

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

ESPECTROSCOPIA DE NÚCLEOS DE GALAXIAS COM
BAIXA ATIVIDADE E [NII] INTENSO*

Thaís Storchi Bergmann

Tese realizada sob a orientação da Dra. Miriani G. Pastoriza, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento final dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Ciências

Declara: EM 12/11/95
2. (1995)

*Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)

Astrônoma visitante, "Cerro Tololo Inter-American Observatory, National Optical Astronomy Observatories", operado pela "American Association of Universities for Research in Astronomy", Chile

Porto Alegre
1987

AGRADECIMENTOS

a Miriani G. Pastoriza, pela orientação, apoio e por ter me ensinado muito

a Renan Bergmann, Bruno e Frederico Storchi Bergmann, pelo amor e apoio, em todas as horas

ao Observatório Inter-Americano de Cerro Tololo, pelo uso dos telescópios e computadores, que permitiram a obtenção e redução dos dados observacionais deste trabalho

a Charles Bonatto, cujos programas de computador permitiram a obtenção da maior parte dos resultados

a Jorge R. Ducati, pelo apoio, incentivo e por ter assumido a disciplina que eu deveria ministrar neste semestre

a Horácio Dottori, por valiosas sugestões

a Alex Schmidt, cujo programa SPEED-87 permitiu a obtenção de parte dos resultados

a S. O. Kepler, pelo incentivo, apoio e revisão do manuscrito

a Silvia H. B. Livi, por ter assumido a disciplina que eu deveria ministrar no primeiro semestre

a Flávio Elizalde, pela ajuda com os gráficos, tabelas e na fase final de impressão da tese

a Claudio Bevilaqua, pelas fotografias

a Claudia Winge, pela ajuda com as tabelas

a Iria e Dinarte Storchi, pelo apoio

a Mario N. Baibich, pelo apoio

a Sandra Fontana, pelo apoio

aos demais colegas do Departamento de Astronomia, professores e funcionários do Instituto de Física que, de uma forma ou de outra, contribuíram para realização deste trabalho

a Rosane S. Pozyomyck, pelo incentivo

RESUMO

São investigadas as características do espectro de emissão e absorção de seis galáxias com núcleos ativos que apresentam linhas de emissão de nitrogênio ionizado ([NII]) muito intensas. Em diagramas de diagnóstico de atividade nuclear envolvendo as linhas de emissão dos íons [OIII], [OIII] e H β , quatro destas galáxias se localizam na região ocupada por núcleos Seyfert 2 de baixa atividade e duas na região ocupada por LINERS. Porém, quando se considera as linhas do [NII], se afastam para uma posição extrema, devido a alta intensidade destas linhas.

A partir da decomposição dos perfis das linhas de emissão, verifica-se que as quatro galáxias com atividade tipo Seyfert 2 apresentam duas regiões com diferentes propriedades cinemáticas: uma região mais interna, de alta turbulência (600 km/s) e uma mais externa, com menor velocidade de turbulência (300 km/s). Em duas destas foi detectado fluxo radial do gás de alta velocidade de turbulência; para NGC1386 o desvio da componente larga e para o vermelho. Para as galáxias com atividade tipo LINER, os perfis das linhas de emissão apresentam só uma componente.

A análise do espectro de absorção indica a ocorrência de formação estelar no núcleo de NGC7743, havendo indícios de que em outras duas galáxias isto também esteja ocorrendo, porém com menor intensidade. A classificação das galáxias como Seyferts 2 ou LINERS,

a obtenção de larguras equivalentes menores do que as de galáxias normais e as emissões em raios-X detectada para NGC1358 e NGC6300 e no infravermelho para NGC3312, NGC6300 e NGC7743, indicam a presença de um contínuo ionizante não-térmico.

A comparação das intensidades das linhas de emissão com valores fornecidos por modelos de fotoionização indica a presença de um contínuo não-térmico tipo lei de potência com índice espectral de 1.5, parâmetro de ionização entre E-4 e E-3, densidade de E+2 para a região das linhas estreitas e E+4 para a região das linhas largas.

Embora os modelos reproduzam bem os valores das intensidades das linhas do [OIII], [OIII] e [SII], eles falham em reproduzir as intensidades das linhas do [NII], que apresentam valores sempre mais altos do que os dos modelos. Conclui-se que este resultado indica uma sobre abundância de nitrogênio em relação aos demais elementos pesados no núcleo destas galáxias.

ABSTRACT

The characteristics of the nuclear spectrum of 6 galaxies with low activity and strong lines of ionized nitrogen are investigated. In the diagnostic diagrams involving lines of [OII], [OIII], and H β , 4 of these galaxies occupy the locus defined by low activity Seyfert 2 galaxies and the other two, the locus of the LINERS. But, in the diagrams involving the [NII] lines, these galaxies move to an extreme position, due to the high intensities of these lines.

From the decomposition of the emission profiles, it was found that the four galaxies with Seyfert 2 activity present two regions with distinct kinematic properties: an internal region, highly turbulent (FWHM of 600 km/s), and an external region, with lower turbulence (300 km/s). For two of these galaxies, it was detected a radial flow of the higher turbulence gas, and for one of these, this flow moves the broad component to the red. The two galaxies with LINER spectra show only one component in the emission lines.

The analysis of the absorption spectra showed the presence of stellar formation in the nucleus of NGC7743, and possibly in two other galaxies, although with lower intensity. The equivalent widths of the absorption lines of most of the galaxies are lower than the values obtained for normal galaxies. From the literature, it was found that NGC1358 and NGC6300 were detected in X-rays and

NGC3312, NGC6300 and NGC7743 were detected in the infrared by the IRAS satellite. These facts indicate the presence of a non-thermal ionizing continuum in the nucleus of these galaxies.

Comparing the intensities of the emission lines with values predicted by photoionization models, it is shown that the best agreement is obtained for the following model parameters: power-law ionizing source with spectral index of 1.5; ionization parameter between $E-4$ and $E-3$ and gas density of $E+2$ for the narrow line region and $E+4$ for the broad line region.

Although the models reproduce the intensities observed for the lines [OIII], [OIII] and [SII], they fail to reproduce the [NII] intensity, which is always higher than the model values. It is concluded that there is an overabundance of nitrogen relative to the other heavy elements in the nucleus of these galaxies.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - SELEÇÃO DOS OBJETOS E DADOS DA LITERATURA.....	1
2.1 - Seleção dos objetos e informações gerais.....	1
2.2 - Apresentação dos objetos estudados em detalhe...5	
2.2.1 - NGC1358.....	5
2.2.2 - NGC1386.....	6
2.2.3 - NGC3312.....	7
2.2.4 - NGC3521.....	8
2.2.5 - NGC4941.....	9
2.2.6 - NGC6300.....	9
2.2.7 - NGC7743.....	10
3 - OBSERVAÇÕES, REDUÇÕES E MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....	18
3.1 - Observações e reduções.....	18
3.1.1 - Resolução espectral.....	18
3.1.2 - Dados sobre os espectros obtidos.....	22
3.1.3 - Reduções.....	23
3.2 - Correções e análise dos espectros.....	24
3.2.1 - Correção por avermelhamento.....	25
3.2.2 - Correção por redshift.....	26
3.2.3 - Correção do espectro de NGC 3521.....	26
3.3 - Análise dos espectros.....	27
3.3.1 - Espectro de absorção - Cálculo das larguras equivalentes.....	27
3.3.2 - Subtração de componente estelar.....	31
3.3.3 - Linhas de emissão.....	32
3.4 - Métodos para avaliação dos erros.....	33
4 - RESULTADOS.....	35
4.1 - Velocidades radiais e distâncias.....	35

4.2 -	Parâmetros obtidos do ajuste de gaussianas as linhas de emissão e absorção.....	37
4.2.1 -	NGC1358.....	41
4.2.2 -	NGC1386.....	44
4.2.3 -	NGC3312.....	48
4.2.4 -	NGC4941.....	50
4.2.5 -	NGC6300.....	53
4.2.6 -	NGC7743.....	55
4.2.7 -	NGC8521.....	60
4.3 -	Ajuste de gaussianas as linhas de emissão das outras galáxias observadas.....	60
4.4 -	Larguras equivalentes dos espectros estelares..	64
5 -	ANÁLISE DOS PERFIS DAS LINHAS DE EMISSÃO.....	71
5.1 -	Análise dos perfis de cada galáxia - Condições cinematicas	73
5.1.1 -	NGC1358.....	73
5.1.2 -	NGC1386.....	74
5.1.3 -	NGC3312.....	77
5.1.4 -	NGC4941.....	77
5.1.5 -	NGC6300.....	79
5.1.6 -	NGC7743.....	81
5.2 -	Análise global dos perfis das linhas de alta dispersão.....	81
6 -	ANÁLISE DO ESPECTRO DE ABSORÇÃO E CONTÍNUO.....	101
6.1 -	Larguras equivalentes das linhas de absorção.....	102
6.1.1 -	Comparação das larguras equivalentes das galáxias com valores obtidos de espectros estelares.....	102
6.1.2 -	Comparação das larguras equivalentes com as de galáxias normais.....	106
6.2 -	Índices de cor das galáxias.....	108
6.3 -	Subtração da componente estelar.....	112

6.4 - Observações do contínuo em outras regiões espectrais.....	115
7 - INTENSIDADES RELATIVAS DAS LINHAS DE EMISSÃO COMPARAÇÃO COM MODELOS DE FOTOIONIZAÇÃO.....	125
7.1 - Vermelhamento interno dos núcleos.....	125
7.2 - Diagramas diagnósticos de atividade nuclear...	126
7.3 - Comparação com modelos de fotoionização.....	127
7.3.1 - NGC 1358.....	129
7.3.2 - NGC 1386.....	130
7.3.3 - NGC 3312.....	133
7.3.4 - NGC 4941.....	134
7.3.5 - NGC 6300.....	135
7.3.6 - NGC 7743.....	137
7.3.7 - Resultados globais da comparação com os modelos.....	139
8 - CONCLUSÕES.....	148
9 - REFERÊNCIAS.....	155

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

O primeiro trabalho a chamar a atenção para objetos com a razão $H \text{ alfa}/[NIII]$ menor do que 1 foi realizado por Burbidge e Burbidge (1962) em observações de galáxias espirais e irregulares. Estes autores verificaram que o valor desta razão varia de cerca de 3 para as regiões HII dos braços espirais até atingir valores da ordem ou menores do que 1 no núcleo de várias galáxias espirais de tipos Sa e Sb. Num trabalho posterior (Burbidge e Burbidge, 1965), a partir da observação de 85 galáxias com linhas de emissão, e de vários tipos morfológicos, verificaram que valores menores ou iguais a um são apresentados por 100% das galáxias elípticas observadas, 81% das S0 e 55% das espirais, enquanto que no núcleo das galáxias irregulares $H \text{ alfa}/[NIII]$ é sempre maior do que 1.

Para explicar o valor de $H \text{ alfa}/[NIII] < 1$ no núcleo das galáxias elípticas e espirais, os autores mencionados sugeriram duas hipóteses: abundância de nitrogênio maior que a normal ou fonte de energia cinética e não radiativa para aquecer o gás.

Uma outra característica que observaram foi um valor muito alto para a razão $H \text{ alfa}/H\beta$, muito maior que o caso B de Baker e Menzel (1938) e Baker, Menzel e Aller (1938).

Os autores acima foram pioneiros no estudo da atividade nuclear fraca. Atualmente estes núcleos são separados em tres principais categorias: nucleo tipo região HII, nucleo Seyfert e LINER (Low Ionization Nuclear Emission Regions) (Heckman et al, 1980; Heckman, 1980).

Gráus de atividade cada vez mais fraca se revelaram a partir do advento de espectrógrafos com detectores digitais mais sensíveis, que permitiram a realização de "surveys" como os de Heckman et al. (1980), Stauffer (1982a,b) e Keel (1983a,b), indicando a presença de linhas de emissão em núcleos de galaxias consideradas "normais". Em particular, Keel concluiu que, em uma amostra completa de galaxias de tipos SO/a a Scd ate magnitude B=12, todas apresentam emissão nuclear.

As principais características dos tres tipos de atividade acima mencionados são as seguintes (Heckman, T. M., 1986):

1) Nucleo HII: têm espectro de emissão semelhante ao de uma região HII, onde o gás é ionizado por estrelas jovens O e B; população estelar é jovem, sendo mais frequente em galáxias de tipo tardio;

2) Nucleos Seyfert: têm espectro semelhante ao das galáxias Seyfert, mas são muito menos luminosos. São encontrados em 5 a 10% das galaxias espirais (Keel, 1983b), mas raramente ocorrem em galaxias mais tardias que Sc (Véron e Véron-Cetty, 1986). O espectro mostra grande intervalo de ionização, que pode ser reproduzido se a

fonte central tiver espectro ionizante tipo lei de potência $L_{\nu} \propto \nu^{-\alpha}$ com α próximo a 1.5. O estado cinemático do gás é bem mais agitado do que nos núcleos HII;

3) LINERS: espectro de emissão é dominado por linhas de átomos em baixo estado de ionização. Ocorrem em pelo menos 50% (podendo chegar a 100%) dos núcleos de galáxias de tipos anteriores a Sb. O gás parece estar no mesmo estado cinemático que o dos núcleos Seyfert.

Muitos núcleos Seyfert e a maior parte dos LINERS apresentam a razão $H \text{ alfa}/[NII] < 1$, como pode ser observado nos diagramas diagnóstico de atividade nuclear de Baldwin, Phillips e Terlevich (1981), sendo o valor médio para os LINERS um pouco mais baixo.

Um aspecto interessante da razão $H \text{ alfa}/[NII]$ foi levantado por Rubin e Ford Jr. (1986) para a galáxia vizinha M33: o espectro obtido de uma região de 1×1.7 segundos de arco, correspondendo, aproximadamente, e aos 4×4 pc centrais desta galáxia, mostra $[NII]$ em emissão e $H \text{ alfa}$ em absorção. Obtiveram também espectro fora do núcleo e concluíram que, se M33 estivesse a uma distância 4 vezes maior, a abertura utilizada englobaria suficiente emissão do disco de modo a tornar $H \text{ alfa}$ maior do que $[NII]$. Isto sugere que galáxias com valores $[NII] > H \text{ alfa}$ deveriam ser encontradas preferencialmente mais próximas, o que foi, de fato, observado, por exemplo, por Keel (1983a,b): 53% das galáxias com velocidade radial menor do que 1160 km/s têm $[NII] > H \text{ alfa}$ enquanto que somente 19% das galáxias com

velocidades radiais maiores apresentam esta relação.

Este último resultado poderia indicar que $[NII]/H$ alfa é uma característica comum a todos os núcleos de galáxias, ao menos na região bem central com dimensões de poucos parsecs. Os processos físicos que ali ocorrem seriam os mesmos que nos núcleos ativos, sendo que, nestes últimos, a liberação de energia, ou a região emissora, seriam maiores.

Outra galáxia que apresenta $[NII]/H$ alfa no núcleo é M51 (Rose e Searle, 1982 e Rose e Cecil, 1983), que mostra esta relação dentro de uma região com raio de 9" (cerca de 400 pc, na galáxia). Dentro do raio de 9", as linhas de emissão são alargadas, apresentando assimetria para o azul, tornando-se estreitas fora desta região. Os autores concluem que os dados obtidos são inconsistentes com abundâncias solares, tanto de nitrogênio como de oxigênio. O modelo de fotoionização que melhor descreve as intensidades das linhas de emissão tem as seguintes características: fonte ionizante com espectro tipo lei de potência com índice espectral $\alpha=1$, densidade de 1000 cm^{-3} , com abundância $10\times$ solar (Allen, 1973) para o nitrogênio e $3\times$ solar para o oxigênio.

Considerando que ainda não há uma explicação satisfatória para o alto valor de $[NII]/H$ alfa presente em muitos núcleos de galáxias, foram selecionadas para este trabalho seis galáxias com núcleo ativo que apresentam linhas muito intensas de nitrogênio ionizado para estudo detalhado do seu espectro nuclear.

No capítulo 2 são apresentados os objetos e as informações existentes na literatura sobre os mesmos.

No capítulo 3 são descritas as observações, reduções e os métodos utilizados na análise dos dados.

O capítulo 4 apresenta os resultados numéricos obtidos a partir da análise realizada no capítulo 3: larguras à meia altura, intensidades e luminosidades das linhas de emissão, e larguras equivalentes das linhas de absorção.

No capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos a partir da análise dos perfis das linhas de emissão, onde é feita uma análise cinemática do gás emissor e suas propriedades comparadas com as apresentadas por outros núcleos ativos.

No capítulo 6 é analisado o espectro de absorção, através da comparação do mesmo com espectros estelares e com o de galáxias sem emissão. É também investigada a presença de uma contribuição não-termica ao contínuo.

No capítulo 7, as condições físicas do gás emissor são obtidas a partir da comparação das intensidades das linhas de emissão com valores fornecidos por modelos de fotoionização.

Finalmente, o capítulo 8 apresenta as conclusões do trabalho, em particular que a abundância de Nitrogênio nestas galáxias deve ser bem maior do que solar e diferenciada.

CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DOS OBJETOS E DADOS DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os objetos selecionados e a informação já existente na literatura sobre os mesmos. Primeiramente serão apresentados dados globais e depois cada objeto será discutido separadamente.

2.1 - Seleção dos objetos e informações gerais

Os objetos foram selecionados a partir de uma lista de galáxias mais brilhantes que magnitude $B=13$, que apresentavam a linha de emissão $[\text{NII}]\lambda 6584$ mais intensa do que H alfa (Pastoriza, 1981). Foram também selecionados núcleos ativos que no trabalho de Terlevich e Melnick (1985) mais se afastavam dos modelos propostos pelos autores justamente por apresentarem um valor alto para a razão $[\text{NII}]/\text{H alfa}$.

Este trabalho apresenta um estudo detalhado dos espectros das galáxias com núcleo tipo Seyfert2 NGC1358, NGC1386, NGC4941, NGC6300 e as tipo LINER NGC3312 e NGC7743.

Além destes objetos foram também utilizados, para estudo comparativo de perfis das linhas $[\text{OIII}]\lambda 5007$, espectros de galáxias com diversos tipos de emissão: tipo região HII, Seyfert 1 e Seyfert 2.

Para estudo comparativo do espectro de absorção, foi utilizado o espectro da galáxia NGC3521, que não apresenta emissão.

A tabela 2.1 resume alguns dados dos objetos observados, obtidos do Second Reference Catalog of Bright Galaxies (de Vaucouleurs, de Vaucouleurs e Corwin, 1976 - RC2, daqui em diante), ou da referência indicada na tabela. O conteúdo da tabela é o seguinte:

- coluna 1: nome NGC(N) ou IC(I)
- coluna 2: tipo morfológico
- coluna 3: tipo de atividade: Seyfert1(S1), Seyfert2(S2), LINER(L), região HII(HII)
- coluna 4: magnitude aparente (BT)
- coluna 5: velocidade radial em Km/s (V_r)
- coluna 6: quantidade a ser somada à velocidade radial para reduzi-la ao centróide do grupo local em Km/s (ΔV)
- coluna 7: razão axial aparente ao nível isofotal 25 mag
- coluna 8: absorção galática no azul(B)
- coluna 9: absorção interna

Os objetos na tabela estão separados em 2 grupos: o primeiro formado pelos objetos estudados em detalhe e o segundo pelos objetos utilizados para estudo comparativo dos perfis.

TABELA 2.1 - Dados basicos sobre as galaxias observadas

1)NOME	2)TIPO	3)ATIV.	BT	5)V _r	6)Delt V	7)b/a	8)Ab	9)Ai	
N1358	SBa(s)I	(2)	S2	13.0	4071(6)	-38	0.76	0.32	0.08
N1386	Sa	(1)	S2	12.2(5)	794	-149	0.43	0.21	0.30
N3312	S(s)bP?		L	12.7	2774	-268	0.43	0.38	0.30
N3521	SAB(rs)bc		-	9.7	815	-175	0.52	0.21	0.22
N4941	Sab(s)II	(6)	S2	11.9	1061(6)	-126	0.58	0.22	0.19
N6300	SB(rs)b	(4)	S2	11.0(4)	1140	-152	0.66	1.11	0.14
N7743	SBa	(3)	L	12.2	1802	193	0.85	0.25	0.04
N1667	SbcI-II	(2)	L/S2	12.8	4609	-105	0.81	0.43	0.07
N3281	Sa(s)	(2)	S2	12.6	3395	-281	0.54	0.49	0.22
N4507	SBab(rs)I	(7)	S2	12.9(7)	3513(6)	-240	0.87	0.44	0.04
N4939	SA(s)bc		S2	11.6	3096	-144	0.55	0.23	0.21
N5253	S0		HII	11.0	392	-183	0.44	0.36	0.25
N6814	SAB(rs)bc		S1	12.0	1437	141	0.95	0.88	0.02
N7469	(R')SAB(rs)a		S1	12.6	4894	208	0.74	0.27	0.10
RN424	S(r:)		S1	15.0	3298	-	-	-	-

REFERÊNCIAS:

- 1)Phillips e Frogel, 1980
- 2)Sandage, 1978
- 3)Sandage e Visvanathan, 1978
- 4)Buta, 1987
- 5)Longo e H. de Vaucouleurs, 1983
- 6)Sandage e Tamman, 1981
- 7)Storchi-Bergmann e Pastoriza, 1986
- 8)Tol 0109-38, Véron-Cetty and Véron

A tabela 2.2 lista os índices de cor obtidos a partir da literatura para os objetos estudados em detalhe. As colunas 2ª a 5ª contêm os valores dos índices de cor, a 6ª lista o diâmetro do diafragma correspondente em segundos de arco, e a 7ª indica a referência.

TABELA 2.2 - índices de cor das galáxias

NGC	V	U-B	B-V	V-R	R-I	DIAFRAGMA	REFER.
1358	13.58	0.51	1.01	0.64	0.65	17	3
	13.32	0.49	1.06	0.61	0.65	24	3
	12.86	0.51	1.04			11.7	5
1386	12.8	0.40	0.94			15.5	1
	12.8	0.37	0.97			15	2
	11.7	0.34	0.88			72	2
	12.74	0.36	0.95	0.60	0.63	17	3
	12.44	0.41	0.91	0.61	0.64	24	3
	12.80	0.50	0.96			15	5
3312	13.58	0.63	1.13			15.5	1
	13.96	0.68	1.16			10	5
3521	11.46		0.94			19.4	5
	10.45	0.30	0.91			58.6	5
4941	13.05		0.97			36.2	5
	12.23	0.38	0.95			60	5
6300	11.8	0.5	1			60	4
	9.21	0.15	0.77			Total	4
	13.08	0.49	1.09			23	5
7743	13.28	0.45	0.91			15.5	1
	13.85	0.30	0.94			11.7	5

REFERÊNCIAS:

- 1) Véron-Letty, 1984
- 2) Persson et al., 1979
- 3) Hamuy e Maza, 1987
- 4) Buta, 1987
- 5) Longo e A. de Vaucouleurs, 1983

2.2 - Apresentação dos objetos estudados em detalhe

2.2.1) NGC1358

é uma espiral barrada tipo 'a' de classe de luminosidade I. A figura 2.1 é uma cópia da placa nº 913 (IIa-0 + filtro GG385) de 165 minutos de exposição, obtida com o telescópio de 1.6m do Laboratório Nacional de Astrofísica. NGC1358 mostra um núcleo muito brilhante, uma barra um pouco menos brilhante e braços espirais muito tênues praticamente se fechando na forma de um anel. é a galáxia mais distante e também a mais luminosa dentre as escolhidas para estudo detalhado.

NGC1358 foi observada por Phillips et al.(1983), os quais concluíram que as relações entre as intensidades das linhas de emissão a colocam na região ocupada pelas galáxias Seyfert 2 nos diagramas de Baldwin, Phillips e Terlevich (1981). Também detectaram esta galaxia em rádio (6 cm), com potência $< 2.2 \times 10^{20}$ W/Hz/sr. (Neste trabalho, a potência de 10 será representada pela letra E. Por exemplo, o valor anterior deve ser lido como 2.2 vezes 10 elevado à potência 20.)

O índice de cor indica população estelar tardia.

No catálogo de dispersões de velocidades centrais de galáxias de Davoust et al (1985), o valor atribuído a esta galáxia é

167 km/s. Consta da lista de galáxias Seyfert do catálogo das observações do satélite Einstein (raios X).

2.2.2 - NGC1386

é uma galáxia espiral de tipo Sa, com núcleo compacto brilhante, mas não estelar, de acordo com placas obtidas por Phillips e Frogel (1980), que detectaram traços de estrutura espiral, não confirmando a classificação anterior de S0. A figura 2.2 mostra uma cópia obtida a partir do atlas fotográfico do ESO (European South Observatory) onde esta galáxia tem a aparência de uma lenticular (S0).

De acordo com os autores acima e referências por eles citadas, sua velocidade radial indica que ela pode ser membro do aglomerado de Fornax I. NGC1386 encontra-se a cerca de 50 minutos de arco a oeste-sudoeste da galáxia "hot-spot" NGC1365 (Sérsic e Pastoriza, 1965).

Phillips e Frogel (1980) concluem que as intensidades relativas das linhas de emissão são típicas de uma galáxia Seyfert 2, bem como a largura das linhas. Porém, a luminosidade nas linhas é pelo menos um fator de 5 vezes menor do que as Seyfert 2 menos luminosas estudadas por Koski (1978). Observações no infravermelho mostram um excesso em 10 e 3.5 microns em relação a M31.

O espectro de emissão desta galáxia foi estudado novamente por Phillips et al.(1983), onde é confirmada a classificação de atividade tipo Seyfert 2 e verificou-se que as linhas são assimétricas e apresentam asas largas. Também detectaram a galáxia em rádio (6 cm) com potência de $0.4 \text{ E}+20 \text{ W/Hz/sr}$.

Veron-Cetty e Veron (1986) também observaram esta galáxia num survey que incluiu 320 galáxias brilhantes, observadas com resolução de 10 Å no intervalo de 4000 a 7000 Å. Num espectro de 4 Å de resolução só da região de H alfa e [NII], detectam a existência de duas componentes nestas linhas. São apresentados valores de fluxo nas linhas de emissão com precisão de 50%.

O espectro de absorção e as cores são de população estelar tardia.

2.2.3 - NGC3312

É uma espiral tipo Sb. A figura 2.3 mostra esta galáxia numa cópia obtida a partir do atlas fotográfico do ESO.

Foi observada por Stauffer (1982), que a classificou , a partir das intensidades relativas das linhas de emissão, como excitada por choques.

Seu espectro foi também estudado por Keel(1983c), que

concluiu que o espectro de emissão desta e de outras galáxias observadas pode também ser explicado por fotoionização por um campo de radiação não térmica diluído (fraco). Menciona a possível existência de uma componente larga na linha H alfa, e estima a abundância $(N+O)/H=2.3$ em unidades solares.

Foi observada também no survey de Véron-Cetty e Véron (1986) mencionado acima, com resolução de 10 Å. São listadas também para esta galáxia os fluxos nas linhas de emissão no intervalo de 4000 a 7000 Å, com precisão de 50%.

É fonte infravermelha, presente no catálogo IRAS (Infrared Astronomical Satellite) de fontes pontuais.

2.2.4 - NGC3521

É uma espiral tipo SABbc sem emissão, observada por Stauffer (1982a) e por Keel (1983a). Seu espectro será utilizado como representativo da população estelar das galáxias selecionadas.

Bica e Alloin (1986), num estudo de espectros de absorção de galáxias, a consideraram protótipo de galáxias Sb de magnitude absoluta intermediária. Estes autores a descrevem como tendo um espectro vermelho com linhas de absorção um pouco menos profundas que as observadas em galáxias S0 e Sa. O espectro de NGC3521 foi comparado com o de outras galáxias sem emissão, observadas pelos

autores acima, e verificou-se que a razão entre as larguras equivalentes de H alfa e H β era menor do que a maioria dos valores apresentados por outras galáxias sem emissão.

Concluiu-se então que NGC3521 apresentava uma pequena emissão em H alfa, a qual foi eliminada, como explicado no terceiro capítulo.

2.2.5 - NGC4941

É uma galáxia espiral de tipo Sab, classe de luminosidade II. A figura 2.4 mostra esta galáxia numa cópia obtida a partir do atlas do ESO.

