

ESTUDO ESPECTROSCÓPICO DA GALÁXIA ANELADA NGC7715

Rennan Vieira de Souza Rocha¹ ; Iranderly Fernandes de Fernandes² ; Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsista FAPESB, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: nanarrocha@hotmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: irafbear@gmail.com
3. Participante do Projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Galáxias aneladas, Abundância química, Formação estelar.

INTRODUÇÃO

Este trabalho está direcionado à estudar processos que são relativos a evolução química e estelar das galáxias causados por interações gravitacionais, colisões e fusões. O mesmo está focado no estudo espectroscópico da Galáxia Anelada Peculiar NGC7715 que apresenta a assinatura espectral da presença de estrelas Wolf-Rayet (WR). Tais estrelas têm como progenitoras estrelas tipo O de alta massa. As WR são traçadores dos processos de formação estelar em galáxias e podem diferenciar os regimes de formação estelar pelas quais as galáxias passaram (formação instantânea ou contínua de estrelas). Além disto, esta galáxia apresenta características morfológicas que a classificam como galáxia anelada mostrando que a mesma sofreu interações de maré que começaram a comprimir o gás e a poeira para criar estrelas.

A Galáxia Anelada Peculiar NGC7715 reúne duas características raras em galáxias que são excelentes laboratórios para o estudo da formação de estelar. Desta forma, será possível estudar o efeito da interação gravitacional e as diferentes idades das componentes estelares além da química do gás.

METODOLOGIA

As imagens estudadas neste trabalho foram obtidas no Observatório Palomar, localizado na Califórnia, EUA, por meio do telescópio de 200 polegadas (5.1m e foco f/3.3) e do Dispositivo de Carga Acoplada ou CCD (*Charge-Coupled Device*) em dois canais: um na região do azul e o outro na região do vermelho.

Para análise e redução dos espectros ópticos das galáxias, foi utilizado o pacote IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*, <http://iraf.noao.edu/>, Valdes 1986), que consiste de uma ampla coleção de tarefas para uso geral em redução e análise de dados astronômicos (fotométricos ou espectroscópicos). Para iniciar o trabalho foi feita a identificação e retirada das regiões de *bad columns*, fazendo o corte e alinhamento das imagens que foram analisadas visualmente e definiu-se a área de interesse para obtenção das medidas espectrais. Fez-se a limpeza dos dados retirando *bias*, *flat* e *overscan*; neste passo do processo foram subtraídas todas as imperfeições das imagens e calibradas as mesmas com os arquivos obtidos no telescópio pra este fim. Após obter o conjunto de estrelas no telescópio, obtém-se a curva de sensibilidade da estrela padrão para que seja possível realizar a calibração em fluxo que será utilizada para ajuste dos espectros das galáxias.

Obtém-se o espectro das lâmpadas monocromáticas para reconhecimento dos comprimentos de onda no referencial inercial da Terra e para o ajuste e identificação das linhas das galáxias, com isso corrigiu-se a dispersão dos comprimentos de onda. As estrelas padrões (Landolt, 1992) observadas na mesma noite dos espectros das galáxias, foram utilizadas para calibrar os espectros extraídos em fluxo, criando-se uma curva de sensibilidade para ser usada como referência na calibração em fluxo. Então mediu-se os comprimentos de onda do espectro da galáxia NGC7715.

Em seguida extraiu-se o espectro obtido no telescópio Palomar da galáxia para que fossem medidas as linhas espectrais e os parâmetros físicos. No nosso estudo uma boa extração da galáxia NGC7715 requer cuidado já que a mesma, por possuir interação com a NGC7714, apresenta uma região de ponte muito tênue. Isto implica em baixo sinal para esta parte específica da observação. Uma extração mal feita comprometeria todo o desenvolvimento do trabalho.

O passo seguinte constituiu na correção de deslocamento para o vermelho (*redshift*), calculando o deslocamento Doppler obtido da diferença entre o comprimento de onda observado na galáxia e o medido na Terra. Além disso, foi feita a correção de avermelhamento, ou seja, corrigindo a perda de fluxo no vermelho devido à poeira. Essa correção está apresentada na Tabela 1 para cada uma das galáxias.

Tabela 1: Fluxo corrigido e largura equivalente das linhas em emissão.

