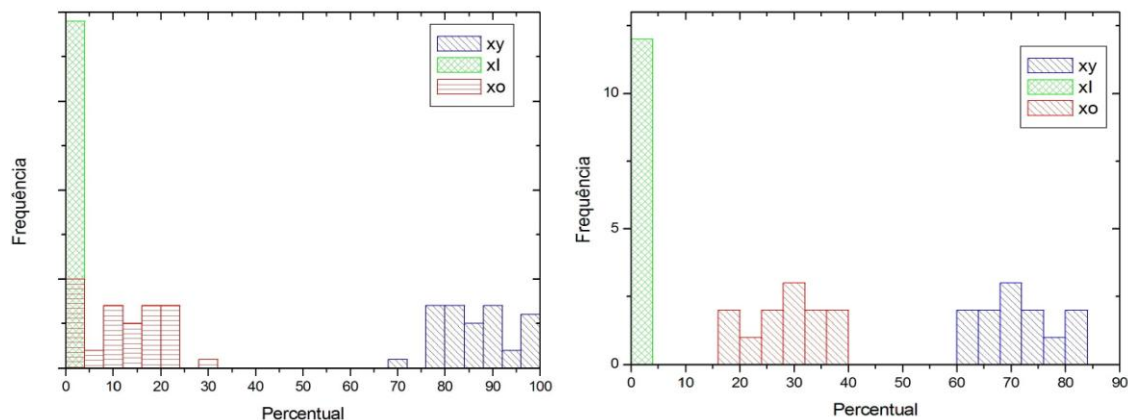


Figura 3: Histogramas construídos a partir das porcentagens das idades da população estelar da NGC450 abertura 1, obtidas com os dados da base de Geneva (à esquerda) e de Padova (à direita).

CONCLUSÃO

Como se pode observar nos resultados da amostra, para a galáxia UM48 maior partes das estrelas estão divididas entre as idades jovem, 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-quadrado (dispersão) médio de 1,07 e um Adev (desvio percentual entre a observação e o modelo) médio de 3,15, quanto com a base de Padova, com Chi-quadrado médio de 1,08 e um Adev médio de 3,16; apresentando uma pequena diferença entre os resultados.

Para a galáxia NGC450 abertura 1 (pico central), observa-se que praticamente toda a população desta região central é uma população jovem tanto para a base Geneva, com um Chi-quadrado médio de 0,92 e um Adev médio de 5,83, como para a base de Padova, com Chi-quadrado médio de 0,90 e um Adev médio de 5,77. Para a abertura 2 (segundo pico, região pouco afastada do pico central), obtemos uma população também mais jovem e uma porcentagem bem menor mesclada entre estrelas intermediária e velha com um Chi-quadrado médio de 0,79 e um Adev médio de 12,98 para a base de Geneva e para a base de Padova um Chi-quadrado médio de 0,78 e um Adev médio de 12,95. Já para a abertura 3 (região mais periférica), um maior percentual da população mesclada entre estrelas intermediárias e velha com um Chi-quadrado médio de 1,02 e um Adev médio de 7,07 para a base de Geneva e para a base de Padova um Chi-quadrado médio de 0,97 e um Adev médio de 7,06. Este resultado era teoricamente esperado por se tratar de uma região periférica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cid Fernandes, R.; Gu, Q.; Melnick, K.; Terlevich, E.; Terlevich, R.; Kunth, D.; Lacerda, R. R.; Joguet, B. 2004a, MNRAS, 355, 273
- Fernandes, I. F.; Carvalho, R.; Contini, T.; Gal, R. R. 2004, MNRAS 355, 728-746.
- González-Delgado, R. M.; Cerviño, M.; Martins, L. P.; Leitherer, C.; Hauschildt, P. H. 2005, MNRAS, 357, 945
- Kobulnicky H. A.; Kennicutt R. C. Jr.; Pizagno J. L. 1999, ApJ, 514, 544.
- Maeder A.; Conti P. S. 1994, ARA&A, 295, 171.
- Maeder A.; Meynet G. 1994, A&A, 287, 816.
- Osterbrock, D. E.; Ferland, G. J. 2006, Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei. 2nd ed.