Foi observada no "survey" de galáxias de campo realizado por Stauffer (1982, 1982a) que classificou seu espectro como fotoionizado por lei de potência. Keel (1983a) chama atenção para a intensidade das linhas de emissão desta galáxia, com propriedades muito semelhantes às das Seyferts 2 clássicas estudadas por Koski(1978).

2.2.6 - NGC6300

É uma espiral barrada brilhante, que possui um anel interno muito pronunciado, de acordo com Buta(1987). A figura 2.5 mostra esta galáxia numa cópia da placa nº 7 do LNA (IIa-0, 120 minutos de exposição). Buta (1987) menciona que ela pode ser membro de um pequeno grupo ao qual pertenceriam NGC6215 e NGC6221 e é um dos membros maiores e mais próximos da classe de galáxias espirais barradas e com anel. Seu campo de velocidades mostra evidência de movimentos não circulares na região da barra. É a galáxia de tipo

mais tardio entre as galáxias com núcleo ativo estudadas neste trabalho.

Seu espectro foi observado por Phillips et al.(1983), onde concluiu-se que o núcleo tem emissão tipo Seyfert 2, e também por Véron-Letty e Véron(1986).

É fonte de raios-x, presente no catálogo de observações do satélite Einstein e também fonte infravermelha, registrada no catálogo do IRAS.

Foi detectada na linha de 21 cm (Bottinelli et al.,1982), sendo que, da lista de galáxias observadas, somente 30% têm emissão da mesma ordem ou mais intensa.

2.2.7 - NGC7743

É uma espiral barrada de tipo 'a'. A figura 2.6 mostra esta galáxia numa cópia obtida do atlas do ESO.

Seu espectro foi observado por Stauffer (1982), que a classificou como de tipo intermediário entre galáxias fotoionizadas por radiação não térmica e excitadas por choques, porém mais próxima a esta última categoria. Seu espectro foi também observado por Véron-Letty e Veron(1986).

A velocidade de dispersão central no catálogo de Davoust et al. (1985) é de somente 84 km/s, um dos valores mais baixos do catálogo.

é fonte infravermelha, presente no catálogo IRAS de fontes pontuais.

Em resumo, tem-se 4 galáxias com núcleo tipo Seyfert 2, porém com linhas menos intensas que as Seyfert 2 clássicas: NGC1358, de tipo SBa(s)I, a cerca de 50 Mpc de distância; e aparentemente as 3 galáxias com este tipo de núcleo mais próximas: NGC6300, tipo SB(rs)b ou 'c', NGC4941, de tipo Sab(s), ambas de classe de luminosidade II, a cerca de 12 Mpc de distância, e NGC1386, classificada como Sa, possivelmente pertencente ao aglomerado de Fornax, a cerca de 17 Mpc de distância. Tem-se 2 LINERS: NGC3312, espiral de tipo 'a' a cerca de 33 Mpc e NGC7743, uma SBa, a 23 Mpc de distância. E finalmente uma galáxia sem emissão (ou com emissão muito pequena), NGC3521, tipo SAB(rs)bc, bem próxima, a cerca de 8 Mpc de distância.

Foram também estudados perfis de emissão das galáxias: NGC4507, NGC4939 e NGC3281, tipo Seyfert 2; NGC6814, NGC7469 e RINGC424, tipo Seyfert 1; NGC1667, tipo LINER; e NGC5253, tipo região HII.



Figura 2.1 - NGC1358 - a partir de placa Kodak IIa-0 e filtro GG385 com 165 minutos de exposição (Laboratório Nacional de Astrofísica). Escala: 1 cm= 23.4 segundos de arco.



Figura 2.2 - NGC1386, a partir do atlas fotográfico do ESO. Escala:
1cm= 1.7 minutos de arco. Norte para cima, leste para a
esquerda.

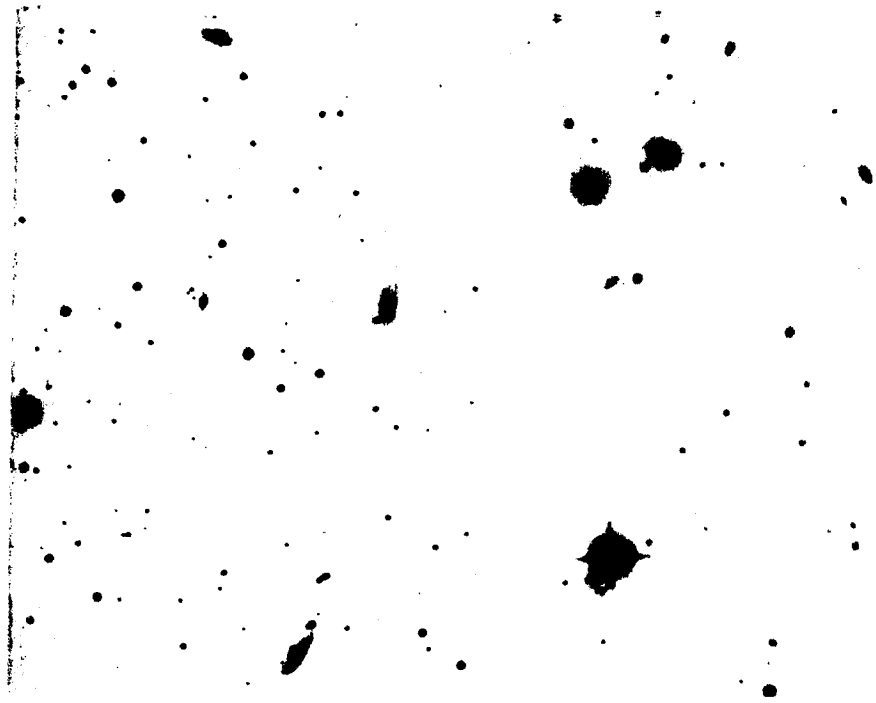


Figura 2.3 - NGC3312, a partir do atlas fotográfico do ESO. Escala:
1cm= 1.7 minutos de arco. Norte para cima, leste para a
esquerda.



Figura 2.4 - NGC4941, a partir do atlas fotográfico do ESO. Escala:
1cm=1.7 minutos de arco. Norte para cima, leste para a
esquerda.

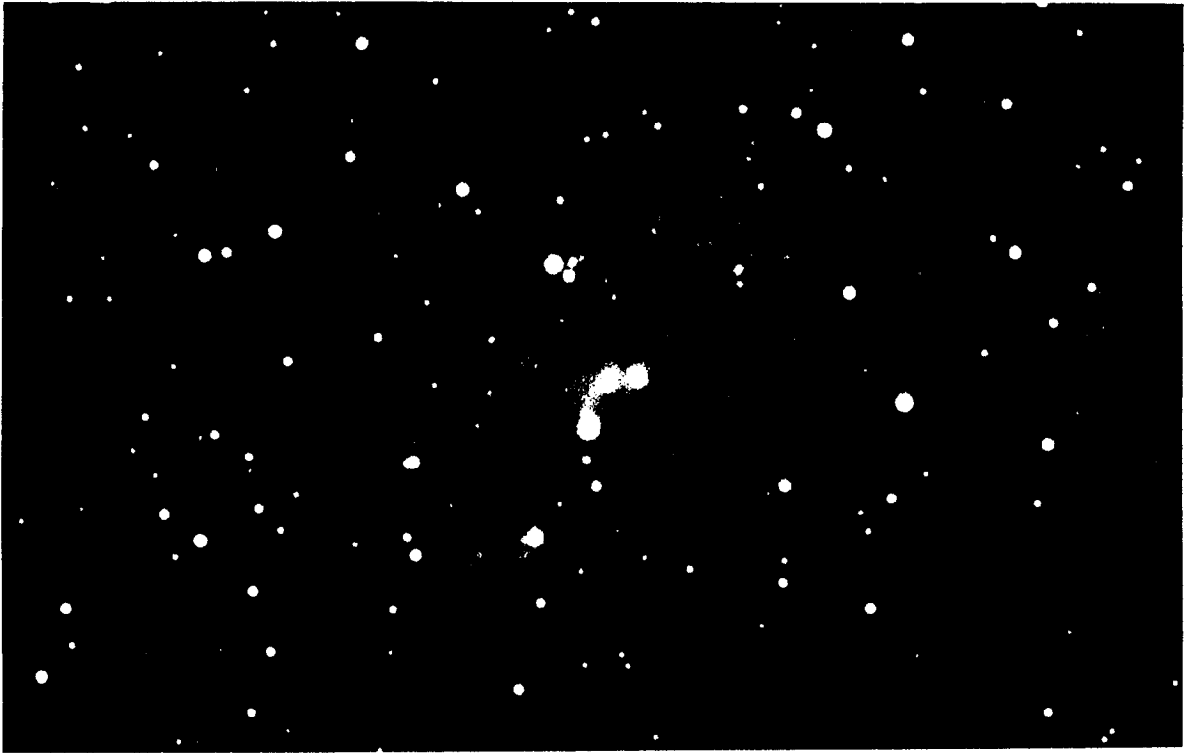


Figura 2.5 - NGC6300 - a partir de placa Kodak Ila-0 com 60 minutos de exposição (Laboratório Nacional de Astrofísica).
Escala: 1 cm= 28.9 segundos de arco.



Figura 2.6 - NGC7743, a partir do atlas fotográfico do ESO. Escala:
1cm=1.7 minutos de arco. Norte para cima, leste para a
esquerda.

CAPÍTULO 3 - OBSERVAÇÕES, REDUÇÕES e MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS

3.1 - Observações e reduções

As observações foram realizadas no Observatório Interamericano de Cerro Tololo, Chile, com o detector 2D-FRUTTI no espectrógrafo Cassegrain do telescópio de 1 metro, nos períodos de 31 de agosto a 7 de setembro de 1986 e 26 de fevereiro a 4 de março de 1987.

A largura da fenda utilizada foi de 8" no 1º período sendo reduzida a 5" no segundo, com o objetivo de tentar melhorar a resolução instrumental. A orientação da fenda foi mantida na direção leste-oeste, a menos de NGC6300, para a qual foi necessário girar o espectrógrafo para evitar uma estrela brilhante.

Embora o detector 2D-FRUTTI seja bidimensional, permitindo resolução espacial ao longo da fenda, a razão sinal/ruído só era aceitável para o núcleo das galáxias. Será então estudado somente o espectro nuclear das mesmas.

3.1.1 - Resolução espectral

Foram utilizadas 2 redes de difração: nº26, cobrindo o

intervalo espectral de 3600 a 7000Å e a rede nº56, em 2ª ordem, com maior dispersão, cobrindo o intervalo de 4800 a 6800 Å no 1º período, e de 4000 a 5500 no 2º. Ao longo do trabalho, os espectros obtidos com a 1ª rede serão chamados de baixa dispersão, e os obtidos com a 2ª, de alta dispersão.

Como pretende-se, no presente trabalho, realizar uma análise detalhada das linhas de emissão, procurou-se também analisar com detalhe o perfil instrumental das linhas, através do ajuste de gaussianas às linhas da lâmpada de comparação e linhas de emissão do céu. As tabelas a seguir mostram os parâmetros do ajuste de gaussianas da forma $I=I_0 \exp[-1/2[(\lambda-\lambda_0)/\text{Sig}]^2]$ a estas linhas.

TABELA 3.1 - Parâmetros das gaussianas ajustadas às linhas da lâmpada em baixa dispersão

$I_0(e+13)$	λ_0	Sig(Å)	FWHM(Km/s)
11.7	3889.1	2.70	490
11.48	4044.9	2.80	489
14.87	4159.1	2.79	474
39.13	4544.7	2.71	421
46.80	4764.2	2.47	366
87.58	5014.9	2.50	352
3.42	5557.9	2.50	318
159.07	5875.4	2.37	285
6.02	6416.6	2.22	244
381.6	6678.1	2.18	231
44.63	6751.7	2.27	237

TABELA 3.2 - Parâmetros das gaussianas ajustadas às linhas do céu em baixa dispersão

I_0	λ_0	Sig(A)	FWHM(Km/s)
11.57	5577.4	2.67	338
6.44	5890.0	2.49	299
3.73	5896.4	2.44	292
3.68	6365.7	2.35	261

TABELA 3.3 - Parâmetros das gaussianas ajustadas às linhas da lâmpada em alta dispersão (1986 - 1º grupo e 1987 - 2º grupo)

$I_0(e+14)$	λ_0	Sig(A)	FWHM(Km/s)
14.8	4921.9	1.51	217
59.6	5015.9	1.47	207
1.8	5187.9	1.21	165
1.7	5495.8	1.31	168
40.4	5875.8	1.26	152
2.2	6416.5	1.12	123
138.2	6678.2	1.33	141
9.1	4199.0	1.87	314
8.0	4334.0	2.03	331
26.6	4472.1	1.48	234
8.2	4658.8	1.33	202
26.0	4765.8	1.31	194
23.0	4924.0	1.25	179
89.9	5019.0	1.38	194
3.7	5192.0	1.29	176

TABELA 3.4 - Parâmetros das gaussianas ajustadas às linhas do céu em alta dispersão

λ_0	λ_0	Sig(A)	FWHM(Km/s)
101.2	5577.5	1.29	163
16.5	5889.8	1.42	170
9.0	5895.9	1.40	168
81.4	6299.8	1.19	133
27.8	6363.5	1.16	129

Para a lâmpada em baixa dispersão, verificou-se que não há diferença de resolução entre os espectros obtidos com a fenda de 8" (1986) e os obtidos com a de 5" (1987).

Para os espectros de baixa dispersão, a FWHM (largura total à meia altura) varia desde 490 Km/s em 3900 Å, até 250 km/s em 6500 Å, sendo 350 Km/s em 5000 Å. Linhas do céu indicam valores levemente mais altos. Para os espectros de alta dispersão obtidos em 1986, a FWHM varia de cerca de 200 km/s em 5000 Å a 140 km/s em 6500 Å. Para os espectros obtidos em 1987, o valor varia de 300 km/s para 4200 Å a 180 km/s para 5000 Å. Há uma pequena perda de resolução em 5000 Å com a fenda de 8" em relação a de 5". Para o espectro de alta resolução, as linhas do céu dão o mesmo resultado que as linhas da lâmpada.

3.1.2 - Dados sobre os espectros obtidos

As informações relevantes sobre os espectros obtidos encontram-se na tabela 3.5. A 1ª coluna traz a identificação do objeto, a 2ª a data da observação, a 3ª o tempo de exposição em segundos, a 4ª a resolução em 5000 \AA expressa em Å , a 5ª o intervalo espectral coberto e a 6ª a largura da fenda utilizada em segundos de arco.

TABELA 3.5 - Dados sobre os espectros

NGC, IC	DATA	EXPOS. (S)	RESOL. (Å)	$\lambda_1 - \lambda_2$	FENDA (")
N1358	27/09/86	3000	5.5	3600-7000	8
	4/09/86	1500	5.5	3600-7000	8
	7/09/86	1000	3.0	4800-6700	8
	8/09/86	2500	3.0	4910-6700	8
N1386	27/09/86	2000	5.5	3600-7000	8
	4/09/86	2000	5.5	3600-7000	8
	7/09/86	1500	3.0	4860-6700	8
N3312	27/02/87	3000	5.5	3750-7150	5
	28/02/87	4000	5.5	3750-7150	5
N3521	28/02/87	2000	5.5	3750-7000	5
N4941	27/02/87	2000	5.5	3750-7150	5
	5/03/87	2000	3.0	4500-5500	5
N6300	4/09/86	3000	5.5	3600-7000	8
	8/09/86	2000	3.0	4910-6730	8
N7743	1/09/86	2000	5.5	3600-7000	8
	3/09/86	3000	5.5	3600-7000	8
	4/09/86	2000	5.5	3600-7000	8
	7/09/86	3000	3.0	4500-5500	8

TABELA 3.5 - (continuação)

NGC, IC	DATA	EXPOS. (S)	RESOL. (A)	$\lambda_1 - \lambda_2$	FENDA (")
N3281	5/03/87	3000	3.0	4500-5500	5
N1667	7/09/86	2000	3.0	4800-6560	8
	8/09/86	2000	3.0	4900-6700	8
N4507	5/03/87	2000	3.0	4500-5500	5
N4939	5/03/87	2000	3.0	4500-5500	5
N5253	5/03/87	700	3.0	4000-5500	5
N6814	7/09/86	3500	3.0	4900-6700	8
N7469	7/09/86	2000	3.0	4900-6700	8
RN424	8/09/86	1705	3.0	4900-6700	8

3.1.3 - Reduções

A redução dos dados foi feita na sede do Observatório de Cerro Tololo em La Serena, Chile, logo após as observações, através dos procedimentos usuais:

1) correção por "flat-field", para eliminar variações na resposta do detector ao longo de sua superfície;

2) calibração em comprimento de onda utilizando observações das linhas da lâmpada de comparação de He-Arg;

3) calibração em fluxo, através de observações de estrelas padrões espectrofotométricas da lista de Stone e Baldwin (1982).

No primeiro período utilizou-se o pacote de reduções TVRED (Tololo Viena Reduction) no computador Eclipse MV8000 e no segundo o pacote IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) no computador SUN.

3.2 - Correções e análise dos espectros

As correções por avermelhamento e redshift e a análise das linhas de emissão, absorção e do contínuo, foram feitas utilizando programas de computador desenvolvidos na sua maior parte por Charles Bonatto.

Em particular, o programa FITGAUS ajusta aos dados uma gaussiana da forma

$$I = I_0 \exp(-1/2[(\lambda - \lambda_0)/\text{Sig}]^2)$$

fornecendo os parâmetros I_0 , λ_0 e Sig correspondentes ao melhor ajuste, a partir de estimativas iniciais para os mesmos.

Outro programa utilizado, do mesmo autor, foi o SPLINE, que, como o nome diz, a partir de pontos de dados escolhidos, constrói uma spline passando por estes pontos.

São descritos a seguir, os métodos utilizados para o cálculo das correções e análise dos espectros.

3.2.1 - Correção por avermelhamento

A correção por avermelhamento foi calculada de acordo com o trabalho de Seaton(1979), onde define:

$$X(x) = A\lambda / E(B-V), \text{ com } x = 1/\lambda, \lambda \text{ em microns}$$

O valor do fluxo corrigido fica:

$$I_{\lambda} = F_{\lambda} 10^{0.4R(x)}$$

Os valores de $X(x)$ foram calculados a partir das expressões:

$$X(x) = 1.56 + 1.048x + 1.01 / [(x - 4.6)^2 + 0.28], \text{ para } 2.7(3704\text{\AA}) < x < 3.65(2740\text{\AA})$$

$$X(x) = -0.0072 + 0.261x + 1.398x^2 - 0.318x^3, \text{ para } 1.0(10000\text{\AA}) < x < 2.7(3704\text{\AA})$$

onde a última expressão foi ajustada aos dados de Nandy et al.(1975), adotando $R = A_V / E(B-V) = 3.20$.

Para o comprimento de onda de $H\beta$ obtem-se $X(\beta) = 3.68$ e pode-se expressar: $A\lambda = A\beta X(x) / X(\beta) = 3.68 E(B-V) X(x) / X(\beta)$ onde $E(B-V)$ é obtido da relação $E(B-V) = A_b / (R+1)$ com $R = 3.2$ e A_b (absorção galáctica) da tabela 2.1.

Substituindo na expressão para I_{λ} acima, obtemos o fluxo corrigido. Após a correção por redshift, corrigiu-se também por absorção interna A_i , usando o mesmo procedimento acima, com A_i obtida da tabela 2.1.

3.2.2 - Correção por redshift

A velocidade radial foi obtida através dos desvios observados para a linha de emissão [OIII] 5007 e de H β no caso de NGC3521.

Os espectros foram transladados ao valor de repouso através da relação:

$$F(\lambda) = (1+z)^2 F_{ob}[\lambda(1+z)]$$

onde:

$$1+z = \lambda_{ob} / \lambda_0$$

$$\lambda_{ob} = \lambda \text{ observado, } F_{ob} = \text{fluxo observado}$$

$$\lambda_0 = \lambda \text{ de repouso, } F = \text{fluxo no referencial de repouso}$$

$$z = \text{redshift} = v/c$$

3.2.3 - Correção do espectro de NGC 3521

O espectro de NGC 3521 foi corrigido por uma pequena emissão em H alfa. Esta emissão foi detectada comparando a largura equivalente de H alfa ($W(H \text{ alfa})$) com a de outras galáxias sem emissão observadas por Bica e Alloin (1987b). Para calcular a correção, mediu-se $W(H \text{ alfa})$ e $W(H\beta)$ de NGC 3521 usando as janelas espectrais definidas no artigo acima mencionado e comparou-se a razão $W(H \text{ alfa})/W(H\beta)$ com os valores mais altos obtidos por Bica e Alloin (cerca de 0.70). Então subtraiu-se de H alfa uma linha de emissão com perfil gaussiano, tendo largura total à meia altura igual ao valor

médio medido para as linhas de emissão observadas nas galáxias selecionadas e intensidade de pico fixada pelo valor desejado para a razão $W(H\ \alpha)/W(H\beta)=0.70$.

3.3 - Análise dos espectros

3.3.1 - Espectro de absorção - Cálculo das larguras equivalentes

Todas as galáxias estudadas em detalhe apresentam um espectro de absorção bem pronunciado, o que permite o estudo da população estelar do seu núcleo.

Para este estudo, foram calculadas as larguras equivalentes das linhas de absorção melhor definidas nas galáxias. Foram também calculadas as larguras equivalentes das mesmas linhas para 20 estrelas da biblioteca de Gunn e Stryker (1983) implementada por Alex Schmidt para comparação com os valores obtidos para as galáxias.

Para o cálculo das larguras equivalentes dos espectros das estrelas, foi primeiramente ajustada uma "spline" cúbica ao contínuo de cada estrela e após, a curvatura do contínuo foi eliminada dividindo o espectro estelar pela spline. Depois, foram ajustadas gaussianas as linhas, e o valor da largura equivalente obtido por integração da área entre a gaussiana e o contínuo.

Para as galáxias, foram utilizados 3 métodos para o cálculo das larguras equivalentes:

1º) Método 1: Ajuste de gaussianas às linhas do espectro original, e integração da área entre a linha e o contínuo, sendo este determinado por uma regressão linear às regiões vizinhas do espectro;

2º) Método 2: Cálculo da área entre a linha e o contínuo, sem ajuste de gaussianas, sendo o contínuo determinado da mesma forma que no método 1.

3º) Método 3: é o método que foi utilizado para cálculo das larguras equivalentes dos espectros estelares, descrito acima. A diferença fundamental deste método em relação aos anteriores está na determinação do nível do contínuo, que foi definido através de uma spline passando pelos pontos mais altos do espectro. Além disto, neste método os espectros das galáxias foram "alisados", através da substituição de cada 5 pontos do espectro, ou seja, 5 Å, por 1 ponto igual à média destes 5. Como resultado, obteve-se um espectro com espaçamento de 5 ångstrons entre os pontos, mais semelhante ao espaçamento dos espectros das estrelas, que é de 10 . Este "alisamento" permite uma melhor comparação com os espectros estelares e facilita a determinação do nível do contínuo pois elimina um pouco o ruído do espectro.

3.3.1.1 - Comparação entre os 3 métodos de cálculo das larguras equivalentes dos espectros de absorção das galáxias

As tabelas 'd' da seção 4.2 apresentam os valores das larguras equivalentes obtidos com os 3 métodos acima descritos: a

coluna 6 traz o valor obtido pelo método 1, a coluna 7 o obtido com o método 2 e a coluna 8 o obtido com o método 3.

Através da inspeção das colunas 6 e 7, verifica-se que, para a maioria das linhas, há um acordo dentro de 10% e no máximo 20% entre os métodos 1 e 2, não se observando nenhum efeito sistemático significativo.

Os valores determinados com o método 3, porém, apresentam diferenças sistemáticas em relação aos obtidos com os métodos 1 e 2:

1º) Linhas K(Ca) (3934 Å) ficam com valores sistematicamente de 10% a 20% menores que os determinados pelos métodos 1 e 2;

2º) Linhas H(Ca) + H epsilon (3968,3970 Å) ficam com valores até 50% menores;

3º) Linhas Mg I + MgH (5167,5170,5173,5184,5186 Å) ficam com valores até 100% maiores;

4º) As demais linhas têm valores sistematicamente de 10 a 20% maiores. Somente as linhas do sódio neutro em 5890,96 Å têm valores praticamente iguais aos determinados pelos métodos 1 e 2.

Os valores sistematicamente maiores eram até certo ponto previsíveis pelo fato de, neste método, se adotar o contínuo passando pelos pontos mais altos do espectro, enquanto que, nos métodos 1 e 2, faz-se uma média dos pontos vizinhos às linhas e o contínuo determinado fica mais abaixo. Em consequência, a área entre a linha e o contínuo aumenta, no método 3, aumentando o valor da largura equivalente das linhas.

Verificou-se que os valores menores obtidos principalmente para H(Ca) + H epsilon são devido ao fato de, ao se ajustar a spline aos pontos escolhidos do contínuo, surge uma inflexão na curva devido à mudança de curvatura do espectro antes e depois das linhas K(Ca) e H(Ca) + H epsilon. Esta inflexão produz um abaixamento do contínuo principalmente sobre H(Ca) + H epsilon e um pouco também sobre a linha K(Ca).

Quanto às linhas Mg I + MgH, parece que o contínuo adotado nesta região ficou muito alto, o que aumentou muito o valor da largura equivalente. Comparando com os valores obtidos por Bica e Alloin (1987) para mais de 100 galáxias normais, verifica-se que os valores obtidos com o método 3 ficam bem acima dos valores típicos encontrados por estes autores.

Considerando o acima exposto, o valor finalmente adotado para as larguras equivalentes das linhas de absorção das galáxias foi a média do valor obtido pelos 3 métodos, a menos das linhas H(Ca) + H epsilon e Mg I + MgH, para as quais não se incluiu na média final os valores obtidos com o método 3. Estes valores aparecem entre parênteses nas tabelas da seção 4.2. Os valores obtidos para a média final das linhas H(Ca) + H epsilon e Mg I + MgH serão utilizados apenas como um valor de referência, uma vez que se verificou que suas larguras equivalentes são muito sensíveis ao método utilizado para calculá-las.

Na comparação com os valores obtidos para as estrelas, também não foram utilizadas as linhas H(Ca) + H epsilon e Mg I + MgH. De fato, comparações com medidas feitas por outros autores (Schmidt, 1987; Alloin et al., 1971) também indicam que os valores aqui obtidos estão muito baixos para H(Ca) + H epsilon e muito altos para Mg I + MgH. As outras linhas medidas, entretanto, mostram bom acordo com os valores obtidos pelos autores acima, como a banda G e as linhas do Na I, e somente estas serão então utilizadas como indicadores da população estelar no núcleo das galáxias.

3.3.2 - Subtração da componente estelar

Para melhor analisar o espectro de emissão, para verificar o efeito das linhas de absorção de Balmer nas linhas de emissão, que são muito fracas, e investigar a existência de um contínuo não térmico, subtraiu-se o espectro da galáxia NGC3521 dos espectros das outras galáxias, no intervalo de 3750 a 6900 ângstrons (não foi possível aproveitar o espectro de NGC3521 para comprimentos de onda menores do que 3750 Å devido à presença de muito ruído no início do espectro). NGC3521 tem larguras equivalentes das linhas de absorção semelhantes às das galáxias estudadas (ver cap. 6), e não tem emissão, a menos da detectada em H alfa, que foi corrigida (seção 3.2.3).

Antes de fazer a subtração da componente estelar, fez-se pequenas correções à calibração em comprimento de onda de cada

espectro, para promover maior concordância entre as posições das linhas de absorção, através de um polinômio de 3º grau.

A subtração da componente estelar só foi realizada para os espectros de baixa dispersão, pois os de alta dispersão têm razão sinal/ruído muito baixa no contínuo.

Para realizar a subtração, os espectros da galáxia com emissão e de NGC3521 foram normalizados em 5500 Å e porcentagens do espectro desta última subtraídas sucessivamente até o desaparecimento das linhas de absorção ou até que alguma região do contínuo atingisse zero.

3.3.3 - Linhas de emissão

A análise das linhas de emissão foi feita através do ajuste de gaussianas da forma:

$$I = I_0 \exp\{-1/2[(\lambda - \lambda_0)/\text{Sig}]^2\}$$

1º) aos espectros originais de baixa dispersão; 2º) aos espectros com a componente estelar subtraída; e 3º) aos espectros de alta dispersão.