	NGC7714	NGC7715
[O II] λ 3727	1972 \pm 8	2107 \pm 10
[Ne III] λ 3869	94 \pm 3	280 \pm 4
HY	473.4 \pm 3.7	469.9 \pm 4.4
[O III] λ 4363	13.6 \pm 4.2	39.3 \pm 4
He I λ 4471	38.4 \pm 3.5	46 \pm 4
[Fe III] λ 4656	33 \pm 5	28 \pm 9
He II λ 4686	6 \pm 1	4 \pm 4
[Ar IV] λ 4711	-	22 \pm 7
[Ar IV] λ 4740	-	-
He I λ 4922	-	12 \pm 4
[O III] λ 4959	489 \pm 40	1180 \pm 6
[O III] λ 5007	1563 \pm 140	3529 \pm 14
[N I] λ 5199	18 \pm 4	-
[Fe III] λ 5271	27 \pm 4	23 \pm 4
[Cl III] λ 5518	8 \pm 4	-
[Cl III] λ 5538	8 \pm 4	-
[N II] λ 5754	10 \pm 3	11 \pm 10
He I λ 5876	125 \pm 3	117 \pm 3
[O I] λ 6300	45 \pm 4	46 \pm 4
[S III] λ 6313	8 \pm 4	15 \pm 4
[O I] λ 6364	14 \pm 6	16 \pm 4
[N II] λ 6548	363 \pm 4	131 \pm 4
Hα	2832 \pm 123	2872.2 \pm 12
[N II] λ 6584	925 \pm 5	334 \pm 4
EW(HY) (Å)	12.13 \pm 0.08	68.88 \pm 0.57
EW(Hβ) (Å)	32.99 \pm 0.10	191.30 \pm 0.72
EW(Hα) (Å)	98.49 \pm 0.63	12.00 \pm 0.01
EWabs (Å)	-1.44	-0.18
F(Hβ) 10-14 erg s⁻¹ cm⁻²	86.19 \pm 0.32	7.79 \pm 0.03
E(B - V)	0.52	0.40
E(B - V) abs	-0.029	-0.014
Linhas de Emissão		

Largas		
N III $\lambda 4640$	40 \pm 9	-
He II $\lambda 4886$	23 \pm 10	54 \pm 14
C III $\lambda 5696$	5.0 \pm 0.6	-
C IV $\lambda 5808$	34 \pm 14	-
EW $\lambda 4640$ (Å)	1.42 \pm 0.25	-
EW $\lambda 4686$ (Å)	0.60 \pm 0.27	10.34 \pm 2.92
EW $\lambda 5696$ (Å)	0.22 \pm 0.003	-
EW $\lambda 5808$ (Å)	1.78 \pm 0.08	-

É preciso ressaltar que foi feita a medida das linhas nebulares estelares em emissão e o estudo da razão das mesmas, para determinação dos parâmetros físicos, tais como: abundância química e fonte de ionização (*AGN* ou *STARBURST*).

O oxigênio é o elemento mais abundante depois do hidrogênio e do hélio sendo usado como estimador de abundancia química do gás (Kobulnicky et al. 1999). Mediram-se as linhas de recombinação de hidrogênio e a linha colisional [OII] $\lambda 3727$ para obter as taxas de formação estelar e abundância química nas estrelas dos diversos subtipos. Essas taxas foram tabeladas e são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Temperatura e abundância química do gás obtidas dos íons de oxigênio.

	R Ramo	T _e	R ₂₃	N2O3	R ₃	R ₂₃ Pilyugin	R ₃ Pilyugin	Adopted	Δ Max	Literatura
NGC7714	Lower	7.92 \pm 0.13	7.62	8.64	7.15	7.26	6.81	7.92 \pm 0.13	1.83	8.52
NGC7715	Lower	8.01 \pm 0.05	8.03	8.23	7.68	7.72	7.30	8.01 \pm 0.05	0.95	8.15

Para o estudo da população estelar presente nas galáxias, foram empregadas as linhas de hidrogênio e as linhas de emissão largas das provenientes assinaturas espectrais da presença de estrelas WR (Fernandes et al. 2004). As intensidade da linha de hidrogênio H α fornecem uma estimativa da quantidade de estrelas tipo O progenitoras das WR. O perfil de linhas largas centrado no HeII $\lambda 4656$ é mostrado na Figura 1 e fornece a estimativa de estrelas WR ricas em nitrogênio (WRN).