Os seguintes vínculos, obtidos a partir das probabilidades de transição dos níveis, foram utilizados:

$$I([\text{OIII}]\lambda 4959) = 0.296 I([\text{OIII}]\lambda 5007)$$

$$\text{Sig}([\text{OIII}]\lambda 4959) = \text{Sig}([\text{OIII}]\lambda 5007)$$

$$I([\text{NII}]\text{6548}) = 0.333 I([\text{NII}]\text{6584})$$

$$\text{Sig}([\text{NII}]\text{6548}) = \text{Sig}([\text{NII}]\text{6584})$$

$$\text{Sig}([\text{SII}]\text{6717}) = \text{Sig}([\text{SII}]\text{6731})$$

ou seja, para cada componente ajustada a uma das linhas do dublete, a outra esta vinculada pelas relações acima.

Para as linhas de Balmer resultantes após a subtração do espectro estelar, a largura (ou o Sig) da gaussiana ajustada fica muito grande em alguns casos, possivelmente devido a pequenas diferenças entre as populações estelares das galáxias com emissão e NGC 3521. Optou-se então, por utilizar a largura das linhas vizinhas do espectro para as linhas de Balmer.

3.4 - Métodos para avaliação dos erros

Para as galáxias com 2 observações, utilizou-se o desvio padrão para estimar o erro (embora saiba-se que, rigorosamente, o desvio padrão só tem significado para um grande nº de dados). Este desvio inclui desde diferença na posição da fenda nas diferentes noites, diferenças na resposta do equipamento, nas reduções, até os erros na análise dos espectros.

Foram também estimados os erros nos valores das intensidades e larguras equivalentes através do cálculo da intensidade e largura equivalente de um "ruído" típico de cada espectro.

Para as linhas de absorção, o erro pode ser avaliado também a partir do desvio padrão da média entre os valores obtidos pelos tres métodos utilizados no cálculo.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das correções por avermelhamento e redshift e da análise dos espectros descrita no capítulo 3. As figuras 4.1a,b,c e d mostram os espectros corrigidos.

4.1 - Velocidades radiais e distâncias

A velocidade radial das galáxias foi obtida a partir do "redshift" apresentado pela linha [OIII] 5007. Comparando com os valores listados na tabela 2.1 (RC2 ou Sandage e Tamman, 1981) verifica-se que a diferença é, em geral, menor do que 100 km/s. Considerando que os valores obtidos neste trabalho são homogêneos, preferiu-se adotá-los em lugar dos valores listados na tabela 2.1.

A distância foi determinada utilizando a lei de Hubble com $H=75\text{km/s/Mpc}$, após correção da velocidade radial para o centróide do grupo local.

Para NGC1386, que provavelmente pertence ao aglomerado de Fornax, preferiu-se utilizar o valor da velocidade radial média do aglomerado que é cerca de 2 vezes a velocidade radial da galáxia, de acordo com considerações de Persson et al.(1979). Usando o valor da velocidade radial observada, obtem-se uma distância duas vezes menor.

A partir da distância foi determinada a dimensão em parsecs correspondente à largura da fenda em segundos de arco utilizada na observação.

A magnitude absoluta foi determinada a partir da magnitude aparente, absorção galáctica e absorção interna listadas na tabela 2.1.

A tabela 4.1 apresenta os seguintes parâmetros:

- coluna 1: identificação
- coluna 2: velocidade radial obtida
- coluna 3: velocidade radial corrigida ao centróide do grupo local
- coluna 4: distância em Mpc
- coluna 5: magnitude absoluta
- coluna 6: largura da fenda em segundos e dimensão correspondente na galáxia em parsecs

Tabela 4.1 - Velocidade radial, distância, magnitude absoluta e dimensão da região observada

NGC, IC	Vr(Km/s)	Vo	DIST(Mpc)	MB	REGIAO OBS.(pc)
N1358	3840	3802	50.7	-20.9	8" = 1966
N1386	750	601	14.0 ¹	-19.0	8" = 543
N3312	2756	2488	33.2	-20.6	5" = 805
N3521	802	627	8.4	-20.3	5" = 204
N4941	1020	894	11.9	-18.9	5" = 289
N6300	1020	868	11.6	-20.5	8" = 449
N7743	1500	1693	22.6	-19.9	8" = 876

Tabela 4.1 - (continuação)

NGC, IC	V_r (Km/s)	V_0	DIST(Mpc)	MB	REGIAO OBS.(pc)
N1667	4500	4395	65.8	-21.8	8" = 2552
N3281	3360	3079	41.1	-21.2	5" = 995
N4507	3450	3210	42.8	-20.2	5" = 1038
N4939	3000	2856	38.1	-21.7	5" = 923
N5253	539	356	5.2	-18.2	5" = 125
N6814	1470	1611	21.5	-20.6	8" = 833
N7469	4800	5008	66.8	-21.9	8" = 2590
IC4837	2760	2678	35.7	-20.8	8" = 1385

* Phillips, Charles and Baldwin, 1983; Fornax cluster,

distance assumed to be 14 Mpc

4.2 - Parâmetros obtidos do ajuste de gaussianas às linhas de emissão e absorção

Apresentamos, a seguir, os resultados do ajuste de gaussianas tanto às linhas de emissão como às de absorção. A partir destes parâmetros são calculadas a intensidade, largura equivalente e luminosidade em cada linha. Estes resultados são apresentados sob a forma de 4 tabelas para cada uma das 6 galáxias selecionadas que apresentam emissão e 1 tabela para a galáxia com espectro de absorção.

As linhas das tabelas apresentam os parâmetros correspondentes a cada linha de absorção ou emissão do espectro. No caso de haver mais de uma componente, estas são identificadas por c1 e c2 na coluna 1.

Quando há mais de uma observação para a galáxia, a(s) primeira(s) linha(s) apresenta(m) os dados do 1º espectro e a(s) seguinte(s) os do 2º espectro. Neste caso, são apresentados, em seguida, os valores correspondentes à média dos dois espectros.

Para as linhas de emissão de Balmer que só apareceram no espectro com a componente estelar subtraída, adotou-se o parâmetro Sig das gaussianas ajustadas às linhas vizinhas, uma vez que o Sig da gaussiana ajustada à própria linha ficou artificialmente grande, pois reflete o fato de que as linhas de absorção são bem mais largas que as de emissão.

No caso em que se adotou um Sig diferente daquele obtido do ajuste, este novo valor é que foi utilizado para o cálculo da intensidade, largura equivalente e luminosidade da linha.

O sinal ":" ao lado de um parâmetro indica que seu valor é duvidoso.

Em geral, as linhas de emissão [OIII] 4959 e [NII] 6548 não aparecem nas tabelas porque, no ajuste, foram vinculadas às linhas [OIII] 5007 e [NII] 6584, da forma descrita na seção 3.3.3.

O conteúdo de cada tabela é o seguinte:

- Tabela 'a': apresenta quantidades referentes às linhas de emissão antes da subtração da componente estelar. As colunas da tabela trazem a seguinte informação:

- coluna 1: identificação do íon que produz a linha
 - coluna 2: parâmetro I_0 da gaussiana em unidades de $E-15$ ergs/cm²/s/Å
 - coluna 3: parâmetro L_0 da gaussiana em ângstrons
 - coluna 4: parâmetro sigma da gaussiana em ângstrons
 - coluna 5: nível do contínuo na região da linha
 - coluna 6: largura total à meia altura em Km/s obtida através da relação $FWHM=2.355 \text{ Sig } c/L_0$ (c =velocidade da luz)
 - coluna 7: intensidade da linha em unidades de $E-15$ ergs/cm²/s/Å obtida da relação $I=2.507 I_0 \text{ Sig}$ (resultado da integração da área sob a gaussiana)
 - coluna 8: largura equivalente W da linha em ângstrons
 - coluna 9: luminosidade total na linha em unidades de $E+40$ ergs/cm²/s/Å. L_t , que aparece no final da tabela, é a luminosidade total nas linhas de emissão.
- Tabela 'b': apresenta quantidades referentes às linhas de emissão do espectro com componente estelar subtraída. As colunas da tabela apresentam a mesma informação que as da tabela 'a', a menos dos valores do contínuo e larguras equivalentes (colunas 5 e 8 da tabela 'a') que ficam indeterminados no espectro com componente estelar subtraída.
- Tabela 'c': mostra quantidades referentes às linhas de emissão dos espectros de alta dispersão. As colunas da tabela trazem a mesma informação que as da tabela 'a'.

- Tabela 'd': apresenta os parâmetros do ajuste de gaussianas às linhas de absorção do espectro original. As colunas da tabela trazem a seguinte informação:

- coluna 1: identificação do íon que produz a linha
- coluna 2: parâmetro I_0 da gaussiana (sinal negativo porque é linha de absorção) em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$
- coluna 3: parâmetro L_0 da gaussiana em ângstrons
- coluna 4: parâmetro Sig da gaussiana em ângstrons
- coluna 5: valor do contínuo em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$
- coluna 6: largura equivalente da linha em ângstrons obtida a partir da integração da área entre a gaussiana e o nível do contínuo e posterior divisão por este contínuo
- coluna 7: largura equivalente obtida por integração direta da área entre a linha e o contínuo, onde este foi determinado por regressão linear à região do espectro vizinha à linha
- coluna 8: largura equivalente obtida por ajuste de gaussianas ao espectro "alisado" e dividido pelo contínuo, onde este foi determinado por ajuste de uma spline cúbica aos pontos mais altos do contínuo. Valores entre parênteses são duvidosos (ver cap. 3).
- coluna 9: valor médio da largura equivalente obtida pelos 3 métodos acima. Valores entre parênteses não foram considerados no cálculo da média.

4.2.1 - NGC1358

Tabela 4.2.1a - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro sem subtração da componente estelar. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

ION	$I_0(\text{E-15})$	$L_0(\text{Å})$	$\text{SIG}(\text{Å})$	$C(\text{E-15})$	$\text{FWHM}(\text{Km/s})$	$I(\text{E-15})$	$W(\text{Å})$	$L(\text{E+40})$
[OII]	5.7 9.6	3732.8 3727.1	3.28 3.69 3.49+0.29	2.29 4.16	622 699 661+54	47.2 88.8 68.0+29.4	20.6 21.3 20.9+0.5	2.1+0.9
[NeIII]	2.1 3.1	3872.5 3868.0	4.33 2.48 3.41+1.31	2.43 4.0	791 453 622+239	22.6 19.5 21.1+2.2	9.3 4.9 7.1+3.1	0.6+0.1
[OIII]:	0.8: 1.4	4362.9 4363.7	3.25 3.67 3.46+0.3	9.2 11.0	526 594 560+48	6.7: 13.1 9.9+4.5	0.7: 1.2 1.0+0.4	0.3+0.1:
H β :	1.4 1.6:	4860.4 4858.2	3.42 3.44 3.43	13.0 14.1	497 500 499+2	12.0 13.8: 12.9+1.3	0.9 1.0 0.95	0.4+0.0:
[OIII]	19.2 21.3	5007.9 5007.0	3.46 3.29 3.38+0.12	13.2 14.5	488 464 476+17	167 175.7 171.4+6.2	13.0 12.1 12.6+0.6	5.3+0.2
H α	4.2 5.2	6559.8 6563.9	3.8 5.5 4.7+1.2	12.9 16.5	409 596 502+132	40.0 72.5 56.3+23.0	3.1 4.4 3.8+0.9	1.7+0.7
N[II]	13.0 15.6	6580.1 6585.1	3.8 3.8 3.8+0.0	12.9 16.5	402 408 405+5	122.2 148.6 135.4+18.7	9.5 9.0 9.3+0.4	4.2+0.6
Ruido	1.5		2.0			7.5	1.0	
Somente no 19 espectro:								
? HeII	1.7	3784.9	3.5	2.3	653	14.9	6.5	0.5
							Lt=15.1	

Tabela 4.2.1 b - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

λ	I_0 (E-15)	L_0 (Å)	Sig (Å)	FWHM(Km/s)	I (E-15)	L (E+40)
[NeIII]	1.9 2.6	3868.0 3864.7	3.8 2.8 3.3+.7	690 510 600+127	18.0 18.2 18.1+.1	.557+.004
H delta	1.5 2.2	4102.2 4098.3	3.4 3.4 3.4	586 586 586	12.6 18.8 15.7+4.4	.483+.134
H gama	2.2 2.5	4339.5 4340.3	3.4 3.4 3.4	533 533 553	18.8 21.6 20.2+2.0	.621+.061
H β	2.7 2.9	4860.0 4860.3	3.5 3.5 3.5	509 509 509	23.3 25.7 24.5+1.7	.754+.052
[OIII]	19.3 21.3	5005.4 5006.5	3.7 3.5 3.6+.2	528 491 510+26	180.9 185.8 183.4+3.5	5.640+.106
H alfa	6.7 8.3	6562.4 6562.5	4.0 5.0 4.5+.7	430 538 484+76	67.2 104.0 85.6+26.02	2.634+.735
[NII]	12.5 15.1	6582.5 6583.4	3.9 4.1 4.0+.18	418 440 429+16	122.2 155.2 138.7+23.3	4.267+.718
[SII]	4.2:	6718.6	5.64:	593:	59.4:	1.827:
[SII]	2.9:	6734.6	5.64:	593:	41.0:	1.261:
						----- Lt=18.044
Ruido	1.3		1.9		6.2	

Tabela 4.2.1.c - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro de alta dispersão. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s , FWHM em km/s .

ION	$I_0(E-15)$	$L_0(A)$	$SIG(A)$	$C(E-15)$	FWHM	$I(E-15)$	$W(A)$	$L(E+40)$
OIII]								
C1	9.1	5009.3	0.6	12.4	85	13.7	1.1	0.421
C2	23.7	5009.9	2.7	12.4	381	160.4	12.9	4.934
C1+C2						174.1	14.0	5.355
C1	8.8	5009.6	0.9	13.0	127	19.9	1.5	0.612
C2	22.6	5009.5	2.7	13.0	381	153.0	11.8	4.706
C1+C2						172.9	13.3	5.318
						173.5+.8	13.7+5.0	5.337+.026
alfa:	6.7:	6563.9	3.2:	12.2	344:	53.8:	4.4:	1.655:
NII]:								
C1	4.1	6585.0	1.9	12.2	204	19.5	1.6	0.600
C2	8.2	6583.9	5.2	12.2	558	106.9	8.8	3.288
C1+C2						126.4	10.4	3.888
Ruido	4.0		1.0			10.0		

Tabela 4.2.1.d - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$.

Linha	$-I_0(E-15)$	$L_0(A)$	$SIG(A)$	$C(E-15)$	$W1(A)$	$W2(A)$	$W3(A)$	$W(A)$
K(Ca)	2.8	3939.0	8.33	4.5	12.9	12.7	10.8	12.1+1.2
	4.4	3936.4	7.45	6.4	12.8	12.8	11.3	12.3+0.9
							11.0	12.2+0.1

Tabela 4.2.1.d - (continuação)

Linha	-I ₀ (E-15)	L ₀ (A)	SIG(A)	C(E-15)	W1(A)	W2(A)	W3(A)	W(A)
H+H eps	2.4	3972.3	8.52	5.2	9.9	11.5	(5.7)	10.7+1.2
	3.7	3970.1	8.13	7.4	10.2	8.7	(6.2)	9.4+1.1
							(5.9)	10.1+0.9
Banda G	3.0	4307.8	6.97	8.1	6.5	6.9	8.5	7.3+1.1
	3.1	4303.6	9.28	10.0	7.2	6.2	7.9	7.1+0.9
							8.3	7.2+0.1
Mg I+MgH					5.6	5.9	(9.8)	5.8+0.2
					6.6	6.1	(14.3)	6.4+0.4
								6.1+0.4
Fe I/Ca I								
	C1	1.8	5265.9	1.78	14.5	0.6		
	C2	2.0	5273.4	4.37	14.5	1.5		
	C1+C2					2.1	1.6	3.4
	3.5	5269.6	6.47	15.5	3.7	3.9	4.3	4.0+0.3
								3.2+1.1
Na I	3.3	5891.2	10.00	14.0	5.8	6.2	7.8	6.6+1.0
	4.3	5895.0	4.37	15.8	3.0	3.5	5.1	3.9+1.1
								5.3+1.9

- 4.2.2 - NGC1386

Tabela 4.2.2.a - Parâmetros das gaussianas I₀, L₀ e Sig, fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro sem subtração da componente estelar. I₀ e C em ergs/cm²/s/Å, I em ergs/cm²/s e L em ergs/s.

IDN	I ₀	LAMBDA	SIG(A)	C(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(A)	L(E+40)
OIII	15.6	3730.8	3.88	8.5	736	151.7	17.9	
	14.6	3728.4	3.67	9.4	696	134.3	14.3	
			3.78+0.15		716+28	143.0+12.3	16.1+2.6	0.54+0.05

Tabela 4.2.2.a - (continuação)

fON	Io	LAMB0	SIG(A)	C(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(A)	L(E+40)	
NeIII]	4.8	3872.1	3.64	11.7	665	43.8	3.7		
	5.6	3870.8	4.88:	11.7	891	68.5	5.9		
			4.26+.88		778+160	56.2+17.5	4.8	0.21+.07	
OII]]	4.3:	4367.1	5.37	22.9	870	57.9:	2.5:		
	4.1	4364.9	3.86	24.6	625	39.7	1.6		
			4.62+1.1		748+173	48.8+12.9	2.1+0.6	0.19+.05	
Hβ]	3.5	4861.2	3.71	29.5	539	32.8	1.1		
	4.0	4862.5	3.52	32.9	512	35.3	1.1		
			3.62+.13		526+19	34.1+1.8	1.1+0.0	0.13+.01	
OII]]	66.6	5007.4	4.63	30.4	653	773.1	25.4		
	C1	23.6	5005.5	1.81	32.3	107.1	3.3		
	C2	64.8	5008.3	4.76	32.3	773.3	23.9		
	C1+C2					880.4	27.2		
					826.8+75.9	26.3+1.3	3.10+.28		
alfa	24.2	6558.6	4.9	30.7	527	297.3	9.7		
	23.6	6563.9	5.39	35.0	580	318.9	9.1		
			5.15+.35		554+37	308.1+15.3	9.4	1.16+.06	
NII]]	35.4	6578.8	4.57	30.7	490	405.6	13.2		
	C1	23.7	6584.1	3.1	33.7	333	184.2	5.5	
	C2	20.7	6584.6	6.9	33.7	740	358.1	10.6	
	C1+C2					542.3	16.1		
					474.0+97	14.7+2.1	1.78+.36		
SII]]	7.0	6711.2	3.42	28.4	360	60.0	2.1		
	12.7	6716.8	3.75	33.3	394	119.4	3.6		
			3.59+.23		377+24	89.7+42	2.9+1.1	0.34+.16	
SII]]	9.3	6725.3	3.42	28.4	359	79.7	2.8		
	10.0	6730.0	3.75	33.3	394	94.0	2.8		
			3.59+.23		377+24	86.9+10.1	2.8+0.0	0.33+.04	

LT = 7.709									
RUÍDO	5.7		1.02			14.6	1.5		

Tabela 4.2.2.b - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e SIG , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

λ (\text{\AA})	I_0 (E-15)	L_0 (\text{\AA})	SIG (\text{\AA})	FWHM (Km/s)	I (E-15)	L (E+40)
NeIII]	5.81 6.60	3868.5 3869.0	5.03 4.1 4.57+.66	918 749 834+120	73.3 67.8 70.6+3.9	0.265+.015
H β	7.43 6.1	4861.7 4861.6	5.32 3.84 4.58+1.05	773 558 666+152	99.1 58.7 78.9+28.6	0.296+.107
[OIII]	67.1	5007.0	4.88	689	820.9	
C1	30.0	5004.7	2.31	326	173.7	
C2	58.6	5007.7	5.23	738	768.3	
C1+C2					942.0 881.5+85.6	3.303+.323
H alfa	30.9 29.8	6562.5 6563.7	4.79 4.92 4.86+0.09	515 529 522+9.9	371.1 367.6 369.4+2.5	1.385+.087
[NII]	33.9 40.2	6582.7 6584.3	4.65 5.04 4.85+.28	499 540 520+29	395.2 507.9 451.6+79.7	1.693+.298
[SII]	7.8 13.3	6716.0 6717	3.66 4.01 3.84+.25	385 422 404+26	71.6 133.7 102.7+43.9	0.385+.165
[SII]	8.7 9.9	6730.7 6731	3.66 4.01 3.84+.25	384 422 403+27	79.8 99.5 89.7+13.9	0.336+.52
? He:	2.8:	4686.8	4.9:	739:	34.4:	0.129:
						LT = 7.527
Ruído	2.3		2.15		12.4	

Tabela 4.2.2.c - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro de alta dispersão. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

ION	$I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{\AA})$	$\text{SIG}(\text{\AA})$	$C(\text{E}-15)$	FWHM(km/s)	$I(\text{E}-15)$	$W(\text{\AA})$	$L(\text{E}+40)$
[OIII]								
C1	47.8	5006.9	1.11	24.8	157	133.0	5.4	0.499
C2	60.6	5009.6	3.85	24.8	543	584.9	21.9	2.193
C1+C2						717.9	27.3	2.692
H alfa								
C1	8.4	6564.8	1.04	20.0	112	21.9	1.1	0.082
C2	15.1	6565.2	3.56	20.0	383	134.8	6.7	0.505
C1+C2						156.7	7.8	0.587
[NII]								
C1	20.9	6584.9	1.16	19.0	124	60.8	3.2	0.228
C2	19.1	6586.2	4.42	19.0	474	211.6	11.1	0.793
C1+C2						272.4	14.3	1.021

Tabela 4.2.2.d - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$.

Linha	$-I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{\AA})$	$\text{SIG}(\text{\AA})$	$C(\text{E}-15)$	$W1(\text{\AA})$	$W2(\text{\AA})$	$W3(\text{\AA})$	$W(\text{\AA})$
K(Ca)	9.3	3938.5	6.35	15.6	9.5	9.7	8.9	9.4+0.4
	9.5	3936.6	7.91	17.4	10.8	11.3	9.6	10.6+0.9
								10.0+0.8
n+H eps	7.8	3972.6	6.85	16.9	7.7	9.2	(5.4)	8.5+1.0
	9.2	3970.7	8.53	19.5	10.1	10.1	(7.1)	10.1+0.0 9.3+1.1
H delta	4.5	4101.8	3.59	21.2	1.9	2.2	2.9	2.3+0.5
banda G	6.5	4306.6	5.91	22.6	4.3	4.2	6.6	5.0+1.3
	6.3	4305.2	7.28	23.9	4.8	4.7	6.8	5.4+1.2 5.2+0.3

Tabela 4.2.2.d - (continuação)

Linha	-I ₀ (E-15)	L ₀ (A)	SIG(A)	C(E-15)	W1(A)	W2(A)	W3(A)	W(A)
Mg I+MgH					3.4 4.6	3.3 4.8	(8.3) (7.5)	3.4+0.1 4.7+0.1 4.1+0.9
Fe I/Ca I	5.5 6.4	5269.8 5270.1	5.48 5.51	31.7 35.0	2.4 2.5	1.9 1.9	4.0 2.9	2.8+1.1 2.5+0.5 2.7+0.2
Na I	9.3 9.7	5890.9 5892.8	6.14 4.91	32.3 34.6	4.4 3.5	4.7 3.1	5.1 4.9	4.7+0.3 3.8+1.0 4.3+0.6

NOTA: H β aparece levemente em emissão, parecendo estar deslocada para o azul em relação à absorção.

- 4.2.3 - NGC3312

Tabela 4.2.3.a - Parâmetros das gaussianas I₀, L₀ e Sig, fluxo no contínuo, largura total e meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro sem subtração da componente estelar. I₀ e C em ergs/cm²/s/Å, I em ergs/cm²/s e L em ergs/s.

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (A)	SIG(A)	C(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(A)	L(E+40)
[OIII]	14.5	3726.5	3.94	4.6	747	143.2	31.1	1.89
[OIII]	6.7	5005.3	3.42	15.6	483	57.5	3.7	0.76
[OII]	4.3	6301.1	5.56	17.9	784	59.9	3.4	0.79
H α	9.0	6562.2	6.18	18.8	665	139.4	7.4	1.84
[NII]	13.9	6582.9	6.01	18.8	645	209.4	11.1	2.76
Ruido	2.2		1.8			9.9	2	Lt=8.04

Tabela 4.2.3.b - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

λ (Å)	I_0 (E-15)	L_0 (Å)	SIG (Å)	FWHM (km/s)	I (E-15)	L (E+40)
Hdelta:	1.44:	4100.3	3.5	603	12.6:	0.166:
H gama:	2.2:	4338.4	3.85	627	21.2:	0.280:
H β	4.11	4862.7	3.48	506	35.8	0.472
[OIII]	2.57	4960.6	3.75	534	24.2	0.319
[OIII]	6.66	5007.3	4.34	612	72.5	0.956
[OI]	4.56	6301.1	5.54:	784	63.3	0.835
H alfa	11.7	6563.0	4.62	497	135.5	1.787
[NII]	13.2	6582.9	6.32:	678:	209.1	2.758:
[SII]	7.0:	6716.2	3.9:	410:	68.4:	0.903:
[SII]	4.5:	6728.7	3.9:	410:	44.0:	0.580:
						LT = 9.056
Ruido:	2.5		2.82		17.7	

Tabela 4.2.3.d - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$.

Linha	$-I_0$ (E-15)	L_0 (Å)	SIG (Å)	C (E-15)	W_1 (Å)	W_2 (Å)	W_3 (Å)	W (Å)
H (Ca)	3.8	3973.7	8.97	6.6	12.9	13.2	10.0	12.0+1.8
H + H eps	4.0	3967.6	7.06	7.6	9.3	10.1	(6.0)	9.7+0.6
Banda G	2.7	4298.5	12.79	10.8	8.0	6.9	8.6	7.8+0.9
Mg I	3.9	5172.3	7.61	16.5	4.5			
MgH	1.3	5182.4	8.72	16.5	1.7			
Mg I + MgH					6.2	5.3	(9.9)	5.8+0.6
Na I	6.7	5892.9	7.56	18.6	6.8	6.7	6.7	6.7+0.1

NOTA: H + H epsilon, H (Ca) e banda G mal definidas.

Tabela 4.2.4.b - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

I_0N	$I_0(E-15)$	$L_0(H)$	$\text{SIG}(H)$	$\text{FWHM}(km/s)$	$I(E-15)$	$L(E+40)$
[NeIII]	3.3	3865.9	3.5	640	29.0	0.049
H delta	1.5:	4105.3	3.2	550	12.0:	0.020:
H gama	2.9	4339.4	3.2	521	23.3	0.039
H β	4.6	4860.9	3.2	465	36.9	0.063
[OIII]						
C1	45.4	5007.5	2.9	409	330.1	0.560
C2	7.5	5008.2	7.1	1002	133.5	0.230
C1+C2					463.6	0.790
[OI]	3.6:	6300.5	3.8	426	34.3:	0.058:
H alfa	18.4	6561.7	4.1	441	189.13	0.320
[NII]	28.5	6582.9	3.9	419	278.7	0.472
[SII]	6.7	6713.7	3.8	400	63.8	0.108
[SII]	6.1	6729.9	3.8	400	58.1	0.099
						LT = 2.808
Ruido	1.5		2		7.5	

Tabela 4.2.4.c - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro de alta dispersão.

I_0, I e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, e L em ergs/s .

IDN	$I_0(\text{E-15})$	$L_0(\text{Å})$	$\text{SIG}(\text{Å})$	$C(\text{E-15})$	$\text{FWHM}(\text{Km/s})$	$I(\text{E-15})$	$W(\text{Å})$	$L(\text{E+40})$
[OIII]	18.8	4960.1	2.4	11.7	342	113.1	9.7	0.192
[OIII]	44.3	5007.2	2.6	11.7	367	288.8	24.7	0.490

Tabela 4.2.4.d - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção.

I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$.

Linha	$-I_0(\text{E-15})$	$L_0(\text{Å})$	$\text{SIG}(\text{Å})$	$C(\text{E-15})$	$W1(\text{Å})$	$W2(\text{Å})$	$W3(\text{Å})$	$W(\text{Å})$
K(Ca)	2.6	3936.3	9.1	5.0	11.9	12.2	9.2	11.1+1.7
H+H eps	2.6	3968.2	9.44	5.9	10.4	10.1	(4.1)	10.3+0.2
Banda G	2.7	4304.0	6.93	8.2	5.7	8.0	8.9	7.5+1.7
Mg I	2.1	5169.2	3.04	10.9	1.5			
MgH	0.7	5183.7	1.28	10.9	0.2			
Mg I+MgH					1.7	2.3	(7.4)	2.0+0.4
Fe I/La I	2.3	5265.4	2.60	11.8	1.3	2.1	3.9	2.4+1.3
Na I	3.6	5890.3	5.80	13.3	3.9	3.4	3.7	3.7+0.3

NOTA: Linhas de absorção mal definidas.

Tabela 4.2.5.b - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

ION	$I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{A})$	$\text{SIG}(\text{A})$	$\text{FWHM}(\text{km/s})$	$I(\text{E}-15)$	$L(\text{E}+40)$
[NeIII]	4.4	3869.9	3.2	584	35.3	0.057
[OIII]						
C1	12.7	5005.0	5.5	776	175.1	0.280
C2	16.6	5006.1	2.2	310	91.6	0.150
C1+C2					266.7	
H alfa	11.3	6562.4	3.0	323	84.99	0.137
[NII]	25.4	6582.1	3.2	343	203.8	0.330
[SII]	5.7	6713.6	2.8:	294:	40.0:	0.064:
[SII]	4.9	6731.4	2.8:	294:	34.4:	0.055:
						LT = 1.338
Ruido	2.5		2.8		17.5	

Tabela 4.2.5.c - Parâmetros das gaussianas I_0, L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro de alta dispersão. I_0 e L em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em $\text{ergs/s}/\text{\AA}$.

ION	$I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{A})$	$\text{SIG}(\text{A})$	$I(\text{E}-15)$	$\text{FWHM}(\text{km/s})$	$I(\text{E}-15)$	$W(\text{A})$	$L(\text{E}+40)$
[OIII]	32.4	5006.5	2.0	17.8	282	162.5	9.1	0.262
H alfa:	11.5:	6563.8	1.9:	18.2	204:	54.8:	3.0:	0.088:
[NII]	18.4	6583.8	2.8:	18.2	300:	129.2:	7.1:	0.208:

NOTA: Espectro muito ruidoso.

Tabela 4.2.5.d - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$.

Linha	$-I_0(E-15)$	$L_0(\text{Å})$	$SIG(\text{Å})$	$C(E-15)$	$W1(\text{Å})$	$W2(\text{Å})$	$W3(\text{Å})$	$W(\text{Å})$
κ(Ca)								
C1	5.6	3985.2	6.52	11.3	8.1			
C2	2.8	3949.1	4.36	11.9	2.6			
C1+C2					10.7	10.7	9.1	10.2±0.9
H+H eps	7.7	3972.8	8.08	12.9	12.1	12.3	(9.0)	12.2±0.1
Banda G	4.6	4306.8	6.96	16.8	4.8	4.4	6.5	5.2±1.1
H β	3.4	4862.4	4.78	23.3	1.7	2.7	3.5	2.6±0.9
Mg I+MgH					3.7	4.0	(8.3)	3.9±0.2
Fe I/Ca I	5.6	5270.5	4.12	25.1	2.3	2.4	3.7	2.8±0.8
Na I	6.9	5894.8	4.45	25.7	3.0	3.0	3.9	3.3±0.5

NOTA: H β parece ter emissão dentro da absorção, emissão deslocada para o azul.

- 4.2.6 - NGC 7743

Tabela 4.2.6.a - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total e meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro sem subtração da componente estelar. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

IDN	$I_0(E-15)$	$L_0(\text{Å})$	$SIG(\text{Å})$	$C(E-15)$	FWHM(Km/s)	$I(E-15)$	$W(\text{Å})$	$L(E+40)$
[OIII]	4.8	3731.3	4.0	4.4	753	47.8	10.8	
	5.9	3727.3	3.2	5.9	599	46.7	7.9	
			3.6±.6		676±109	47.3±.8	9.4±2.1	.029±.005

Tabela 4.2.6.a - (continuação)

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	L(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[NeIII]	2.5	3872.6	4.2	7.0	767	26.3	3.8	
	2.9	3867.6	2.6	8.6	477	18.9	2.2	
			3.4+1.1		622+205	22.6+5.2	3.0+1.1	.139+.032
[OIII]	7.5	5005.4	3.6	19.3	512	68.3	3.5	
	7.3	5006.5	3.1	20.0	433	56.2	2.8	
			3.4+.4		473+56	62.3+8.6	3.2+.5	.376+.059
H alfa	4.3	6557.5	4.0	18.4	426	45.7	2.3	
	4.4	6564.4	5.2	21.0	558	57.1	2.7	
			4.6+.9		492+93	49.9+10.2	2.5+.3	.305+.062
[NII]								
C1	8.9	6577.9	3.0	18.4	319	66.3	3.6	
C2	7.0	6578.4	5.5	18.4	587	96.0	5.2	
C1+C2						162.3	8.8	
C1	15.6	6584.2	3.3	21.0	352	128.3	6.1	
C2	5.6	6583.3	5.1	21.0	552	72.2	3.4	
C1+C2						200.5	9.5	
						181.4+27.0	9.2+.5	1.109+.165
[SII]	4.5	6713.8	4.7	18.1	498	53.4	2.9	
	5.6	6717.2	3.5	19.7	369	56.3	2.9	
			4.1+.9		434+91	54.9+2.1	2.9+0	.335+.013
[SII]	4.2	6726.2	4.7	18.1	498	49.8	2.8	
	5.6	6732.7	3.5	19.7	369	49.3	2.5	
			4.0+.9		434+91	49.6+.4	2.7+.2	.303+.002
Somente no 2º espectro:								
[HeII]	3.5	3780.8	3.2	6.9	600	29.0	4.2	.177
Ruido	1.8		2.1			9.5	1.5	
								L ₁ = 3.033

Tabela 4.2.6.b - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , largura total a meia altura, intensidade e luminosidade das linhas de emissão. Espectro com componente estelar subtraída. I_0 em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em ergs/s .

λ (\text{\AA})	I_0 (E-15)	L_0 (H)	SIG (\text{\AA})	FWHM (km/s)	I (E-15)	L (E+40)
[NeIII]	3.0 2.95:	3870 3868.5	3.1 5.13: 4.1+1.4	566 937: 752+262	23.3 37.9: 30.6+10.3	 0.187+.060
[OIII]	7.8 7.7	5004.3 5004.3	3.54 3.46 3.5+.1	500 489 495+8	69.9 66.8 68.4+2.2	 0.417+.013
H alfa	8.0 8.5	6562.6 6562.9	3.83 4.20 4.02+.26	412 452 432+28	76.8 89.5 83.2+9.0	 0.508+.041
[NII]	14.3 19.5	6582.7 6582.7	4.11 3.64 3.88+.33	441 391 416+35	147.3 177.9 162.6+21.6	 0.994+.132
[SII]	3.8: 7.2	6716.7 6714.6	5.33: 3.7 4.5+1.2	561: 389 475+121	50.8: 66.8 58.8+11.3	 0.359+.070
[SII]	3.8: 5.8	6729.7 6729.9	5.33: 3.7 4.5+1.2	561: 389 475+121	50.8: 53.8 52.3+2.1	 0.320+.010
Somente no 2. espectro						
? He	2.0	4683	4.5	679	22.6	0.138
						----- LT=2.923
Ruido	2.4		2.6		15.6	

Tabela 4.2.6.c - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , fluxo no contínuo, largura total a meia altura, intensidade, largura equivalente e luminosidade nas linhas de emissão. Espectro de alta dispersão. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$, I em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}$ e L em $\text{ergs/s}/\text{Å}$.

fON	$I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{Å})$	$\text{SIG}(\text{Å})$	$C(\text{E}-15)$	$\text{FWHM}(\text{km/s})$	$I(\text{E}-15)$	$W(\text{Å})$	$L(\text{E}+40)$
[OIII]:	11.0	5009.0	1.8	14.3	254	49.6	3.5	0.303
H alfa	7.18	6566.5	3.2	12	344	57.6	4.8	0.352
[NII]	15.0	6587.1	3.0	12	321	112.8	9.4	0.689

NOTA: Espectro muito ruidoso.

Tabela 4.2.6.d - Parâmetros das gaussianas I_0 , L_0 e Sig , valor do contínuo e larguras equivalentes das linhas do espectro de absorção. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{Å}$.

LINHA	$-I_0(\text{E}-15)$	$L_0(\text{Å})$	$\text{Sig}(\text{Å})$	$C(\text{E}-15)$	$W1(\text{Å})$	$W2(\text{Å})$	$W3(\text{Å})$	$W(\text{Å})$
H9						6.1 4.9	7.4 6.8	6.4+0.6
H8						3.7 3.5	4.1	3.8+0.1
K (Ca)	4.9 6.3	3938.9 3934.9	7.38 6.09	9.6 11.0	9.4 8.7	10.0 8.8	8.6 7.8	8.9+0.6
H+H EPS	6.2 6.5	3972.7 3969.4	7.20 7.69	10.6 11.9	10.6 10.5	11.0 10.5	(8.8) (8.4)	10.7+0.2
H DELTA	3.9 3.5	4104.8 4102.9	3.90 5.18	12.7 13.7	3.0 3.3	2.9 3.4	3.7 4.0	3.4+0.3
BANDH G	3.4 3.3	4307.0 4305.9	6.29 6.33	14.7 15.7	3.7 3.3	4.0 3.9	4.6 6.1	4.3+0.2

Tabela 4.2.6.d - (continuaçã0)

LINHA	-I ₀ (E-15)	L ₀ (A)	Sig(A)	C(E-15)	W1(A)	W2(A)	W3(A)	W(A)
H GAMMA	2.4 2.3	4343.8 4342.6	6.98: 5.94:	15.4 16.2	2.7 2.1	3.3 2.0	3.8 2.8	2.8+0.7
Hβ*	3.0 3.7	4864.7 4865.6	9.42 8.70	19.4 20.0	3.7 4.0	3.5 4.3	6.2 6.8	4.8+0.4
Mg I+MgH					3.2 3.2	3.1 3.5	(6.9) (7.4)	3.3+0.1
FeI/Cal	3.6 2.5	5267.9 5268.9	6.36 7.16:	21.6 20.8	2.7 2.2	1.5 1.5	3.5 3.7	2.6+0.1
Na I	2.5 2.8	5889.9 5892.1	4.26 4.89	21.3 21.4	1.3 1.6	1.5 1.7	1.6 1.8	1.6+0.1

*Nota: Parece ter emissão dentro da absorção, emissão deslocada para o azul.

- 4.2.7 - NGC3521

Esta galáxia não tem emissão (a menos da pequena emissão em H alfa discutida no capítulo 3). Os dados referentes ao espectro de absorção são apresentados na tabela 4.2.7.

Tabela 4.2.7 - Parâmetros do ajuste de gaussianas às linhas do espectro de absorção e larguras equivalentes das linhas. I_0 e C em $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$

Linhas	$-I_0(E-14)$	$L_0(\text{\AA})$	$SIG(\text{\AA})$	$C(E-14)$	$W1(\text{\AA})$	$W2(\text{\AA})$	$W3(\text{\AA})$	$W(\text{\AA})$
K(Ca)	4.1	3934.6	7.35	6.8	11.2	10.9	10.9	11.0+0.2
H+H eps	4.7	3967.4	6.79	7.4	10.9	10.3	(9.2)	10.6+0.4
H delta	2.4	4100.3	5.38	9.7	3.3	2.1	3.1	2.8+0.7
Banda G	3.3	4302.0	7.63	11.4	5.6	6.1	6.9	6.2+0.7
H gama	2.3	4340.3	3.11	11.4	1.5	1.5	2.1	1.7+0.3
H β	2.9	4862.3	9.75	14.9	4.8	4.4	6.0	5.1+0.8
Mg I+MgH					5.0	6.4	(11.5)	5.7+1.0
Fe I/Ca I	3.0	5264.4	6.17	15.6	3.0	4.1	5.5	4.2+1.3
Na I	5.6	5888.6	7.00	15.9	6.2	7.3	9.6	7.7+1.7
H alfa	2.0	6562.3	3.48	15.5	1.1	1.3		1.2+0.1

4.3 - Ajuste de gaussianas às linhas de emissão das outras galáxias observadas

Nesta seção são apresentados os parâmetros do ajuste de gaussianas às linhas de emissão do espectro em alta dispersão das galáxias NGC1667, NGC3281, NGC4507, NGC4939, NGC5253, NGC6814, NGC7469, NGC7552 e RNGC424. As unidades de I_0 , I e L são $\text{ergs/cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$. Para NGC5253 são também apresentados, na tabela 'b', parâmetros do ajuste de gaussianas às linhas do espectro de baixa dispersão, obtidos por Charles Bonatto.

Tabela 4.3.1 - NGC1667

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	L(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[OIII]	13.8	5007.5	1.8	12.1	254	62.3	5.1	3.228
H alfa	37.3	6561.9	1.8	9.1	194	168.3	18.5	8.720
[NII]	9.6	6547.3	1.8	9.1	194	43.3	4.8	2.244
[NII]	12.1	6582.7	2.1	9.1	225	63.7	7.0	3.300

NOTA: Reparar que [NII]6548 é quase igual a [NII]6584.

Tabela 4.3.2 - NGC3281

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	L(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[OIII]								
C1	18.0	5006.1	1.6	8.6	226	73.8	8.6	1.492
C2	11.4	5006.3	3.4	8.6	480	97.2	11.3	1.965
C1+C2						171.0	19.9	3.457

Tabela 4.3.3 - NGC4507

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	L(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
H β	15.6	4863.0	2.8	11.5	407	109.5	9.5	2.400
[OIII]								
C1	83.5	5006.8	1.7	11.7	240	355.9	30.4	7.802
C2	15.6	4993.3	3.5	11.7	494	136.9	11.7	3.001
C3	58.4	5005.5	4.4	11.7	621	644.2	55.1	14.120
C1+C2+C3						1137.0	97.2	24.923

Tabela 4.3.4 - NGC4939

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	C(E-15)	FWHM(km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[OIII]								
C1	33.8	5007.8	2.1	7.3	296	177.9	24.4	3.090
C2	7.7	5004.5	3.8	7.3	537	73.4	10.0	1.275
C1+C2						251.3	34.4	4.365

Tabela 4.3.5 - NGC6814

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	C(E-15)	FWHM(km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[OIII]	18.3	5007.4	2.0	9.7	282	91.8	9.5	0.508
H alfa								
C1	7.0	6565.8	2.7	11.1	291	47.4	4.3	0.262
C2(?)	3.1	6539.8	35.7	11.1	3857(?)	277.5	25.0	1.535
C1+C2						324.9	29.3	1.797
[NII]	16.0	6587.5	2.7	11.1	290	108.3	9.8	0.599

Tabela 4.3.6 - NGC7469

ION	I ₀ (E-15)	L ₀ (Å)	SIG(Å)	C(E-15)	FWHM(km/s)	I(E-15)	W(Å)	L(E+40)
[OIII]								
C1	90.5	5006.2	2.4	22.5	339	544.5	24.2	29.080
C2	19.6	5002.4	6.0	22.5	847	294.8	13.1	15.740
C1+C2						839.3	37.3	44.820

Tabela 4.3.7 - RNGC424

ION	I ₀ (E-15)	Lo(A)	SIG(A)	C(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(A)	L(E+40)
[OIII]								
C1	30.3	5008.0	2.0	7.2	282	151.9	21.1	4.050
C2	25.3	5004.3	5.5	7.2	777	348.8	48.4	9.299
C1+C2						500.7	69.5	13.349
H alfa								
C1	13.3	6560.1	4.0	8.9	431	133.4	15.0	3.556
C2	13.5	6558.3	12.4	8.9	1336	419.7	47.2	11.190
C1+C2						553.1	62.2	14.746
[NIII]:	5.4	6581.1	6.7	8.9	719	90.7	10.2	2.418

Tabela 4.3.9.a - NGC5253

ION	I ₀ (E-15)	Lo(A)	SIG(A)	C(E-15)	FWHM(Km/s)	I(E-15)	W(A)	L(E+40)
H β	1110	4861.6	1.3	30	189	3620	120.6	1.173
[OIII]	4270	5006.7	1.5	40	212	16060	401.4	5.203

Tabela 4.3.9.b - NGC5253

ION	Lo(A)	I(E-13)	W(A)	FWHM(Km/s)
[ArIIII]	7135	1.53	19.12	241.61
[SIII]	6731	3.21	40.07	243.51
[SII]	6717	3.34	41.75	229.29
HeI	6678	0.83	10.38	357.59
[NIII]	6583	4.89	61.13	282.26
H alfa	6563	69.65	870.57	240.06
[NII]	6548	1.63	20.35	283.77
[SIIII]	6312	0.63	7.91	310.05
[OI]	6300	0.78	9.70	338.67
HeI	5876	2.49	27.62	321.03

Tabela 4.3.9.b - (continuação)

fON	Lo(H)	I(E-13)	W(A)	FWHM(Km/s)
[OIII]	5007	71.09	592.41	481.16
[OIII]	4959	29.49	245.75	370.42
H beta	4861	16.50	137.51	327.02
HeI	4471	0.93	6.66	641.55
[OIII]	4363	1.30	9.32	557.04
Hg	4340	7.74	55.28	439.53
Hd	4102	3.68	26.26	439.19
[NeIII]	3968	3.86	27.56	539.49
HeI+H8	3888	2.66	19.01	534.24
[NeIII]	3869	7.35	52.50	553.29
H9	3835	0.93	6.68	553.67
[OIII]	3727	42.82	236.68	743.09

4.4 - Larguras equivalentes dos espectros estelares

São apresentados aqui os valores das larguras equivalentes das linhas de absorção de 20 espectros estelares escolhidos a partir da biblioteca de Gunn e Stryker (1982) de forma a conter uma sequência de tipos espectrais e também diferentes classes de luminosidade.

O método utilizado para o cálculo das larguras equivalentes está descrito no capítulo 3.

As colunas da tabela 4.4.1 trazem a seguinte informação:

- coluna 1: identificação da estrela através do seu nº no trabalho de Gunn e Stryker(1982)

- coluna 2: tipo espectral e classe de luminosidade
- colunas 3-12 : larguras equivalentes em ângstrons das linhas identificadas no alto de cada coluna, onde :
 - K(Ca) : linha K do cálcio
 - H+HEPS : linha H do Ca e H epsilon do hidrogênio
 - H DEL : linha H delta do hidrogênio
 - B G : banda G
 - H GAM : linha H gama do hidrogênio
 - H β : linha H beta do hidrogênio
 - Mg+MgH : linhas do magnésio neutro e da molécula MgH em 5167, 70, 73, 84 e 5186 ângstrons
 - Fe/Ca : linhas do ferro neutro e do cálcio neutro em 5269, 70, 73 ângstrons
 - Na I : linhas do sódio neutro em 5890, 96 ângstrons
 - H ALF : linha H alfa do hidrogênio

Tabela 4.4.1 - Larguras equivalentes das linhas de absorção dos espectros estelares

Nº	TIPO	K(Ca)	H+HEPS	H DEL	B G	H GAM	H β	Mg+MgH	Fe/Ca	Na I	HALF
24	G5V	1.5	7.8	18.9	:	21.1	19.6	:	:	:	12.5
88	H5111I	1.6	7.7	15.4	:	22.2	15.4	:	:	:	8.1
31	F4V	3.5	7.1	8.2	2.0	7.7	7.7	:	:	:	6.7
92	F5IV	7.3	6.9	2.8	4.8	3.5	5.0	2.2	1.4	:	3.9
33	F6V	6.4	7.6	4.4	2.3	4.8	6.8	:	:	2.2	7.6
35	F8V	8.5	7.9	2.5	4.8	3.2	6.3	3.8	2.1	2.1	4.5
36	G0V	7.7	7.7	1.8	5.8	2.1	4.4	5.1	2.6	1.5	4.7
45	G2V	7.7	5.7	2.0	7.5	2.4	4.4	4.7	2.5	3.1	3.0
93	G21V	6.2	4.5	2.2	6.5	3.0	3.2	4.0	2.9	0.7	2.6

Tabela 4.4.1 - (continuação)

No	TIPO	K(Ca)	H+HEPS	H DEL	B.G	H GAM	H β	Mg+MgH	Fe/Ca	Na I	HALF
96	G6IV	12.0	12.4	0.9	7.4	1.8	4.4	3.7	2.4	2.0	2.3
49	G8V	8.3	5.5		5.9	0.9	3.0	9.8	2.8	1.9	1.1
54	G8V	10.2	5.3		9.0		4.1	7.6	4.9	4.5	1.7
109	G8III	10.6	7.0		10.0		5.4	7.9	3.9	6.1	:
111	K0III	13.2	10.7		7.9		5.3	4.0	2.7	4.3	1.6
115	K0III	11.1	5.8		9.3		5.9	11.9	5.3	3.1	2.6
134	K2III	13.2	8.9		10.1		5.8	13.7	5.4	5.8	1.8
56	K3V	8.0	3.7		8.8		6.7	19.6	4.8	7.2	:
129	K3III	13.1	7.9		10.7		5.5	18.1	6.1	5.4	0.7
145	K4III	13.4	7.9		10.9		7.0	20.1	6.1	1.8	1.0
59	K8V	7.3	3.0	0.9	9.5		12:	31:	9.8	9.2	:

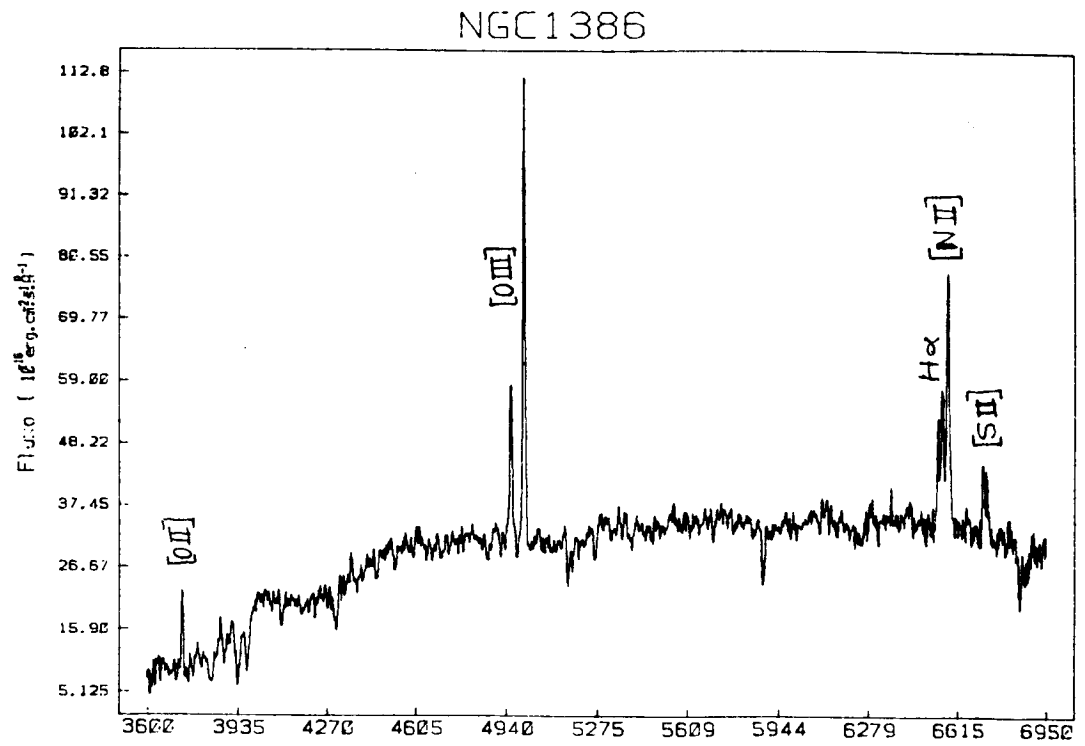
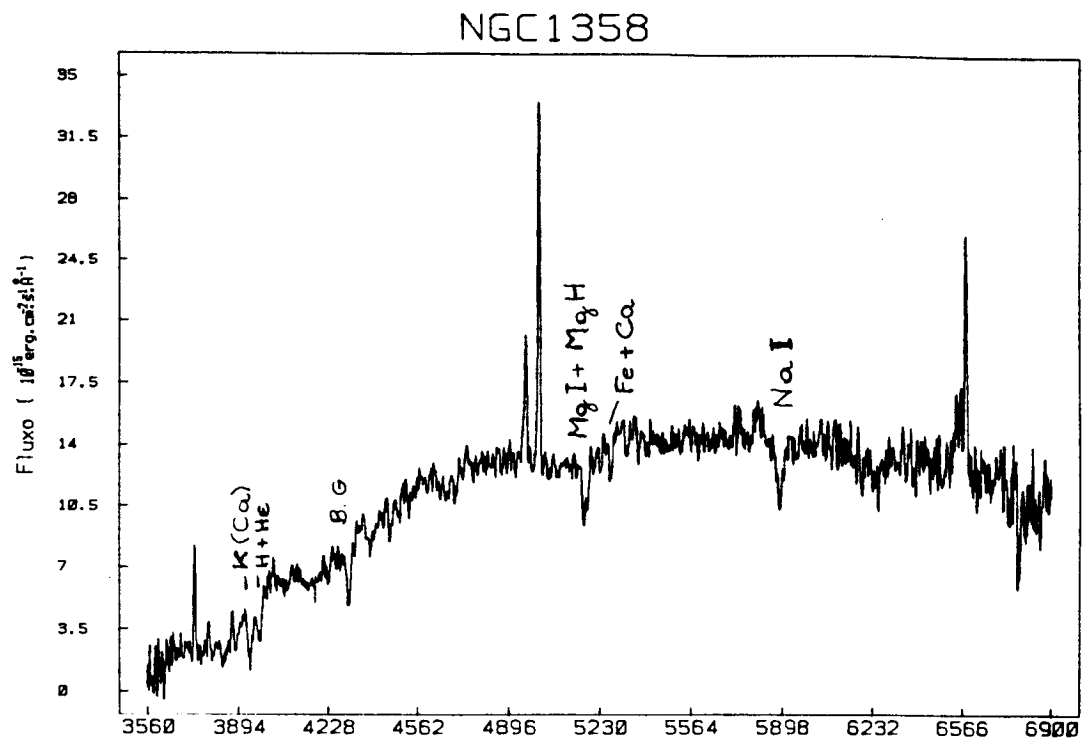
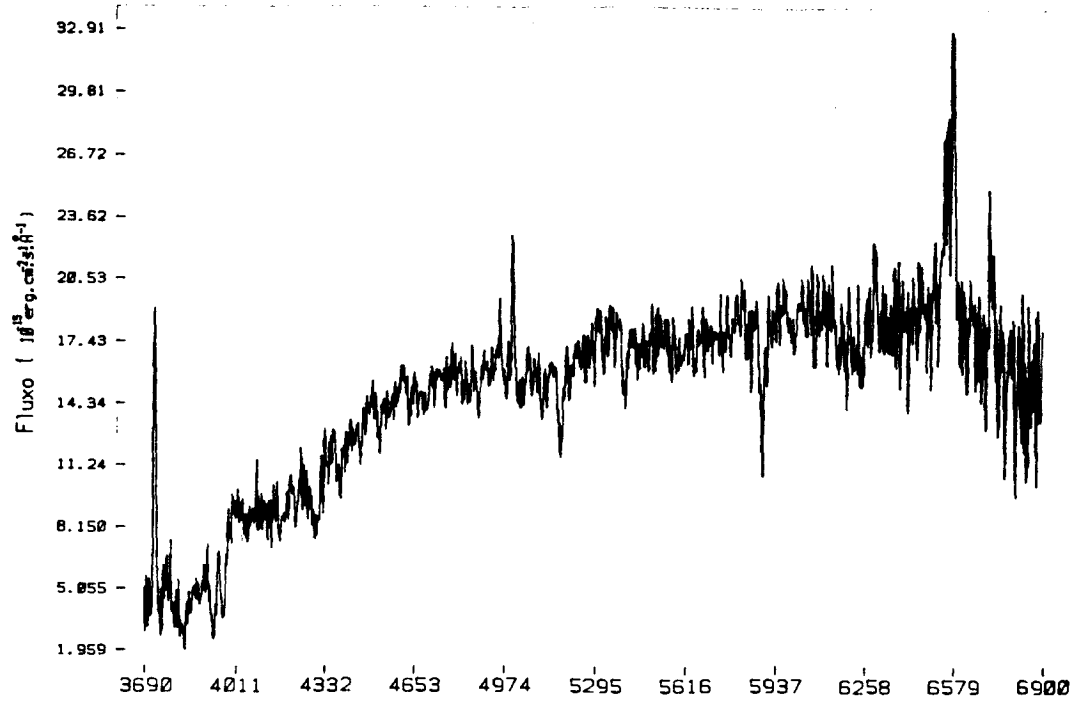