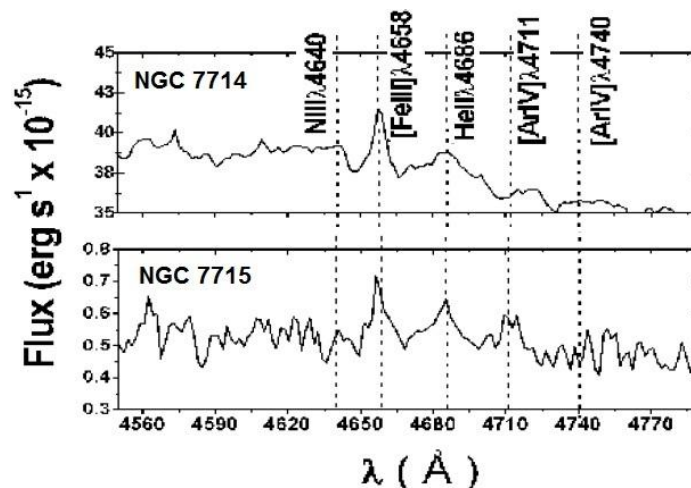


Figura 1: Região espectral mostrando a região das linhas de HeII $\lambda 4658$.

O estudo da população estelar juntamente com a abundância química do gás permitirá traçar a história da formação estelar nas galáxias estudadas. Desta forma, será possível dizer se o conjunto de estrela característico destes objetos se formou de maneira instantânea ou paulatinamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados obtidos estão sumarizados abaixo:

1) A presença de estrelas Wolf-Rayet nitrogenadas, WRN, foi confirmada na galáxia NGC7715 por meio do perfil alargado de $\text{HeII}\lambda 4686$. A presença de estrelas WRC, foi também foi confirmada pela presença de $\text{CIV}\lambda 5696$ e $\text{CIII}\lambda 5808$ com perfil largo, essa quantidade é apresentada na Tabela 2. O perfil das linhas $\text{CIV}\lambda 5686$ é proveniente de estrelas WR carbonadas de tipo tardio, WCL.

Tabela 2: Número de estrelas WR e tipo espectral O

	N_{WNL}	N_{WCL}	N_{WCE}	N_{WR}	N_o	N_{WR}/N_o^*	$N_{\text{WC}}/N_{\text{WN}}^*$
NGC7714	1958±1288	872±18	1605±883	5302±2277	44352±2655	0.13±0.04	0.88±0.31
NGC7715	450±255	-	-	453±255	3278±357	0.15±0.04	-

2) Os parâmetros físicos do gás da região emissora que obtidos empiricamente foram a abundância de oxigênio, a taxa de formação estelar e a idade do surto de formação estelar. A abundância química de oxigênio O/H foi obtida empregando 3 métodos diferentes de acordo com a disponibilidade de linhas espectrais em emissão de cada espectro das galáxias. Em especial a linha fraca [OIII] $\lambda 4363$ de difícil detecção por ser sensível a metalicidade do gás emissor. As abundâncias encontradas se distribuíram dentro do intervalo de abundância do gás $7.89 < 12 + \log(\text{O}/\text{H}) < 8.00$.

3) A taxa de formação estelar foi obtida por meio da luminosidade das linhas em emissão de [OII] $\lambda 3727$ e $\text{H}\beta$. A comparação entre as taxas de formação estelar para os objetos com distâncias superiores a 20 Mpc mostra boa concordância entre os resultados obtidos por meio dos dois indicadores.

4) As idades dos surtos de formação estelar e conseqüentemente da população estelar jovem nesta galáxia foram obtidas por meio da largura equivalente da linha em emissão $\text{H}\beta$. Foi empregada a relação empírica do alargamento da linha de recombinação do hidrogênio com a idade do aglomerado ionizante e a abundância química do gás. Esse período vai de 3.7 a 5.4 milhões de anos, quando as estrelas WRC tendem a desaparecer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim da pesquisa é possível definir que a galáxia NGC7715 é uma galáxia com interação. Esta, além de caracterizada como WR pode ser classificadas morfologicamente como peculiares (aneladas, com interação, canibais). A galáxia NGC7715 e NGC7714 formam um par em interação.

Modelos de evolução estelar massiva prevêm que o número relativo de estrelas WR aumenta quando aumenta a metalicidade (Maeder & Meynet 1994, SV98). Nossos resultados não confirmam esta tendência. A discordância parcial entre os nossos resultados e os modelos podem surgir a partir de grandes incertezas na luminosidade de uma estrela WR e as incertezas associadas a melhor escolha da contribuição dominante de um subtipo de estrela WR no regime de alta metalicidade.

REFERÊNCIAS

- Landolt, A.U. 1992, *Broadband UBVRI photometry of the Baldwin-Stone Southern Hemisphere spectrophotometric standards*. AJ, 104, no. 1, p. 372-376.
- Maeder, A. & Meynet, G., 1994, A&A 287, p. 816.
- Valdes F. 1986, *Reduction of long slit spectra with IRAF*. IN: Instrumentation in astronomy VI; Proceedings of the Meeting, Tucson, AZ. Part 2 (A87-36376 15-35). Bellingham, WA, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 749-756.