Figura 4.1.a - Espectros de NGC1358 e NGC1386 corrigidos por avermelhamento e redshift

N3312



NGC4941

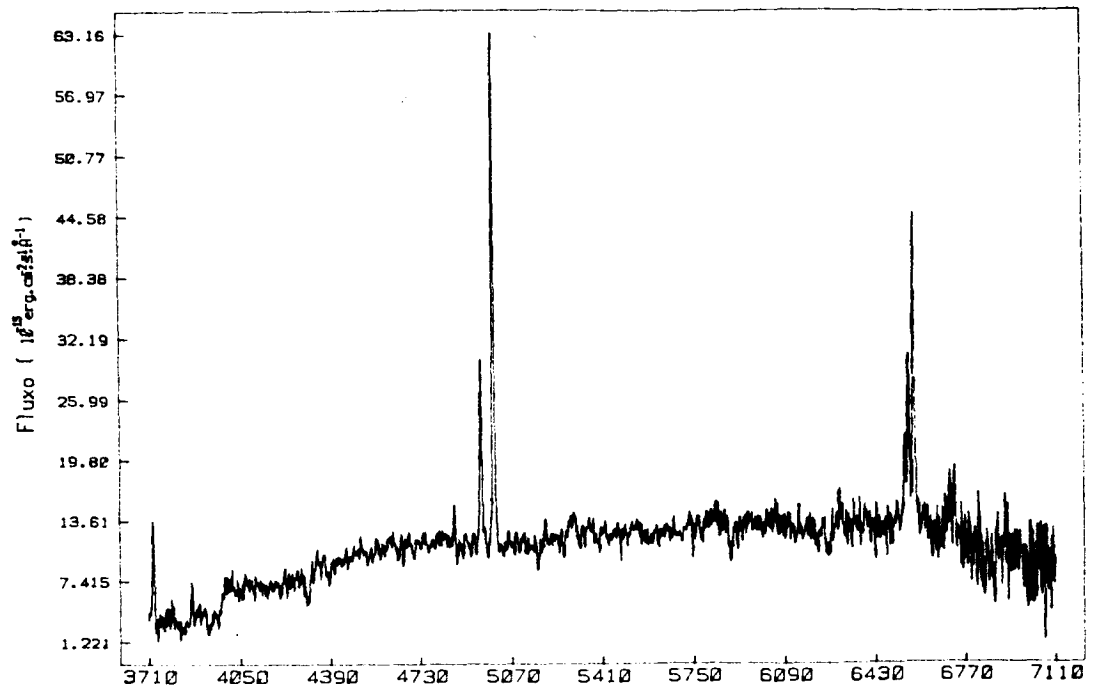


Figura 4.1.b - Espectros de NGC3312 e NGC4941 corrigidos por avermelhamento e redshift

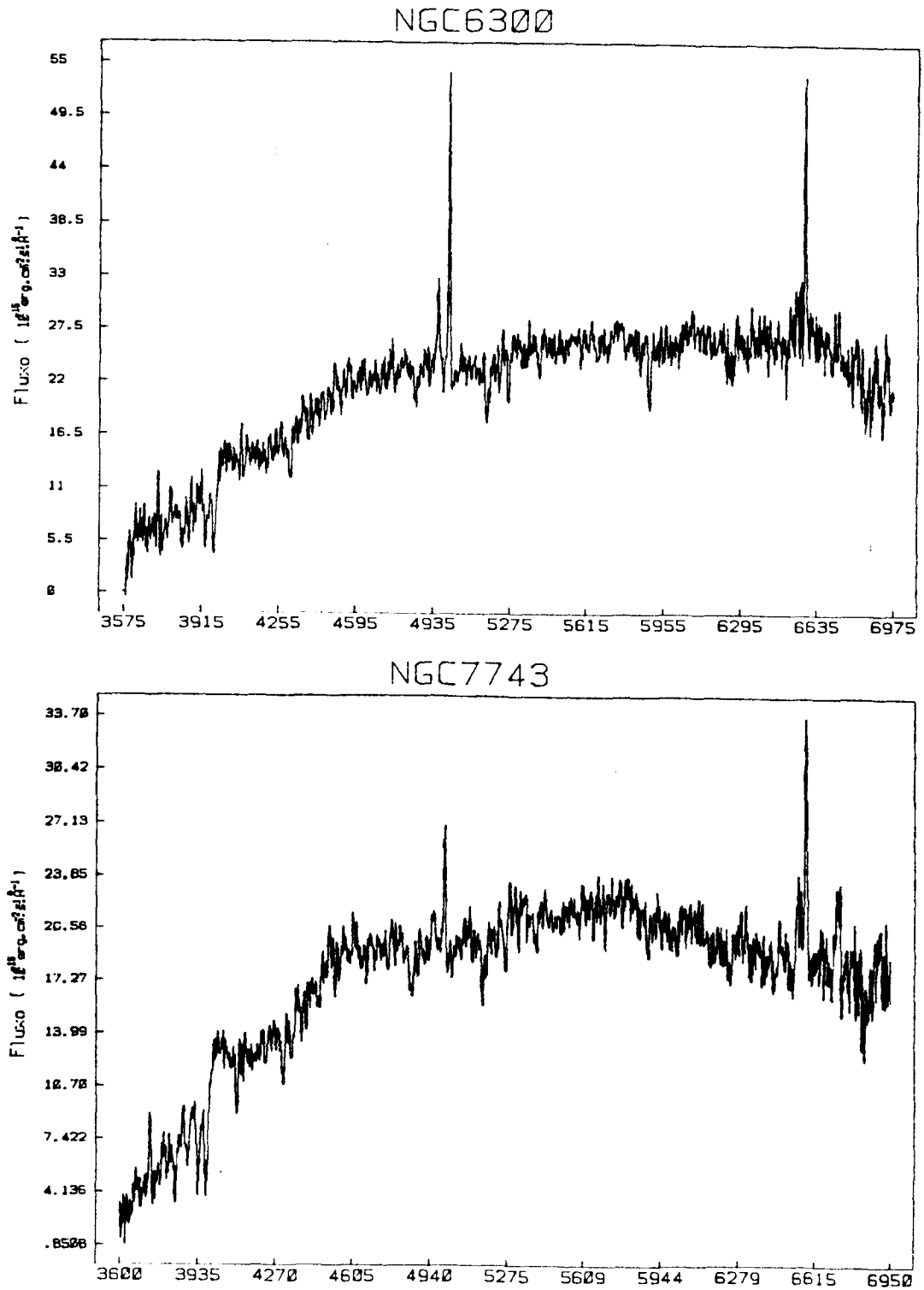


Figura 4.1.c - Espectros de NGC7743 e NGC6300 corrigidos por avermelhamento e redshift

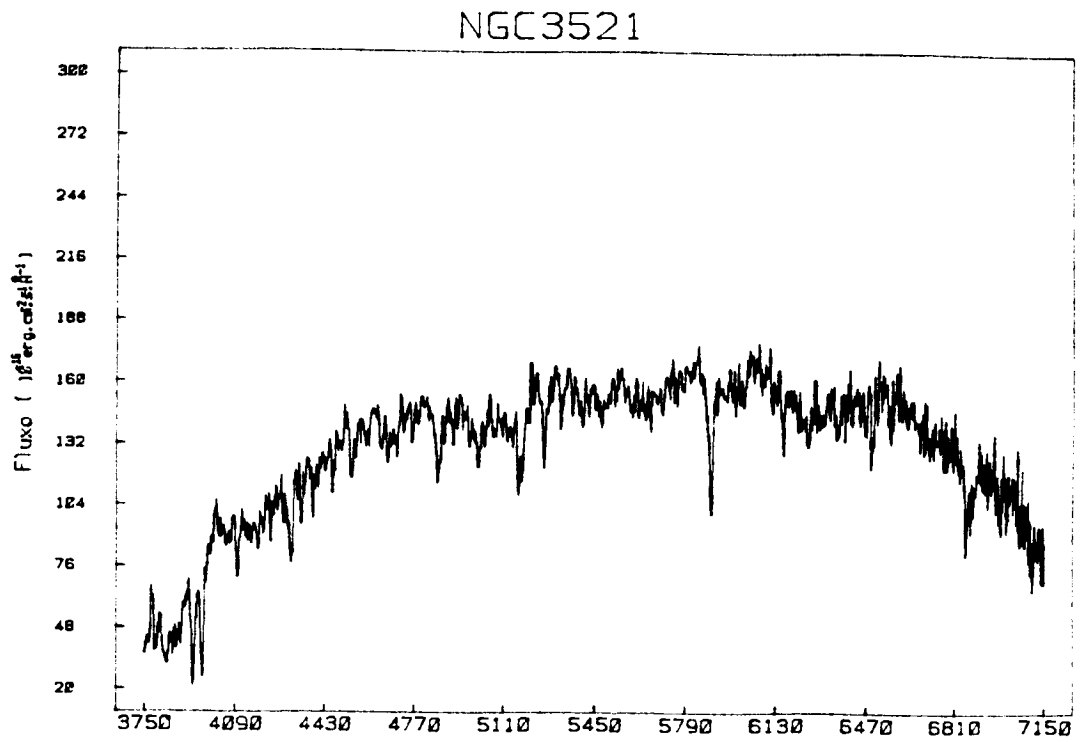


Figura 4.1.d - Espectro de NGC3521 corrigido por avermelhamento e redshift

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS PERFIS DAS LINHAS DE EMISSÃO

A análise dos perfis das linhas de emissão permite a obtenção de informação sobre a cinemática e estrutura do gás emissor.

Supondo uma distribuição Maxwelliana de velocidades na região que emite a radiação, pode-se assumir um perfil gaussiano para a linha, em que a largura total à meia altura fornece uma medida da velocidade de turbulência do gás, e o comprimento de onda central indicara a velocidade radial da região como um todo. A existência de mais de uma região com propriedades cinemáticas diferentes se revelara pela presença de mais de uma componente gaussiana para descrever o perfil da linha.

A partir da análise dos perfis de [OIII]5007 em 36 galáxias Seyfert e rádio galáxias, com resolução espectral de 2 Å, Heckman et al. (1981), concluíram que os perfis são na maioria assimétricos, identificando 2 possíveis estruturas: (a) um "core" estreito; (b) uma base larga com desvio para o azul. Encontrou correlação entre o grau de assimetria e a razão H α /H β .

Whittle (1985a,b,c), em um trabalho mais recente, estudou o perfil de [OIII] 5007 de 42 galáxias com núcleo ativo, com resolução

de cerca de 1 Å. Verificou, também, uma grande predominância de assimetrias para o azul. Somente uma galáxia mostrou clara assimetria para o vermelho. Whittle concluiu que a assimetria é marcada na base da linha e diminui para o centro da mesma. Verificou também que a largura das linhas não depende do grau de atividade nuclear, ou seja, não depende se o núcleo ativo é um LINER, Seyfert 1 ou Seyfert 2, mas depende sim da presença ou não de um núcleo ativo, uma vez que nos núcleos "Starburst" e galáxias HII encontrou linhas mais estreitas e sem assimetria. Concluiu que a largura das linhas aumenta com a luminosidade da linha. Ao contrário de Heckman et al. (1981), Whittle não encontrou correlação entre o grau de assimetria e a razão $H\alpha/H\beta$.

Neste capítulo são discutidos os resultados da análise dos perfis das linhas de emissão das galáxias NGC1358, NGC1386, NGC3312, NGC4941, NGC6300 e NGC7743, através do ajuste de gaussianas às mesmas. Primeiramente cada galáxia será discutida individualmente, e no final os resultados obtidos para os perfis das linhas $[OIII] \lambda 5007$ serão comparados com os obtidos para as outras galáxias com núcleo ativo.

A análise do perfil será baseada em tabelas construídas a partir das do capítulo 4, que sintetizam os parâmetros característicos das linhas de emissão de cada galáxia. A largura total e meia altura apresentada em cada tabela foi corrigida pelo perfil instrumental através da relação:

$$(FWHM)^2 = (FWHM)_{\text{obs}}^2 - (FWHM)_{\text{instr}}^2$$

onde a $FWHM_{\text{instr}}$ adotada para cada comprimento de onda é igual ao valor apresentado pelas linhas da lâmpada de comparação (tabelas 3.1 a 3.4). A relação acima é utilizada por diversos autores, como Wittke (1985) e Phillips et al. (1983).

5.1 - Análise dos perfis de cada galáxia - Condições cinemáticas

5.1.1 - NGC 1358

A tabela 5.1.1 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 1358, após correção pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.1

Linha	λ_{lab}	FWHM	F
[OIII]	3730.0+4.0	414+88	68.0+29.4
[NeIII]	3866.4+2.3	491+4	18.1+0.1
H delta	4100.3+2.8	365 ^a	15.7+4.4
H gama	4339.9+0.6	365 ^a	20.2+2.0
H	4862.2+0.2	365 ^a	24.5+1.7
[OIII] λ_{c}	5005.7+1.3	106+30	16.8+4.4
[OIII] λ_{c}	5006.0+0.8	365+28	156.7+5.2
H alfa	6562.5+0.1	421+87	85.6+26.02
[NII]	6583.0+0.6	358+18	138.7+23.3
[SII] ^b	-	-	100.4:
RUIDO			9.5

^a Hdotado de [OIII]

^b Impossível ajustar duas gaussianas; valor do fluxo só é estimado da soma das duas linhas.

Todas as linhas apresentam perfis alargados em relação aos perfis da lâmpada de comparação, indicando a presença de movimentos turbulentos no gas nuclear. A FWHM corrigida é da ordem de 350 Km/s para todas as linhas, indicando que as mesmas provêm de uma mesma região ou de regiões com idênticas propriedades cinemáticas.

Em alta dispersão foi possível detectar uma segunda componente muito estreita no perfil da linha [OIII] 5007, com FWHM da ordem do valor instrumental, que está presente nos dois espectros obtidos para esta galáxia. A figura 5.1 mostra o ajuste das 2 componentes ao perfil da linha [OIII] 5007 para NGC1358.

A segunda componente detectada indica a existência de uma região distinta da 1ª, de velocidade de turbulência muito baixa e também de baixa luminosidade.

Não existe movimento radial significativo de uma componente em relação à outra.

5.1.2 - NGC1386

A tabela 5.1.2 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 1386, corrigidos pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.2

Linha	λ_0	FWHM	F
[OII]	3729.6+1.7	499+40	143.0+12.3
[NeIII]	3868.8+0.4	669+150	70.6+3.9
H	4861.7+0.1	542+186	78.9+28.6
[OIII] C ₁	5006.9	157	163.6
C ₂	5009.6	543	719.4
Halfa C ₁	6564.8	112	51.8
C ₂	6565.2	383	318.5
[NII] C ₁	6584.9	124	100.9
C ₂	6586.2	474	351.4
[SII]	6716.5+0.7	330+32	102.7+43.9
[SII]	6730.9+0.2	330+32	89.7+13.9
RUIDO			13.3

Esta galáxia apresenta duas componentes nas linhas [OIII], [NII] e H alfa do espectro de alta dispersão.

As componentes largas do [OIII] e do [NII] têm valores para a FWHM da ordem de 500 km/s, sendo produzidas ambas numa região de velocidade de turbulência relativamente alta. O valor da componente larga de H alfa é um pouco menor, mas é provavelmente devido ao espectro de absorção subjacente, que faz com que parte da emissão esteja preenchendo a linha de absorção, uma vez que neste espectro (de alta dispersão) não foi subtraída a componente estelar.

As componentes estreitas apresentam valores muito semelhantes para a FWHM, da ordem do valor instrumental, sendo todas

produzidas, provavelmente, numa mesma região de baixa velocidade de turbulência.

A figura 5.2 mostra o ajuste das 2 componentes às linhas [OIII]5007,4959 e [NII]+H alfa de NGC1386.

A partir desta figura e da tabela 5.1.2 verifica-se que existe uma diferença significativa entre os comprimentos de onda centrais das 2 componentes: para [OIII]5007 a componente larga está desviada para o vermelho em 2.7 \AA , o que corresponde a uma velocidade relativa entre as duas componentes de 162 km/s ; para [NII]6548,6584 se observa o mesmo efeito só que a velocidade relativa é menor, de 59 km/s . Para H alfa a diferença não chega a ser significativa, embora seja no mesmo sentido: 18 km/s .

Juntando todos os resultados acima, um possível cenário seria o seguinte: uma região relativamente próxima à fonte com velocidade de turbulência de cerca de 500 km/s com movimento radial (contração ou expansão) que decresceria com a distância à fonte central. O OIII, que tem maior potencial de ionização, seria produzido mais próximo à fonte, sofrendo um movimento radial maior. Um pouco mais longe seria produzido o NII, que tem menor potencial de ionização e sofreria um movimento radial menor. Além desta região, existiria uma outra, com baixa velocidade de turbulência, onde seriam produzidas as componentes estreitas.

5.1.3 - NGC3312

A tabela 5.1.3 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 3312, corrigidos pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.3

Linha	λ_0	FWHM	F
[OII]	3726.5	544	143.2
H	4862.7	336	35.8
[OIII]	5007.3	500	72.5
[OII]	6301.1	569:	63.3
H alfa	6563.0	437	135.5
[NII]	6582.9	635:	209.1
[SII]	6716.2	339:	68.4:
[SII]	6728.7	339:	44.0:
RUÍDO			14.4

A maior parte das linhas de emissão desta galáxia apresentam perfis alargados, com FWHM da ordem de 500 km/s. Somente uma componente foi detectada, indicando a presença de uma única região.

5.1.4 - NGC4941

A tabela 5.1.4 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 4941, corrigidos pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.4

Linha	λ_0	FWHM	F
[OII]	3726.3	419	88.4
[NeIII]	3865.9	407	29.0
H gama	4339.4	279	23.3
H	4860.9	271	36.9
[OIII] C ₁	5007.5	367	330.1
C ₂	5008.2	937	133.5
[OI]	6300.5	338	34.3:
H alfa	6561.7	372	189.1
[NII]	6582.9	345	278.7
[SII]	6713.7	325	63.8
[SII]	6729.9	325	58.1
RUIDO			12.6

Verifica-se que as linhas têm largura maior do que a do perfil instrumental, com valor da FWHM da ordem de 300 km/s.

No espectro de baixa dispersão, foi detectada uma outra componente muito larga para [OIII]5007,4959, com FWHM de 938 km/s. A figura 5.3.b mostra o ajuste das duas componentes a estas linhas, o qual pode ser comparado com o ajuste de uma só componente, ilustrado na figura 5.3.a. Verifica-se que é necessária uma componente larga para ajustar as asas da linha. Esta componente larga não apareceu no espectro de alta dispersão, provavelmente porque a razão sinal ruído é menor neste espectro do que no de baixa dispersão.

Comparando-se o valor da FWHM da componente estreita do [OIII] obtido a partir do espectro de baixa dispersão com o obtido a

partir do espectro de alta dispersão, verifica-se que aquele é 100 km/s menor. Isto aconteceu porque a componente estreita no espectro de baixa dispersão tinha o valor da FWHM não corrigida muito próximo ao do perfil instrumental, resultando num valor muito pequeno após a subtração em quadratura.

Os resultados obtidos para esta galaxia são compatíveis com a existência de um região de alta turbulência próxima a fonte com velocidade (FWHM) de 930 km/s onde é produzida a componente larga de [OIII]5007, e de uma região provavelmente mais distante com velocidades de 300 a 350 km/s, onde são produzidas as outras linhas.

Não há movimento radial significativo de uma componente em relação a outra: a componente larga estaria cerca de 40 km/s deslocada para o vermelho em relação a componente estreita, mas este valor é da ordem do erro.

5.1.5 - NGC 6300

A tabela 5.1.5 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 6300, corrigidos pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.5

Linha	λ_0	FWHM	F
[OIII]	3729.0	248	54.2
[NeIII]	3869.9	313	35.3
[OIII] C ₁	5006.1	282	91.6
C ₂	5005.0	691	175.1
H α	6562.4	219	85.0
[NII]	6582.1	278	203.8
[SII]	6713.6	182	40.0:
[SII]	6731.4	182	34.4:
RUIDO			14.8

A partir da tabela, verifica-se que as linhas têm FWHM corrigida da ordem de 200 km/s.

No espectro de baixa dispersão foi possível detectar a presença de uma componente larga em [OIII]5007, com FWHM de 692 km/s e comprimento de onda central desviado para o azul em 72 km/s, que não teria aparecido no espectro de alta dispersão devido a menor razão sinal/ruído deste espectro.

A figura 5.4.b mostra o ajuste das 2 componentes da linha [OIII]5007, que pode ser comparado com o ajuste de uma só componente na figura 5.4.a.

Então, para esta galaxia, também temos ao menos duas regiões, uma mais turbulenta, com velocidade típica (FWHM) de cerca de 700 km/s provavelmente bem próxima a fonte e uma mais externa, com baixa velocidade de turbulência, com FWHM da ordem de 200 km/s.

- 5.1.6 - NGC7743

A tabela 5.1.6 abaixo mostra os parâmetros das linhas de emissão de NGC 7743, corrigidos pelo perfil instrumental.

Tabela 5.1.6

Linha	λ_0	FWHM	F
[OII]	3729.3+2.8	442+165	47.3+0.8
[NeIII]	3869.3+1.1	537+366	30.6+10.3
[OIII]	5004.3+0.0	300+64	68.4+2.2
H alfa	6562.8+0.2	361+34	83.2+9.0
[NII]	6582.7+0.1	359+35	171.4+25.0
[SII]	6715.7+1.5	412+140	58.8+11.3
[SII]	6729.8+0.1	412+140	52.3+2.1
RUÍDO			17.2

Verifica-se que os valores das FWHM são maiores que o do perfil instrumental, e todos da ordem de 300 km/s.

Para esta galáxia, então, há evidência somente da existência de uma região onde são produzidas as linhas.

5.2 - Análise global dos perfis das linhas de alta dispersão

Nesta seção é feita uma análise global dos perfis da linha [OIII]5007 para as 6 galáxias estudadas juntamente com os de 8 outros núcleos ativos.

A tabela 5.4 apresenta dados referentes a esta linha extraídos das tabelas do capítulo 4. As colunas da tabela trazem a seguinte informação:

- coluna 1: FWHM em km/s da componente larga da linha ou da única componente, quando for o caso;
- coluna 2: luminosidade da componente larga em ergs/s;
- coluna 3: FWHM em km/s da componente estreita;
- coluna 4: luminosidade da componente estreita em ergs/s;
- coluna 5: diferença entre os comprimentos de onda centrais, componente larga - estreita, transformada em velocidade radial;
- coluna 6: logaritmo decimal da luminosidade total na linha;
- coluna 7: magnitude absoluta da galáxia

Tabela 5.2.1 - FWHM, luminosidade, e diferença entre os comprimentos de onda centrais das componentes larga e estreita da linha LO11115007 . FWHM em km/s, L em ergs/s

NGC, IC	COMP. LARGA FWHM	L (E40)	COMP. ESTREITA FWHM	L (E40)	DELTA λ_0 (km/s)	LOG(LT)	MB
N7469	847	15.7	339	29.1	-234	41.65	-21.9
RN424	777	9.3	282	4.1	-222	41.13	
N4941	938	0.2	353	0.5	-	39.90	-18.9
N6300	692	0.3	282	0.2	-72	39.63	-20.5
N4507*	621	14.1	240	7.8	-81	41.34	-21.0
N4939	537	1.2	296	3.1	-135	40.63	-21.7
N1386	543	2.2	157	0.5	+161	40.43	-19.5
N3281	480	2.0	226	1.5	-	40.54	-21.2
N1358	381	4.8	105	0.5	-	40.72	-20.9
N3312	501	1.0	-	-	-	39.98	-20.6
N7743	254	0.3	-	-	-	39.48	-19.9

Tabela 5.2.1 - continuação

NGC, IC	COMP. LARGA FWHM	L(E40)	COMP. ESTREITA FWHM	L(E40)	DELTA λ_0 (km/s)	LOG(LT)	MB
N1667	254	3.2	-	-	-	40.51	-21.8
N6814	282	0.5	-	-	-	39.70	-20.6
N5253	212	5.2	-	-	-	40.72	-18.2

*Nota: NGC4507 tem uma 3ª componente muito desviada para o azul com FWHM=494 km/s, L=3.0E40 ergs/cm²/s/Å, Delta λ_0 =-813km/s.

As figuras 5.5a,b,c e d mostram os ajustes de gaussianas aos perfis de [OIII]5007 destas galaxias. A escala da ordenada está expressa em termos de ergs/s/Å, ou seja, em termos de luminosidade por ângstrom, e as galáxias estão agrupadas de acordo com o valor medio desta quantidade.

Pode-se agrupar as galaxias observadas de acordo com o valor da FWHM da componente larga:

- GRUPO 1: A componente larga tem FWHM de 800 a 900 km/s, a estreita em torno de 300 km/s. A componente larga está deslocada para o azul em cerca de 200 km/s para NGC7469 e RNGC424, que são duas galaxias tipo Seyfert 1. NGC4941, a outra galáxia que faz parte deste grupo tem muito menos luminosidade na linha e não apresenta deslocamento entre as componentes;

- GRUPO 2: A componente larga tem FWHM de 400 a 700 km/s; a componente estreita tem FWHM, em media, menor que no grupo 1,

variando de 100 ate 300 km/s. Para a galaxia NGC3312 não foi detectada componente estreita. A componente larga esta deslocada para o azul em aproximadamente 100 km/s para 3 das galaxias deste grupo, esta deslocada para o vermelho em 161 km/s para NGC1386 e para NGC3281 não ha deslocamento. As galaxias deste grupo são de tipo Seyfert 2, a menos de NGC3312, que e um LINER.

- GRUPO 3: Apresentam somente uma componente com FWHM em torno de 250 km/s. Neste grupo ha dois LINERS: NGC1667 e NGC7743, e uma Seyfert 1 fraca: NGC6814.

Finalmente, NGC5253 tem FWHM das linhas de 212 km/s, praticamente igual ao valor instrumental. E uma galaxia com espectro tipo região HII.

Outros resultados que podem ser extraídos da tabela são:

1) A largura dos perfis, representada pela FWHM e sempre maior que a largura do perfil instrumental, que fica entre 180 e 200 km/s, a menos da galaxia com espectro de região HII NGC5253, ou seja, os núcleos ativos apresentam linhas alargadas, enquanto que a galaxia com espectro de região HII, não.

2) Na maior parte das galaxias que apresentam suas componentes deslocadas uma em relação à outra, a componente larga está desviada para o azul.

3) Somente NGC1386 apresenta a componente larga desviada para o vermelho.

4) O valor da FWHM para as galaxias com só uma componente é comparavel ao das componentes estreitas das galaxias com duas

componentes, a menos de NGC3312, que tem valor bem maior. das componentes estreitas das galáxias do 29 grupo(Seyfert 2).

O primeiro resultado significa que, nestes núcleos ativos, o gás está sujeito a movimentos mais turbulentos que no núcleo com espectro de região HII, seja o núcleo ativo de tipo Seyfert 1 e Seyfert 2 clássicas ou de atividade mais fraca, ou LINER. Este resultado está de acordo com o obtido por Whittle(1985) para outros núcleos ativos.

O excesso de assimetrias para o azul apontado no 29 resultado, indica que a região emissora não pode ser constituída de nuvens se movendo aleatoriamente, pois esta situação produziria, em media, igual nº de assimetrias para o vermelho e para o azul. O mecanismo que produz a assimetria para o azul deve ser um processo que afeta a região como um todo.

A explicação mais simples para a assimetria para o azul é um fluxo radial de gás com uma fonte de opacidade, como pó, por exemplo. Porém há duas possibilidades:

1ª) Emissão é produzida por gás se afastando do núcleo com fonte de opacidade distribuída por toda a região. A radiação emitida por regiões que estão atrás do núcleo em relação ao observador, será mais absorvida, produzindo atenuação na asa vermelha da linha e portanto, assimetria para o azul;

2a) O gás estaria caindo em direção ao núcleo sob a forma de nuvens com muito po. Cada nuvem é ionizada somente numa pequena camada na face voltada para o núcleo, e, se o fator de cobertura é menor do que 1 (de tal forma que se pode observar a emissão do lado distante), também seria produzida uma assimetria para o azul.

De acordo com Heckman et al. (1981), a presença de po é necessária porque somente gás não absorveria as linhas proibidas nas proporções observadas.

De Robertis e Osterbrock (1984), estudando o perfil das linhas estreitas de 12 galáxias Seyfert, e comparando com os perfis das linhas largas, como H β , encontram evidências de que um mesmo mecanismo de aceleração e/ou mesma geometria ocorra nas regiões de linhas largas e na de linhas estreitas. Aceitando o modelo de Lepriotti et al. (1979) que descreve bem o perfil das linhas largas em galáxias Seyfert, e que supõe a existência de nuvens se expandindo a partir do núcleo, pode-se dizer que a assimetria para o azul das linhas estreitas seria consistente com expansão radial do gás, juntamente com extinção por po, ou seja, a 1ª dentre as duas alternativas apontadas acima.

Considerando que, para a maioria dos núcleos ativos há grande predominância de assimetrias para o azul nas linhas estreitas, o caso de NGC 1386, apontado no 3º resultado, torna-se particularmente interessante. No trabalho de Whittle (1985), por exemplo, somente uma dentre 42 galáxias observadas apresentou

assimetria para o vermelho. Este resultado sugere a existência, no núcleo desta galáxia, de um mecanismo cinemático oposto ao observado na maioria dos núcleos ativos. Por exemplo, se na maioria dos núcleos ativos ocorre expansão do gás a partir do núcleo, nesta galáxia poderia estar ocorrendo uma queda do gás em direção ao núcleo.

As figuras 5.6a,b,c e d mostram algumas correlações entre as quantidades listadas na tabela 5.2.1.

A figura 5.6.a indica que não há correlação entre a luminosidade emitida na linha e a largura da componente larga. Isto significa que as propriedades cinemáticas do gás emissor não estão vinculadas a quantidade de energia liberada pela fonte ionizante, podendo existir gás muito turbulento em núcleos com fonte ionizante pouco luminosa. Para as galáxias com grande luminosidade na linha (maior do que $3E46$ ergs/s), parece haver uma tendência tal que as galáxias com maior luminosidade na linha apresentam linhas mais largas.

A figura 5.6.b indica que não há correlação entre a luminosidade emitida na linha e a magnitude absoluta da galáxia. Eliminando NGC5253, pode-se observar uma fraca correlação, no sentido de que as maiores luminosidades na linha são, em média, emitidas pelas galáxias mais brilhantes. Porém, entre as 14 galáxias estudadas, há 4 galáxias relativamente brilhantes com luminosidade

na linha muito pequena e 2 galáxias pouco brilhantes com alta luminosidade na linha.

A figura 5.6.c indica que há correlação entre a FWHM das linhas estreitas e a das linhas largas, no sentido de que, quanto maior uma, maior também é a outra. Este resultado indica que há uma relação entre as propriedades cinemáticas das duas regiões: se a região onde é produzida a componente larga é muito turbulenta, a região das linhas estreitas será também mais turbulenta do que em outro núcleo ativo onde a componente larga é produzida numa região menos turbulenta. Poder-se-ia pensar numa propagação das propriedades cinemáticas de uma região à outra.

A figura 5.6.d mostra correlação entre a luminosidade na linha e a diferença entre os comprimentos de onda centrais das componentes larga e estreita. Como só há um ponto correspondente a desvio para o vermelho, não é possível tecer conclusões sobre correlação entre a luminosidade na linha e o sentido do desvio. Analisando somente os casos em que o desvio é para o azul, verifica-se que há uma tendência tal que as galáxias com maior luminosidade na linha apresentam maior desvio. Isto significa que a velocidade do movimento radial apresentado pelo gás está relacionado com a luminosidade da fonte central.

Dentro desta análise global, NGC 1358 se caracteriza como a Seyfert II com os menores valores para a FWHM das componentes larga e estreita. A luminosidade emitida na linha é da ordem da

luminosidade emitida pela maioria das galaxias deste tipo.

NGC1386 também pode ser considerada uma Seyfert 2 típica em termos de luminosidade emitida na linha e da largura de suas componentes, mas se torna atípica no desvio apresentado pela componente larga para o vermelho, raramente observado em núcleos ativos, como foi discutido acima.

NGC3312, classificada como LINER, é a galaxia com uma só componente com maior valor para a FWHM, que é da ordem do dobro do valor apresentado pelas outras galaxias com uma só componente.

NGC4941 tem uma componente larga com FWHM muito grande, da ordem dos valores apresentados pelas galaxias Seyfert 1. A componente estreita também é comparável. Entretanto, a luminosidade na linha é pelo menos 20 vezes menor e não há deslocamento da componente larga em relação à estreita. Isto indica uma velocidade de turbulência do gás emissor semelhante à apresentada pelas Seyfert 1, mas sem movimento radial e com uma fonte central menos luminosa.

Para NGC5300, os valores das FWHM das componentes são da ordem dos maiores valores apresentados pelas galaxias Seyfert 2, porém a luminosidade na linha é muito menor. Apresenta também um desvio para o azul da componente larga próximo aos valores apresentados pelas Seyfert 2.

Finalmente, NGC7743 apresenta o valor da FWHM de sua única componente da ordem do valor apresentado pelas outras galáxias com uma só componente. A luminosidade na linha é bem pequena. Esta galáxia é classificada como tipo intermediário entre Seyfert 2 e LINER. Porém, sua FWHM é bem menor que a do LINER NGC3312 mas é da ordem da apresentada por outro LINER bem mais luminoso: NGC1667. Seu valor da FWHM é também semelhante ao correspondente à componente estreita das galáxias Seyfert 2. Por outro lado, não apresenta a componente larga observada para todas as galáxias Seyfert 2 aqui estudadas.

Resumindo, as seis galáxias selecionadas têm diferentes valores para a luminosidade na linha, compreendidos no intervalo $3E39 < L < 3E40$. NGC1358 e NGC1386 apresentam os valores mais altos embora NGC1358 seja uma magnitude e meia mais brilhante que NGC1386. Os valores mais baixos correspondem a NGC6300 e NGC7743, que têm magnitudes comparáveis. NGC4941 e NGC3312 têm luminosidade na linha intermediárias, sendo a 2ª uma magnitude e meia mais brilhante do que a 1ª.

As propriedades cinemáticas são também bem diferentes: as 4 galáxias de atividade tipo Seyfert tem duas componentes, enquanto que as de tipo LINER apresentam só uma componente. Nas de tipo Seyfert, a largura da componente larga varia num intervalo bem grande: desde 938 km/s para NGC4941 até 381 km/s para NGC1358.

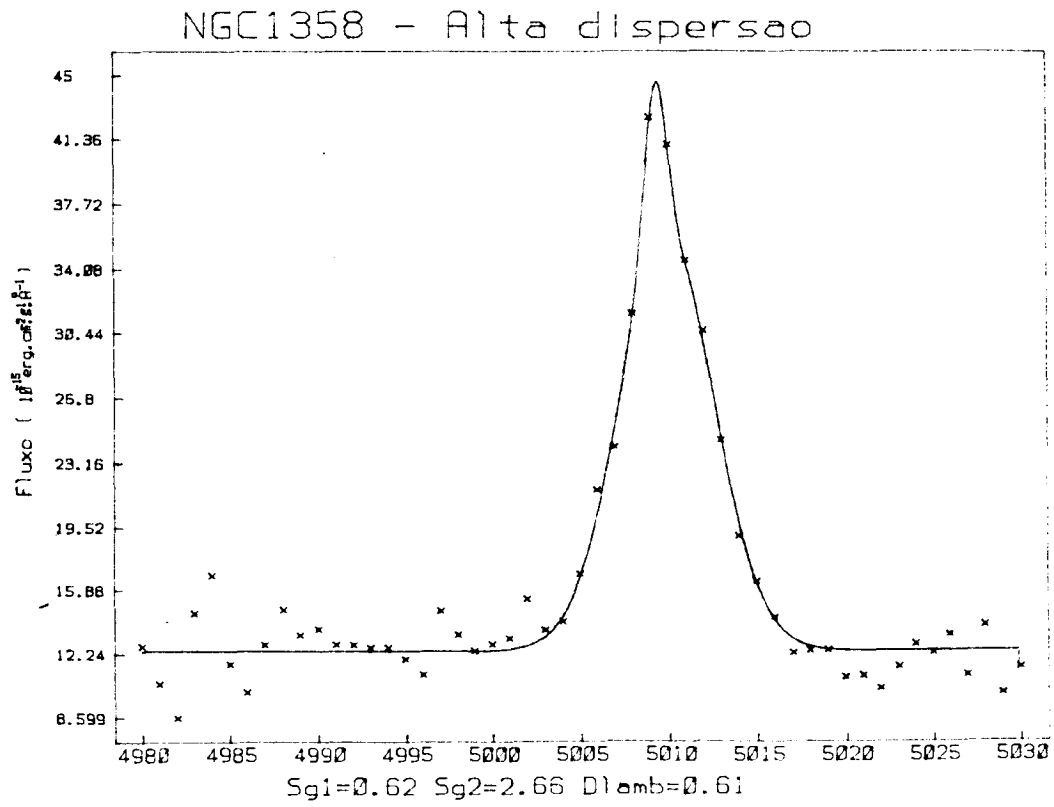


Figura 5.1 - Ajuste de duas gaussianas ao perfil da linha [OIII] 5007 em alta dispersão.

NGC1386-[OIII]

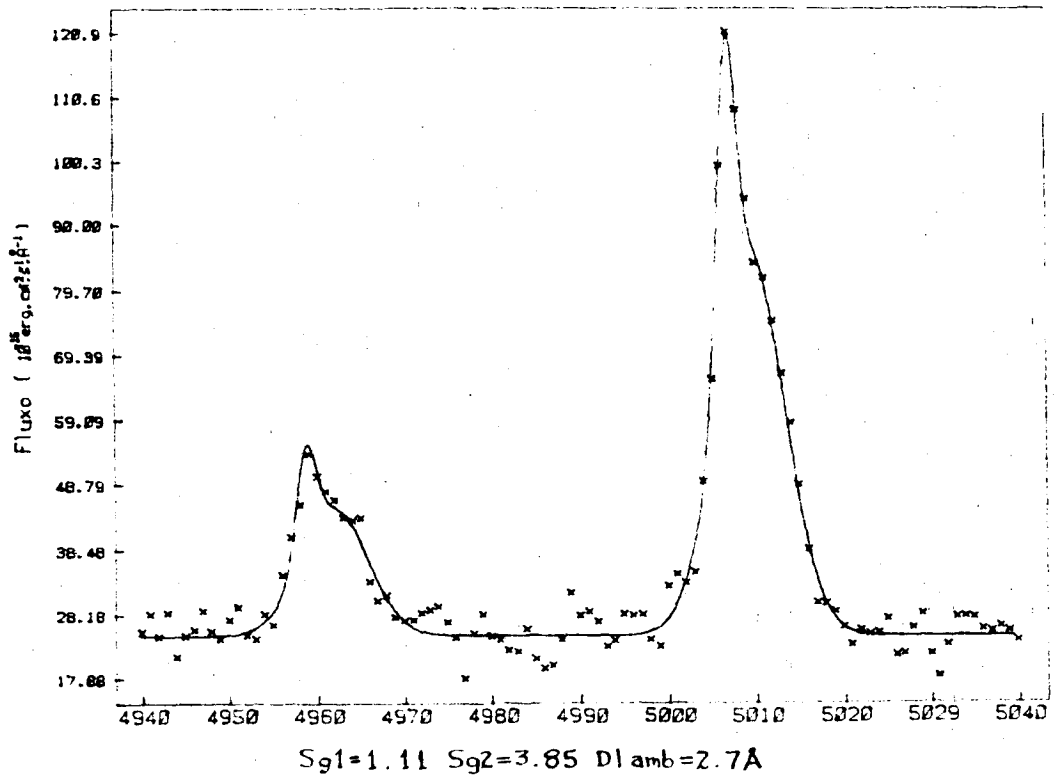


Fig. 5.2.a

NGC1386

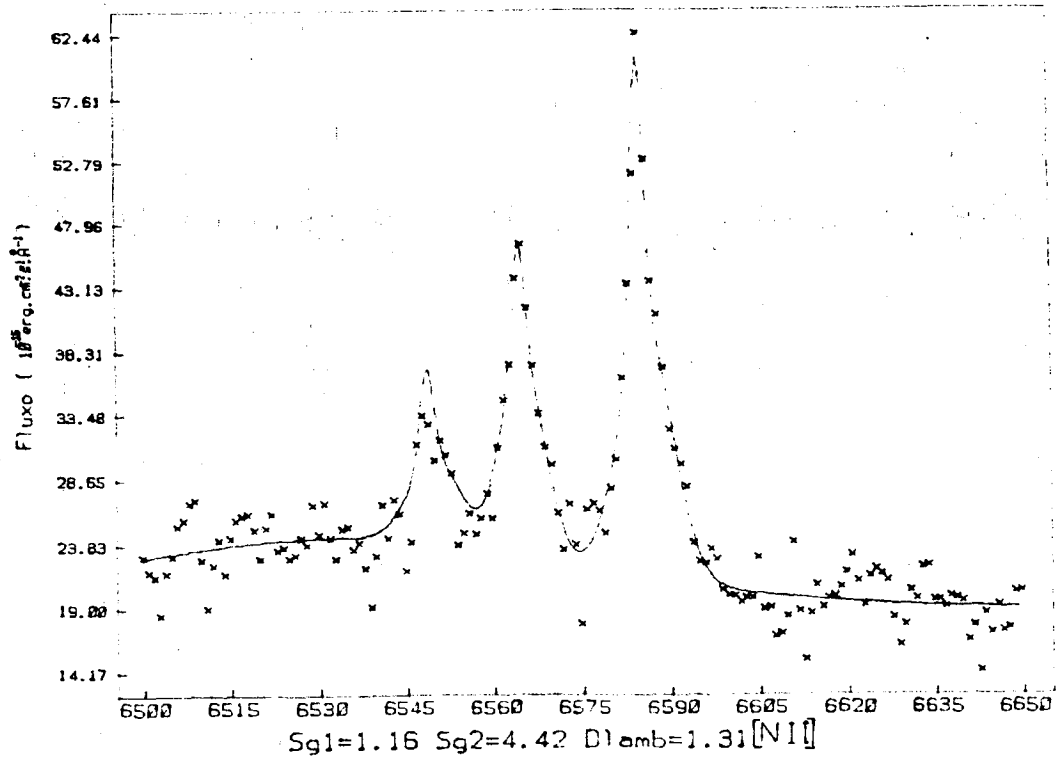


Fig. 5.2.b

Figura 5.2 - Ajuste de duas gaussianas aos perfis em alta dispersão de NGC1386; a) linhas do [OIII]; b) [NII] + H α

NGC 4941-NGC 3521

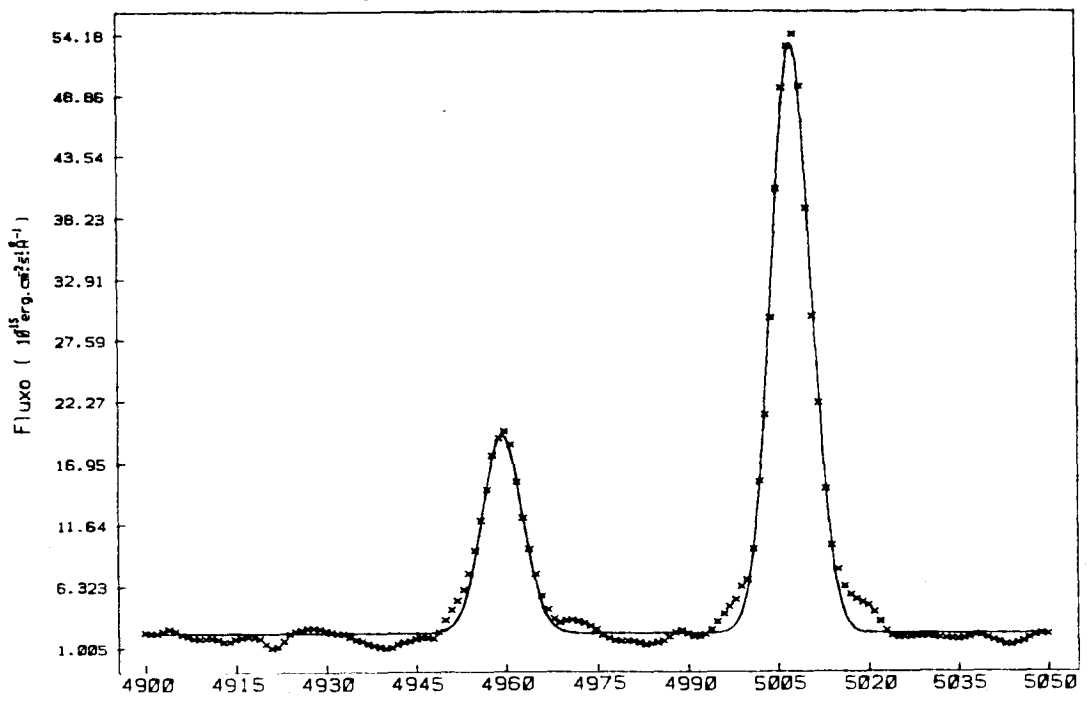


Fig. 5.3.a

NGC 4941-NGC 3521

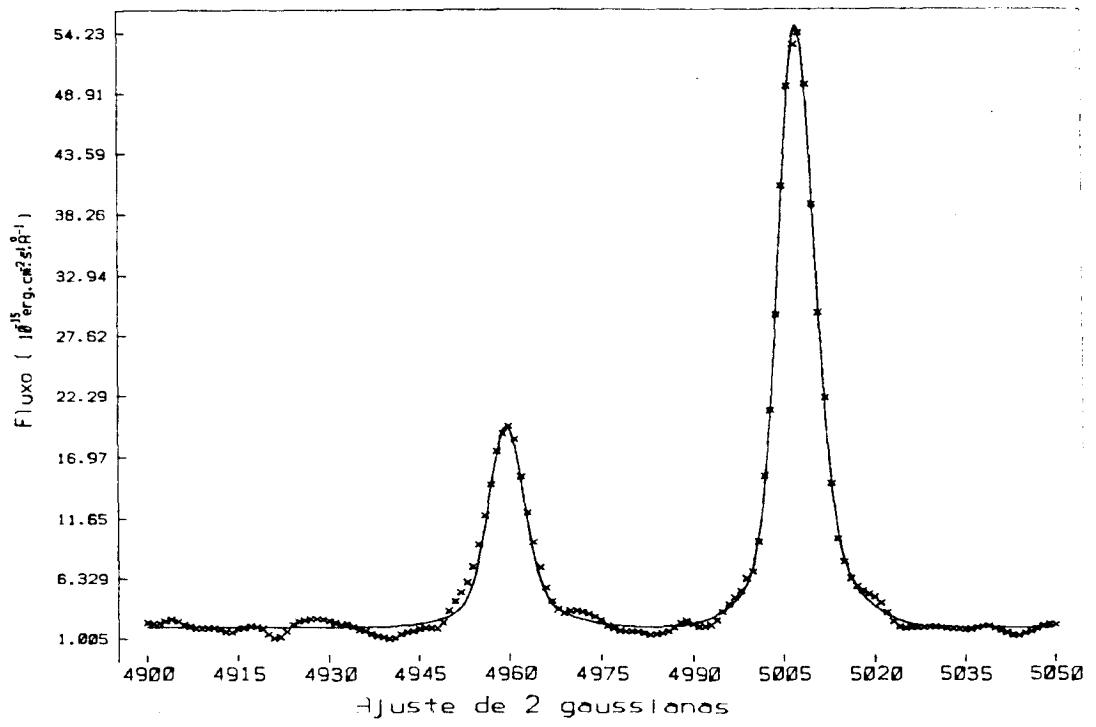


Fig. 5.3.b

Figura 5.3 - Ajuste de gaussianas às linhas [OIII] 5007 + 4959 de NGC4941. a) 1 componente; b) 2 componentes.

NGC6300-NGC3521

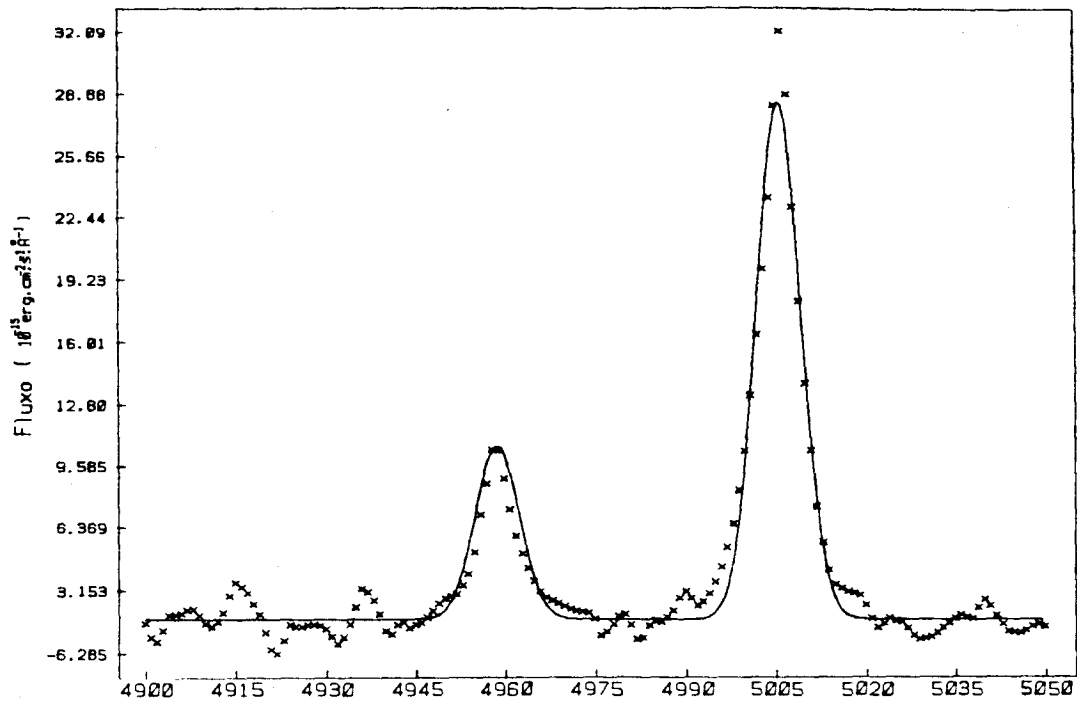


Fig. 5.4.a

NGC6300-NGC3521

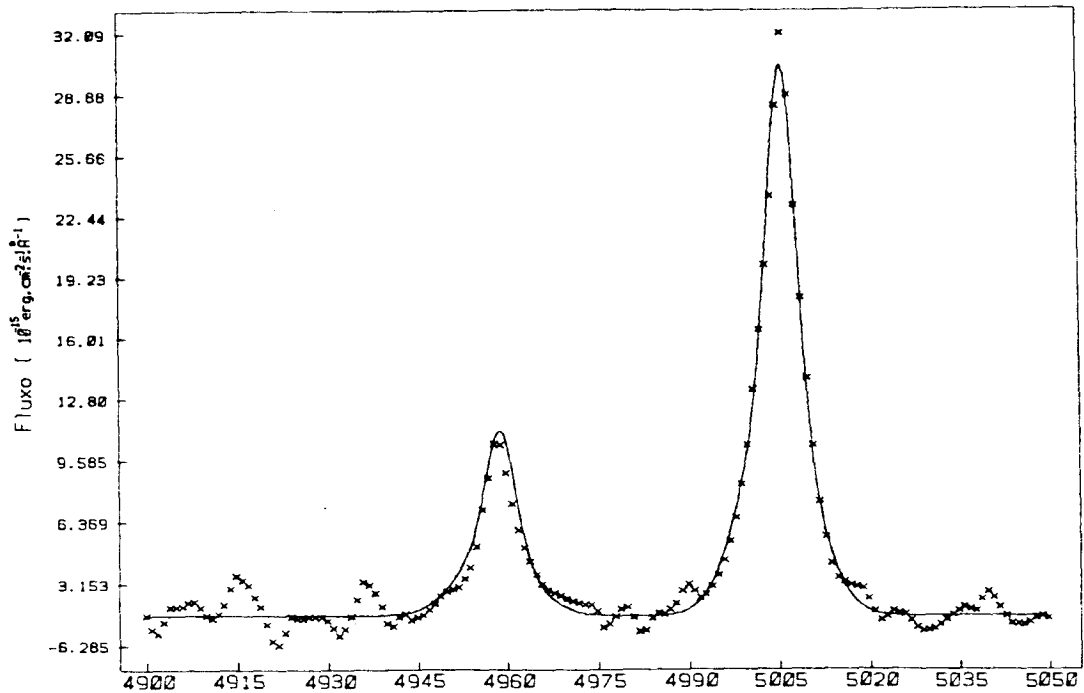


Fig. 5.4.b

Figura 5.4 - Ajuste de gaussianas às linhas
[OIII] 5007 + 4959. a) 1 componente;
b) 2 componentes.

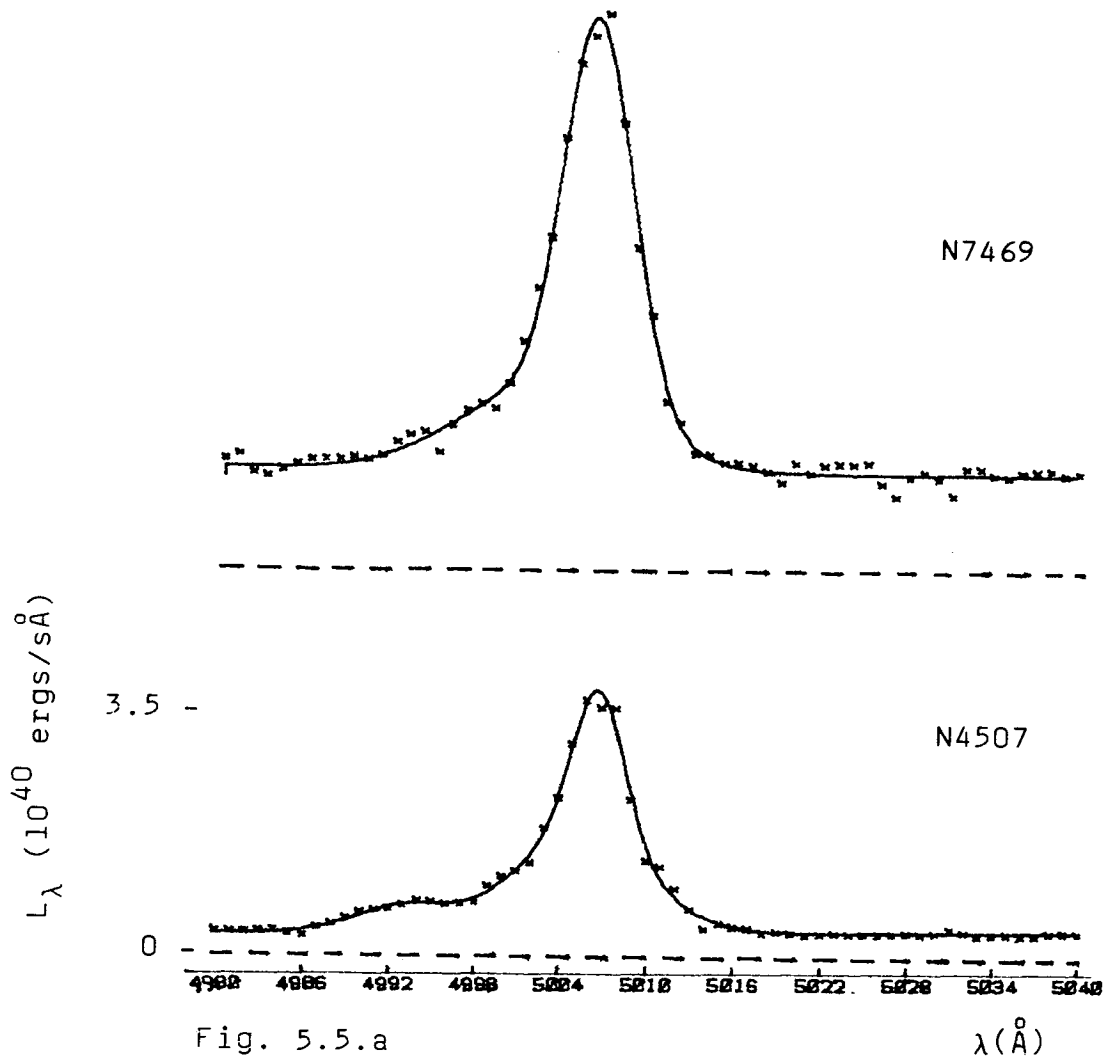


Figura 5.5 - Perfis da linha [OIII]5007 agrupados de acordo com a luminosidade média na região da linha: a) $3E+40$ ergs/s/Å; b) $1E+40$ ergs/s/Å; c) $0.5E+40$ ergs/s/Å; d) $0.2E+40$ ergs/s/Å; e) $0.05E+40$ ergs/s/Å. A linha tracejada representa o zero para cada perfil. Os 'x' representam os pontos observacionais e a linha contínua o ajuste de uma ou mais gaussianas. A escala da ordenada está assinalada no perfil inferior de cada grupo.

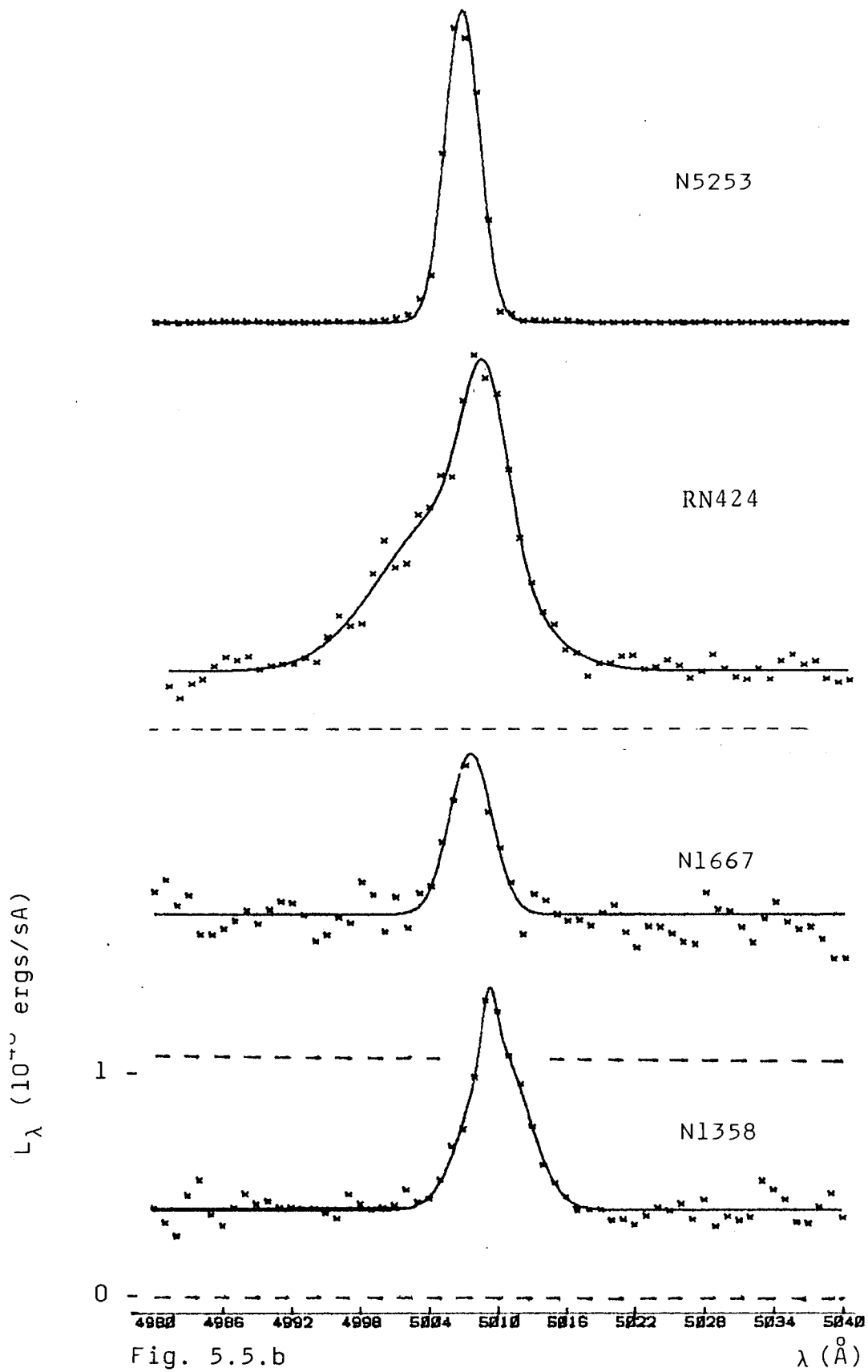


Fig. 5.5.b

 λ (\AA)

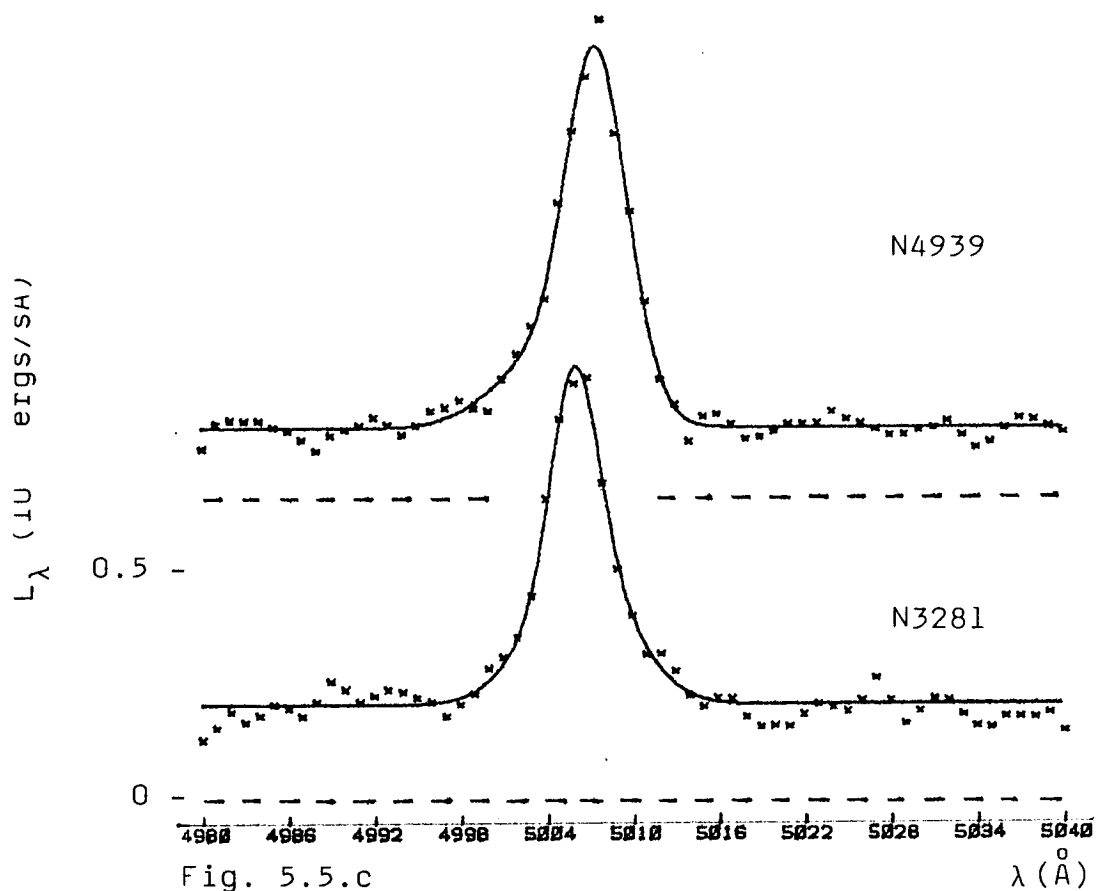
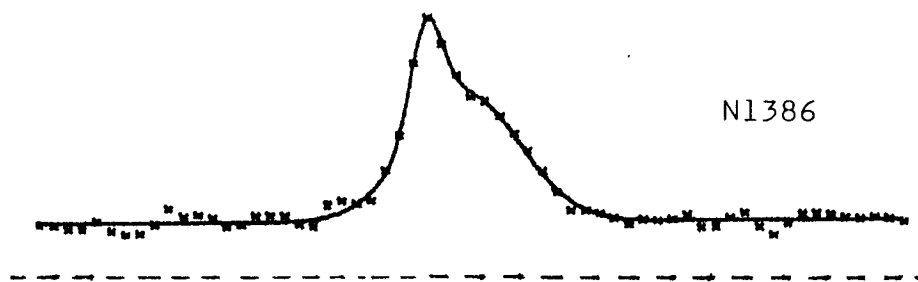


Fig. 5.5.c

λ (Å)

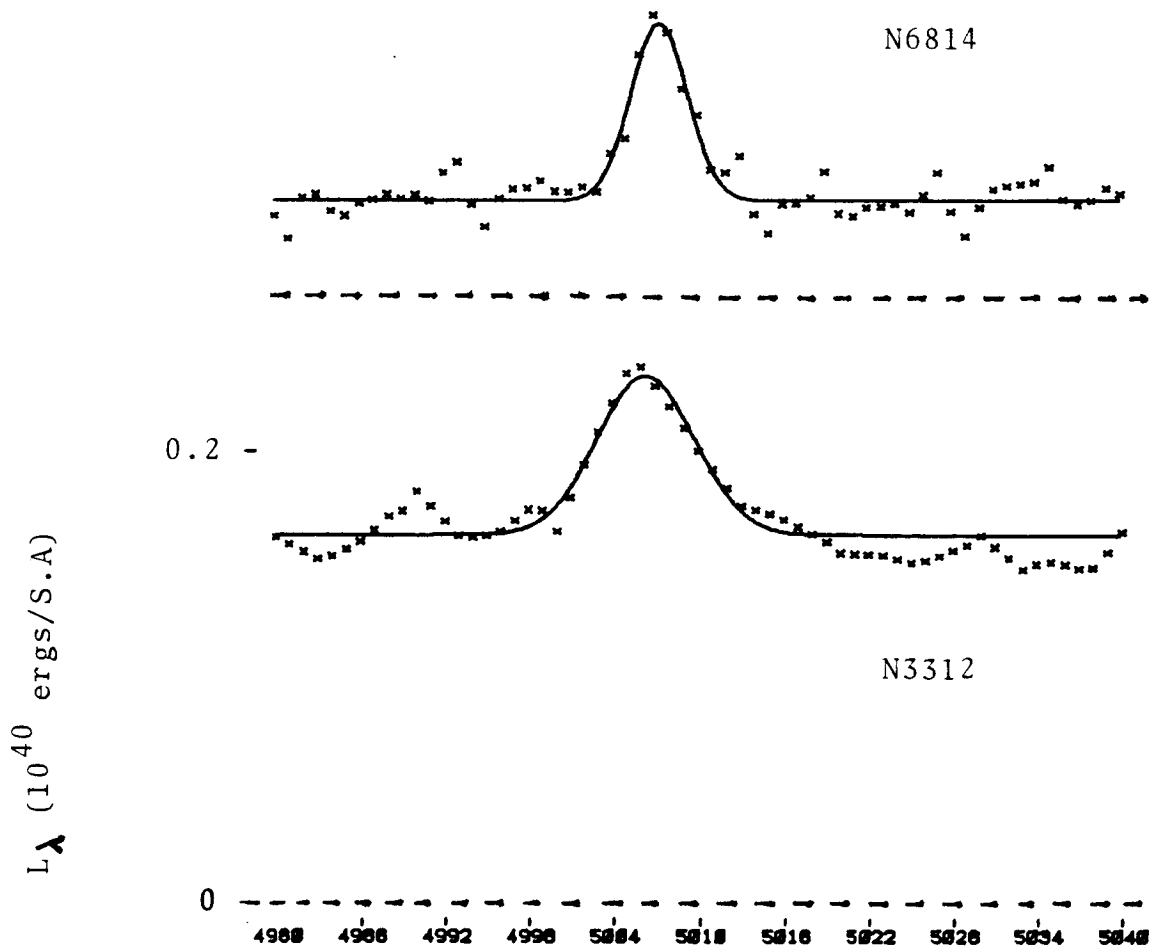


Fig. 5.5.d

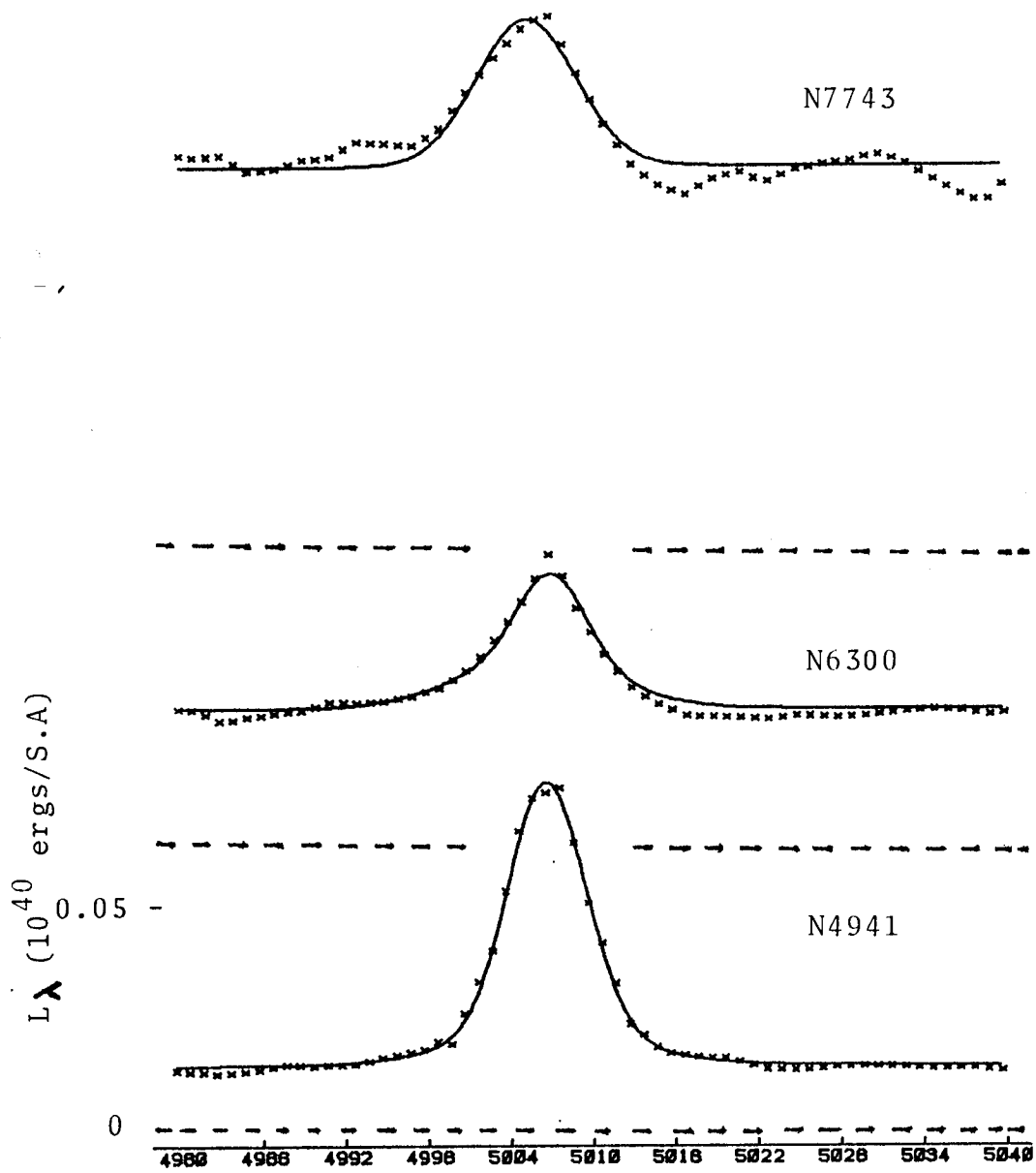


Fig. 5.5.e

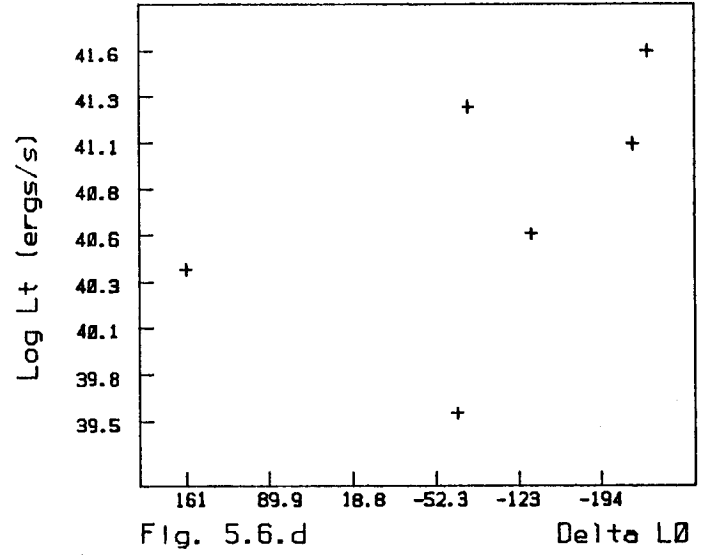
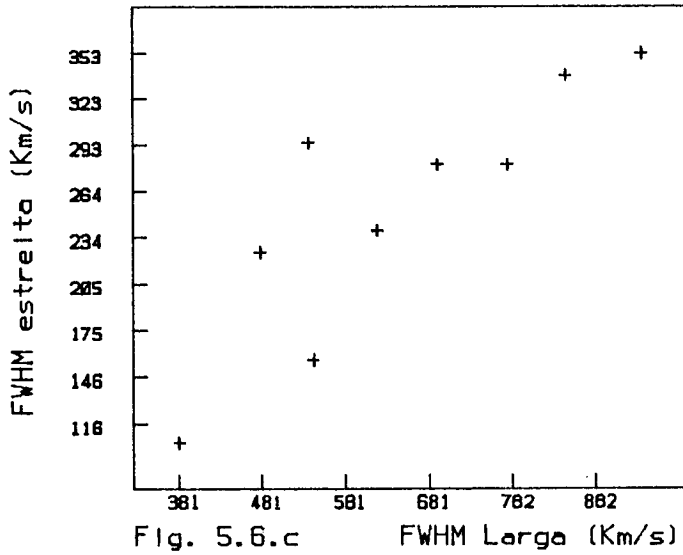
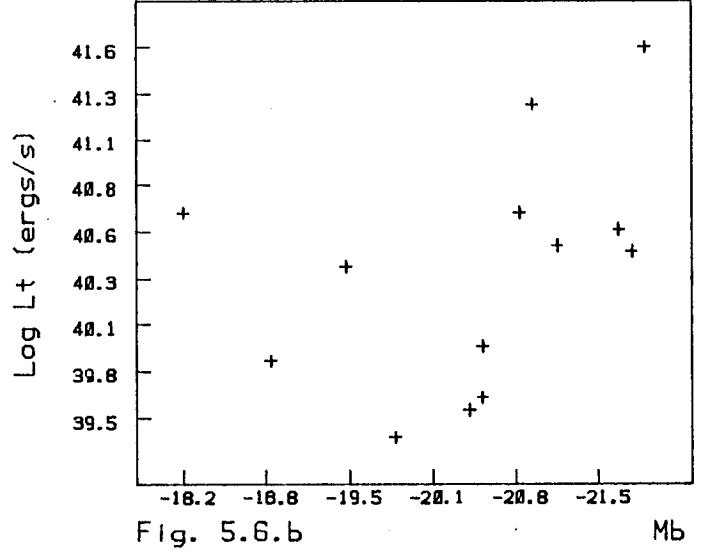
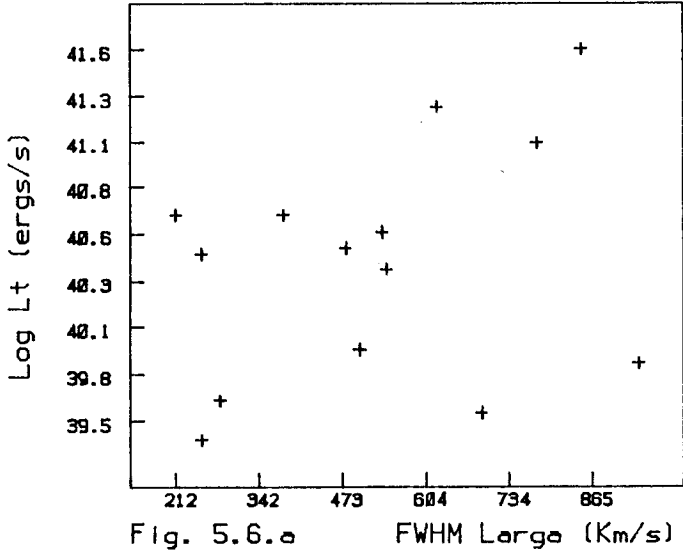


FIG. 5.6 - Correlações entre parâmetros das linhas de emissão das galáxias.

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE DO ESPECTRO DE ABSORÇÃO E CONTÍNUO

A análise do espectro de absorção do núcleo de uma galáxia permite a obtenção de informações sobre a população estelar existente neste núcleo e a investigação da natureza da fonte ionizante do gás, que poderia se manifestar através de evidências indicando a presença de estrelas jovens azuis ou de um contínuo não-térmico.

As 6 galáxias com núcleo ativo aqui estudadas apresentam um espectro de absorção bem proeminente, se comparado com os de Seyferts 2 clássicas, nas quais há evidência de que cerca de 30% do contínuo em $H\beta$ é de origem não-térmica (Koski, 1978; Osterbrock, 1978).

Neste capítulo são discutidas as características do espectro de absorção e as propriedades do contínuo das galáxias.

Foram calculadas as larguras equivalentes das linhas de absorção mais proeminentes nos espectros e seus valores foram comparados: a) com valores obtidos para estrelas a fim de obter os tipos espectrais dominantes nos núcleos das galáxias; b) com os valores obtidos para galáxias sem emissão, para verificar a existência ou não de alguma diferença sistemática.

6.1 - Larguras equivalentes das linhas de absorção

As linhas de absorção melhor definidas nos espectros são:

- K(Ca), em 3934 Å;
- H + H epsilon, 3968 + 3970 Å;
- banda G, 4300 Å;
- Mg I + MgH, 5167,70,73,84,86 Å;
- Fe I e Ca I, 5269,70,73;
- Na I, 5890,96;
- em algumas galáxias, as seguintes linhas da série de

Balmer:

H γ , 3835 Å

H δ , 3889 Å

H delta, 4102 Å

H gama, 4340 Å

H β , 4861 Å

Os valores das larguras equivalentes destas linhas, calculadas para as galáxias, estão listados nas tabelas 'd' da seção 4.2.

6.1.1 - Comparação das larguras equivalentes das galáxias com valores obtidos de espectros estelares

Foram também calculadas as larguras equivalentes das mesmas linhas para 20 estrelas da biblioteca de espectros estelares de Gunn e Stryker (1983), escolhidas de modo a cobrirem uma sequência de

tipos espectrais e classes de luminosidade, cujos valores estão listados na tabela 4.4.1.

A figura 6.1 mostra a correlação entre as larguras equivalentes das linhas com o tipo espectral. Verifica-se que as linhas K(Ca) e a banda G são bons indicadores do tipo espectral desde F0 até K5; H delta é bom indicador da presença de estrelas de tipos anteriores a F5; Fe+Ca é bom indicador para estrelas mais tardias que F5 e a linha Na I é bom indicador para estrelas mais tardias que G5.

As larguras equivalentes obtidas para as estrelas foram utilizadas como indicadores da população estelar no núcleo das galáxias, através das correlações mostradas na figura 6.1. Utilizando os valores das larguras equivalentes determinados pelo método 3 (o mesmo que foi utilizado para as estrelas), foram obtidos tipos espectrais médios para cada uma das linhas de absorção acima .

O resultado é apresentado na tabela 6.1. As colunas da tabela trazem os tipos espectrais obtidos a partir de cada linha de absorção.

A última coluna da tabela 6.1 apresenta o tipo espectral obtido a partir das razões entre as linhas K(Ca) e H(Ca)+ H epsilon, como sugerido por Dottori (1986), e de acordo com o método utilizado por Talent (1982).

Tabela 6.1 - Tipos espectrais obtidos para as galáxias a partir das larguras equivalentes de cada linha de absorção

GALAXIA	K(Ca)	H DELTA	BANDA G	Na I	Fe e Ca	K/H+Heps
N1358	G7	-	G6	K2	G6	G3
N1386	G4	F7	G2	K0	G3	G0
N3312	G6	-	G4	K2	-	G3
N3521	G6	F7	G2	K5	K1	F8
N4941	G4	-	G4	G7	G5	G0
N6300	G4	-	G1	G8	G3	F4
N7743	G0	F6	F8	G0	G3	F4

A partir da tabela acima verifica-se:

- 1) A presença da linha H delta indica a existência de uma componente jovem na população estelar do núcleo;
- 2) Os tipos espectrais obtidos a partir da linha K(Ca) e da banda G concordam entre si ;
- 3) Os tipos espectrais obtidos a partir da linha Na I são sistematicamente mais tardios;
- 4) Os tipos espectrais obtidos a partir das linhas Fe+Ca concordam com os obtidos a partir das linhas K(Ca) e banda G, a menos das galáxias N3521 e N7743, para as quais é mais tardio.
- 5) Os tipos espectrais indicados pela razão K/H+H eps indicam população mais jovem no núcleo das galáxias N7743 e N6300. NGC1358 e NGC3312 apresentam a população estelar mais tardia, enquanto que NGC1386, NGC3521 e NGC4941 apresentam população intermediária.

O fato de os tipos espectrais obtidos a partir da linha do Na I serem sistematicamente mais tardios é possivelmente devido a dois fatores: 1) a contribuição a esta linha provém das estrelas mais tardias; 2) à absorção interestelar no disco das galáxias (Bica e Alloin, 1986).

A figura 6.2 mostra um gráfico da largura equivalente da linha Na I versus a razão entre os dois semi-eixos maiores aparentes das galáxias. Verifica-se que, a menos das galáxias NGC3521 e NGC1358, há uma correlação no sentido de que as galáxias mais inclinadas em relação à linha de visada têm valor da largura equivalente de Na I maior, indicando que há diferentes graus de absorção interestelar, de acordo com a inclinação da galáxia.

Para as duas galáxias mencionadas, que não obedecem a mesma correlação observada para as outras, haveria também um efeito importante de população estelar. De fato, o tipo espectral de NGC1358, indicado pela razão $K/H+H$ eps, é , juntamente com o de NGC3312, o mais tardio de todos e, para NGC3521, o tipo espectral indicado pelas linhas Fe+Ca é bem tardio.

Analisando os tipos espectrais indicados por todas as linhas de absorção e pela razão $K/H+H$ eps, verifica-se que, em média, NGC7743 apresenta o tipo mais recente, o que indica a presença de formação estelar no seu núcleo. Este fato constitui-se numa

peculiaridade, pois esta galáxia é classificada como S0/a e galáxias deste tipo têm população tardia.

NGC6300 também apresenta população jovem no seu núcleo, de acordo com a razão $K/H+H\beta$, mas isto está de acordo com a classificação de tipo Sc para esta galáxia.

Uma outra galáxia que apresenta uma componente jovem no seu núcleo é NGC1386, visto que se observa a presença da linha H delta em seu espectro. O tipo espectral G0 obtido a partir da razão $K/H+H\beta$ indica, entretanto, que a proporção de estrelas jovens no seu núcleo é menor do que nos núcleos de NGC7743 e NGC6300.

NGC3521, cujo tipo espectral indicado pela razão $K/H+H\beta$ é F8, apresenta tipos muito diferentes segundo cada linha do espectro: a linha H delta indica a presença de estrelas jovens; a banda G também não indica tipo tardio; porém, o tipo espectral indicado pelas linhas Fe+Ca é bem tardio.

- 6.1.2 - Comparação das larguras equivalentes com as de galáxias normais

Bica e Alloin (1987) estudaram o espectro de absorção de 154 núcleos de galáxias normais. Uma das conclusões do trabalho é que as classes espectrais das galáxias não se correlacionam muito com os tipos morfológicos das mesmas. Em particular, espirais tardias exibem tipos espectrais desde A5 até G5.

Por outro lado, verificaram que, nas galáxias "early-type", as linhas de absorção ficam mais profundas, levando a valores, em geral maiores para as larguras equivalentes (W).

O método utilizado por estes autores para o cálculo das W 's é um pouco diferente do utilizado no presente trabalho, pois consiste na definição de janelas, as quais são identificadas pelo absorvedor principal no intervalo, e integração de todos os acidentes espectrais dentro desta janela. No presente trabalho, entretanto, as linhas são identificadas e integra-se somente a contribuição da própria linha. Por outro lado, foi possível comparar os valores das W 's para 3 galáxias em comum (NGC3521, NGC4941, NGC6300), verificando-se que as W 's da banda G, Fe+Ca e Na I não diferem mais do que 30%.

A figura 6.3 é uma reprodução da figura 3(c) de Bica e Alloin (1987) e mostra a variação da largura equivalente da banda G com o tipo morfológico da galáxia; os pontos correspondentes às galáxias deste trabalho são identificados por números de 1 a 7: 1)NGC1358, 2)NGC1386, 3)NGC3312, 4)NGC4941, 5)NGC6300, 6)NGC7743 e 7)NGC3521. Verifica-se que as galáxias NGC3312, NGC6300 e NGC3521 apresentam valores semelhantes ao das galáxias normais de mesmo tipo morfológico. As galáxias N1358 e N4941 apresentam valores um pouco abaixo do valor médio para as galáxias normais. Em particular, NGC4941 apresenta valor muito baixo também para a W de Mg+MgH (ver tabela 4.2.4.d), o que faz suspeitar da existência de um contínuo não térmico para esta galáxia.

Para a galáxia número 2, NGC1386, o valor da W da banda G fica abaixo dos valores correspondentes às galáxias normais. Este resultado indica duas possibilidades: 1) a presença de uma população mais azul do que a média para as galáxias Sa , o que seria compatível com a presença da linha H delta observada no espectro de absorção desta galáxia; 2) a existência de um contínuo não-térmico, que diminui o valor das W 's das linhas de absorção.

Para NGC7743, os valores das W 's são definitivamente bem menores do que os correspondentes às galáxias normais de tipo SO/a . Dentre as galáxias estudadas, esta é a que apresenta menores valores para as W 's, embora seja a de tipo mais recente. Este resultado corrobora a conclusão expressa acima de que há formação estelar no núcleo desta galáxia, e pode também indicar uma contribuição não-térmica ao contínuo.

- 6.2 - índices de cor das galáxias

O índice de cor $B-V$ dos núcleos das galáxias foi calculado através da integração do espectro multiplicado pela curva de transmissão dos filtros B e V , utilizando o programa SPEED-87 (Schmidt, 1987). Os valores calculados estão listados na tabela 6.2 abaixo.

Na tabela 6.2 são apresentados, também, os valores dos índices de cor $B-V$ e $U-B$ obtidos da literatura (tabela 2.2), após serem corrigidos por avermelhamento, de maneira idêntica à utilizada

na correção dos espectros. A última coluna da tabela mostra o diâmetro do diafragma utilizado na medida.

Tabela 6.2 - Índices de cor das galáxias

NGC	(B-V)calc	(B-V)liter.	(U-B)liter.	DIAF.(")
1)1358	1.09	0.95	0.43	11.7
2)1386	0.96	0.85	0.26	17
3)3312	1.07	1.00	0.55	10
4)4941	1.04	(0.85)	(0.30)	60
5)6300	1.02	0.79	0.24	23
6)7743	0.96	0.87	0.24	11.7
7)3521	1.04	(0.81)	(0.22)	58.6

A partir da tabela 6.2 verifica-se que os valores de B-V calculados a partir do espectro são bem próximos entre si, variando de 0.96 para NGC7743 e NGC1386 até 1.07 para NGC3312 e 1.09 para NGC1358.

Verifica-se que os valores dos índices de cor obtidos da literatura são sistematicamente mais azuis do que os obtidos a partir do espectro. Isto se deve ao fato de que os diafragmas utilizados nas observações têm diâmetros maiores do que a fenda utilizada nas medidas espectroscópicas. Para NGC4941 e NGC3521 os valores dos índices de cor certamente incluem a contribuição da população azul dos braços espirais, e não podem ser considerados representativos da população nuclear; por isto, os respectivos valores aparecem entre parênteses na tabela.

Verifica-se que as galáxias NGC7743, NGC6300 e NGC1386 apresentam os menores índices de cor, o que está de acordo com os resultados obtidos na seção anterior, em que as linhas de absorção indicam a presença de população jovem no núcleo destas galáxias. NGC1358 e NGC3312 apresentam os maiores valores, o que também está de acordo com o resultado anterior indicando uma população mais tardia para o núcleo destas galáxias. NGC3312 apresenta um valor de U-B 0.12 mag maior do que o de NGC1358, indicando um contínuo mais vermelho para esta galáxia.

A figura 6.4 mostra os valores dos índices de cor obtidos da literatura num diagrama $(U-B) \times (B-V)$, onde cada galáxia pode ser identificada pelo nº de 1 a 7, de acordo com a definição anterior. Nesta figura estão colocados também:

- medidas fotoelétricas de cerca de 50 dos núcleos ativos observados por Hamuy e Maza (1987) com diafragma de 17" de diâmetro;
- índices de cor de cerca de 50 galáxias normais, de vários tipos morfológicos, selecionadas a partir da lista de Bica e Alloin (1987), cujos índices de cor foram obtidos de Longo et al. (1983), utilizando o menor diafragma;
- índices de cor para as estrelas da sequência principal, obtidos de Golay (1974).

Os índices de cor das galáxias foram corrigidos pela absorção galáctica através da parametrização descrita no capítulo 3, utilizando os comprimentos de onda efetivos dos filtros U, B, V: respectivamente, 3450 Å, 4340 Å, e 5470 Å, de forma que

$E(B-V)=A_b/4.2$ e $E(U-B)=A_b/5.1$, onde os valores de A_b para as galáxias foram obtidos do RC2.

A partir da figura 6.4, verifica-se que as galáxias definem regiões aproximadamente paralelas à sequência de estrelas. As galáxias normais ficam bem próximas a esta sequência, enquanto que os núcleos ativos ficam mais afastados. Os núcleos Seyfert 2 (Sy2) e Seyfert 1 (Sy1) se misturam para $B-V > 0.80$, enquanto que, para valores menores do que $B-V = 0.80$, as Sy1 apresentam U-B menores. Este comportamento é análogo ao encontrado por Weedman (1973) para cerca de 90 galáxias Markarian e Seyfert.

As galáxias "Starburst" apresentam os menores valores de B-V, enquanto que o U-B é da ordem dos valores apresentados pelas Seyfert 1 mais azuis. Das 3 galáxias da amostra com núcleo peculiar, duas ficam próximas no gráfico às Starburst, enquanto que a outra fica entre as Sy1 e Sy2 com $B-V > 0.80$.

Quanto às galáxias deste trabalho, NGC1386, NGC6300 e NGC7743 ficam entre as Sy1 e Sy2, enquanto que NGC1358 e NGC3312 ficam mais próximas à região ocupada pela galáxias normais. Para as galáxias NGC4941 e NGC3521 convém lembrar que os valores de U-B contêm contaminação dos braços espirais, e os valores nucleares são certamente menores, o que colocaria os pontos correspondetes a estas galáxias mais próximos à região ocupada pelas galáxias normais. Este resultado indica que o contínuo da região central das galáxias aqui

estudadas não difere, na sua cor, do contínuo de outras galáxias Seyfert 2 e até Seyfert 1 que tenham $B-V > 0.80$. Entretanto, verifica-se que as galáxias com índices de cor mais semelhantes aos das galáxias Seyfert (ou seja, mais azuis) são também as que apresentam população estelar mais jovem, como verificado na seção anterior. Isto indica que as cores apresentadas por estas galáxias são mais azuis do que as correspondentes a galáxias normais devido, pelo menos em parte, à população estelar, e não somente à presença de um contínuo não-térmico, como verificado nas galáxias Seyfert.

6.3 - Subtração da componente estelar

Com o objetivo de investigar a presença de um contínuo não-térmico e também de medir a intensidade das linhas de Balmer em emissão, foi feita a subtração da componente estelar dos espectros das 6 galáxias com núcleo ativo. A galáxia NGC3521 foi utilizada para representar, de forma aproximada, a população estelar do núcleo, uma vez que esta galáxia não apresenta emissão e a análise acima mostrou que a mesma tem tipo espectral e índice de cor $B-V$ intermediários em relação aos das 6 referidas galáxias, bem como larguras equivalentes semelhantes.

A subtração do contínuo foi feita de acordo com o método descrito no cap. 3. A tabela 6.3 abaixo lista as percentagens que restaram do contínuo após a subtração da componente estelar para 3

comprimentos de onda. Por exemplo, para NGC1358 22% do contínuo é de origem não-estelar em 5000 Å, 25% em 5500 Å e 20% em 6600 Å. Na última coluna estão listados os erros médios na determinação das percentagens para cada galáxia, obtidos medindo a semi-amplitude de um ruído típico em cada espectro.

Tabela 6.3 - Percentagens do contínuo correspondentes a contribuição não-estelar.

NGC	5000 Å	5500 Å	6600 Å	ERRO MÉDIO
1358	22	25	20	9
1386	8	10	9	6
3312	19	20	27	10
4941	18	20	24	13
6300	8	10	15	11
7743	5	5	0	10

As figuras 6.5a,b e c mostram os espectros após a subtração da componente estelar. Verifica-se que, para muitas galáxias, a linha do Na I ficou muito subtraída, de forma que começou a aparecer em emissão. Isto aconteceu porque NGC3521 apresenta largura equivalente de Na I muito grande, maior do que das 6 galáxias estudadas. As outras linhas, porém, ficaram em geral bem subtraídas.

A partir da tabela 6.3 e da figura 6.5 verifica-se que, considerando os erros, somente 3 galáxias apresentam emissão significativa após a subtração da componente estelar: NGC1358, NGC3312 e NGC4941.

Para NGC1358, esta emissão é praticamente nula para comprimentos de onda menores do que 4300 Å, passando a 22% em 5007 Å e se mantendo aproximadamente neste mesmo valor para comprimentos de onda maiores.

Para NGC3312 e NGC4941, a emissão cresce com o comprimento de onda: de 20% em 5000 Å a 27% em 6600 Å, para NGC3312; e de 18% em 5000 Å a 24% em 6600 Å para NGC4941.

Se estes excessos forem realmente emissões não-térmicas tipo lei de potência: $F_\nu = \nu^{-\alpha}$, o índice espectral α teria que ser maior do que 2 (para se ter o fluxo crescendo com o comprimento de onda), o que é raramente observado nos núcleos ativos (Koski, 1978).

Verifica-se, também, que as galáxias que apresentam emissão residual após a subtração da população estelar, são as de tipo mais tardio que NGC3521, indicando que a diferença observada é devido mais à diferença de população estelar do que à presença de um contínuo não-térmico.

Conclui-se, então, que, com relação à presença de um contínuo não-térmico, não há evidência de uma contribuição crescente para o azul (como é mais frequentemente observado nos núcleos ativos) dentro de 10%, que é o erro médio do espectro após a subtração da componente estelar.

- 6.4 - Observações do contínuo em outras regiões espectrais

São apresentadas abaixo as medidas obtidas do catálogo de fontes infravermelhas pontuais IRAS, para as galáxias NGC3312, NGC6300 e NGC7743, nos comprimentos de onda de 12, 25, 60 e 100 microns. Os valores estão em unidades de $E-15 \text{ ergs/cm}^2/\text{s}/\text{A}$. Para comparação, são também listados na tabela os fluxos em 5000 A (0.5 microns). Um L ao lado do valor do fluxo indica limite superior.

tabela 6.4 - Fluxos das galáxias no infravermelho, para 0.5, 12, 25, 60 e 100 microns, em unidades de $E-15 \text{ ergs/cm}^2/\text{s}/\text{A}$

NGC	0.5	12	25	60	100 (microns)
3312	15.6	1.56L	0.36L	0.19	0.0028
6300	23.4	4.62	3.10	3.51	0.036
7743	19.6	1.56L	0.60L	0.24	0.0023

Além de apresentar emissão infravermelha, NGC6300 é também fonte de raios-X, o que indica para esta galáxia a presença de um contínuo não-térmico que todavia não foi possível detectar no ótico.

NGC1358 também é fonte de raios-X. Phillips et al.(1983) fornecem um limite superior de $4E-13 \text{ ergs/cm}^2/\text{s}/\text{A}$ para esta galáxia na banda de 0.2-4 keV medido com o "image proportional counter"(IPC) do Observatório Einstein. A emissão em raios-X indica que esta galáxia tem também um contínuo não-térmico.

Resumindo, os resultados obtidos para a população estelar e contínuo das galáxias são os seguintes:

- NGC1358 tem tipo espectral tardio G3, cores que indicam a presença de um contínuo vermelho e W's um pouco menores do que o valor médio apresentado pelas galáxias normais. A emissão em raios-X detectada para esta galáxia indica a presença de um contínuo não-termico, que explica os valores das W's.

- NGC1386 tem tipo espectral G0, W's menores do que os valores típicos para galáxias Sa, e cores tão azuis quanto as galáxias de tipo espectral F4. Isto indica que para esta galáxia pode estar havendo uma contribuição não estelar ao contínuo, o que é também compatível com a localização desta galáxia junto às galáxias Seyfert no diagrama (U-B)X(B-V). Por outro lado, a presença da linha H gama no espectro de absorção desta galáxia indica que há também contribuição de população jovem no núcleo.

- NGC3312 tem tipo espectral G3 e W's normais para galáxias de seu tipo. Os valores dos índices de cor indicam que esta galáxia tem a população estelar ou contínuo mais vermelhos da amostra. A emissão no infravermelho detectada para esta galáxia é compatível com a cor vermelha observada no ótico e sugere a existência de grande quantidade de pó no núcleo desta galáxia (ver cap. 7). A localização desta galáxia no diagrama (U-B)X(B-V) é compatível com a existência de um contínuo não-térmico pouco intenso.

- NGC4941 tem tipo espectral G0 e valores pequenos das W's, que indicam a existência de um contínuo não-térmico para esta galáxia. Uma inspeção visual do seu espectro mostra que as linhas de absorção são pouco definidas, ao contrário do observado nas outras galáxias da amostra, e indica a presença de uma contribuição não-estelar ao contínuo.

- NGC6300 tem tipo espectral F4, indicando a presença de população jovem no seu núcleo e W's dentro dos valores esperados para galáxias Sc (na verdade, como mencionado anteriormente, as Sc podem ter W's de todos os valores observados em galáxias). A detecção desta galáxia em raios-X e no infravermelho evidencia a existência de um contínuo não-térmico.

- NGC7743 tem tipo espectral F4, apresenta linhas de absorção de Balmer no espectro e cores bem azuis, tendo-se concluído que esta galáxia apresenta formação estelar no núcleo. Ela também apresenta as menores W's, bem menores do que as usuais para um galáxia tipo S0/a. Seu valor de U-B a coloca na região ocupada por galáxias Seyfert no diagrama (U-B)x(B-V), podendo indicar a existência de um contínuo não-térmico, embora as cores azuis possam ser explicadas pela população jovem do núcleo. A emissão no infravermelho observada para esta galáxia indica a existência de um contínuo não-térmico e/ou a existência de pó no núcleo desta galáxia.

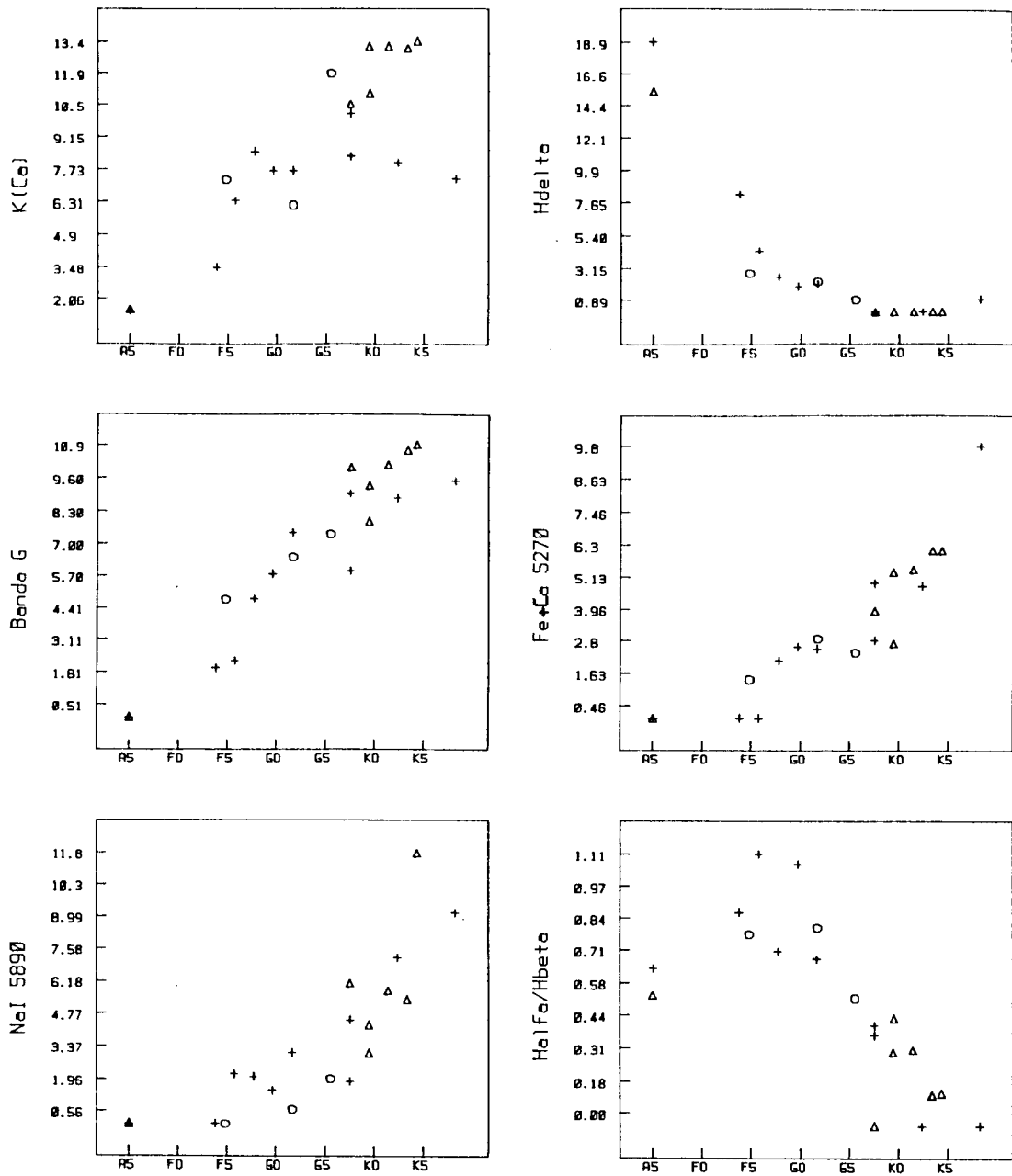


FIG.6.1- Larguras equivalentes: '+'Estrelas da sequência principal, 'o' subgigantes, 'Δ' gigantes.

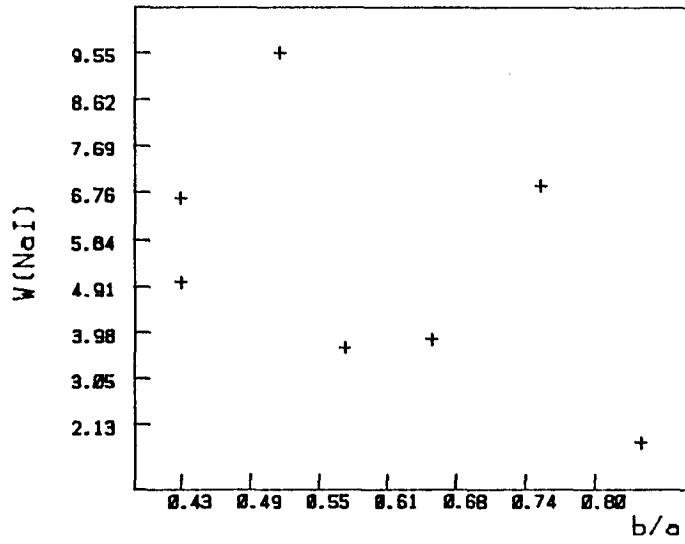


FIG. 6.2 - Dependência da largura equivalente do NaI com razão axial aparente das galáxias.

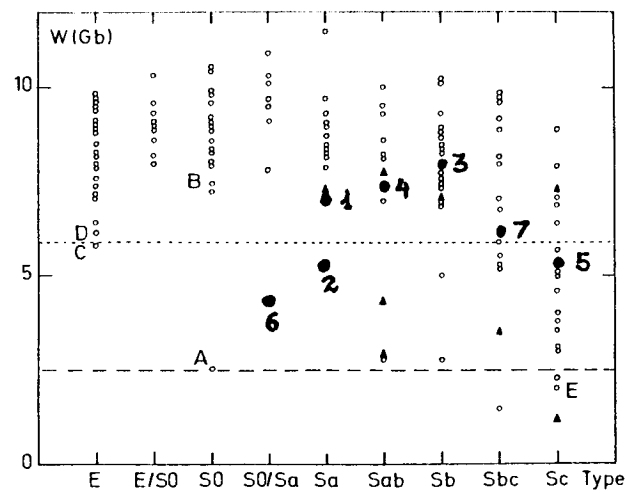


Figura 6.3 - Reprodução da figura 3(c) de Bica e Alloin (1987): largura equivalente da banda G em função do tipo morfológico. Círculos abertos representam galáxias normais, triângulos, galáxias com núcleo ativo. Galáxias deste trabalho: 1) N1358, 2) N1386, 3) N3312, 4) N4941, 5) N6300, 6) 7743, 7) N3521.

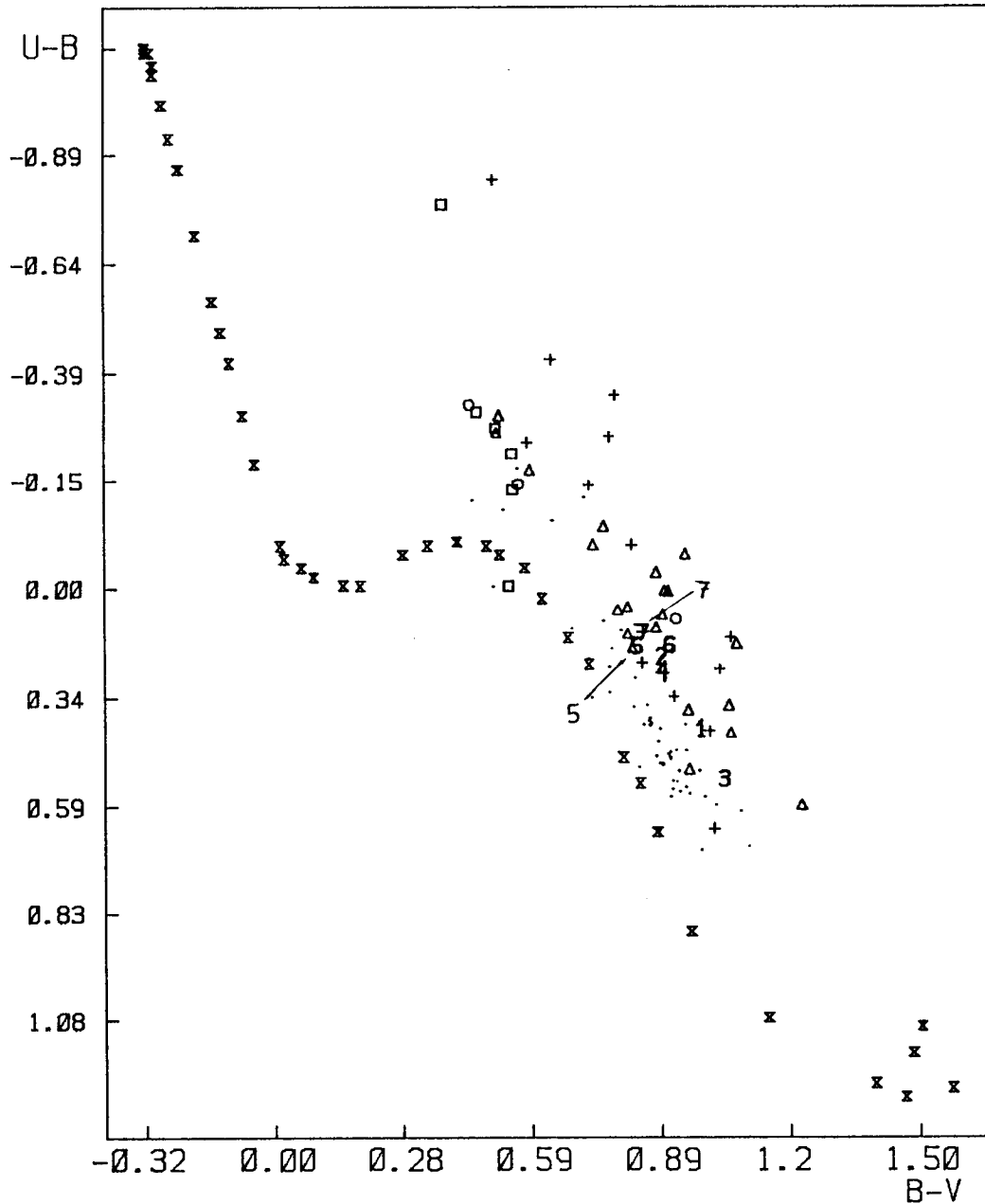
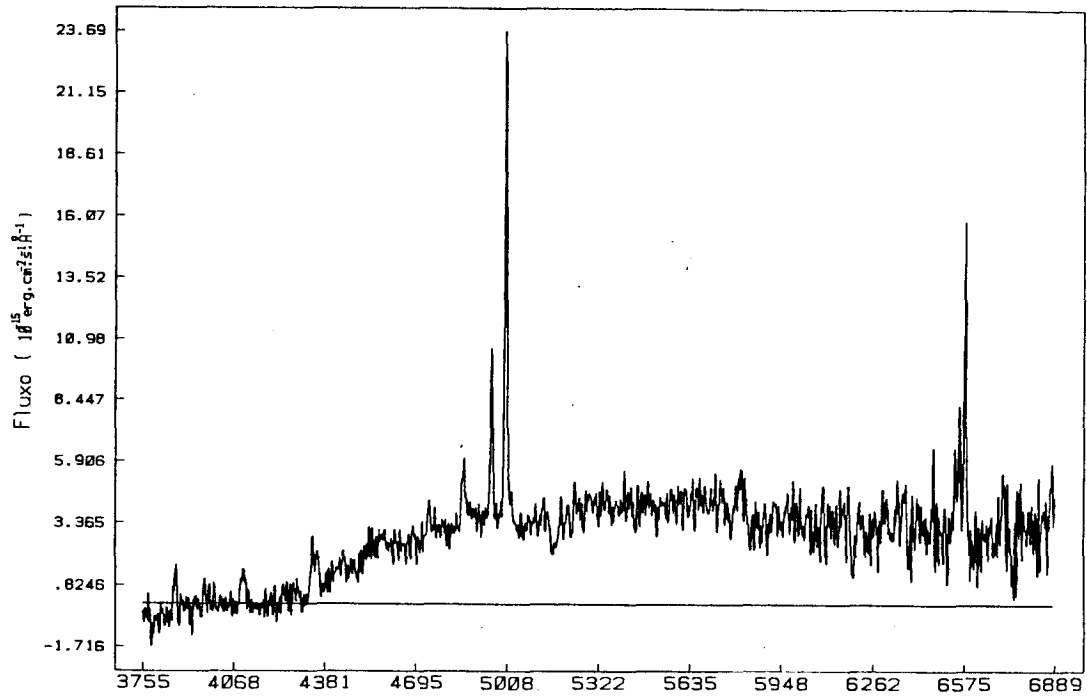


FIG.6.4 - '.' galáxias normais, '+' Seyfert 1, 'Δ' Seyfert 2, '□' Starburst, 'o' galáxias com núcleo peculiar, '1' N1358, '2' N1386, '3' N3312, '4' N4941, '5' N6300, '6' N7743, '7' N3521 'x' estrelas da sequência principal.

NGC 1358-NGC 3521



NGC 1386-NGC 3521

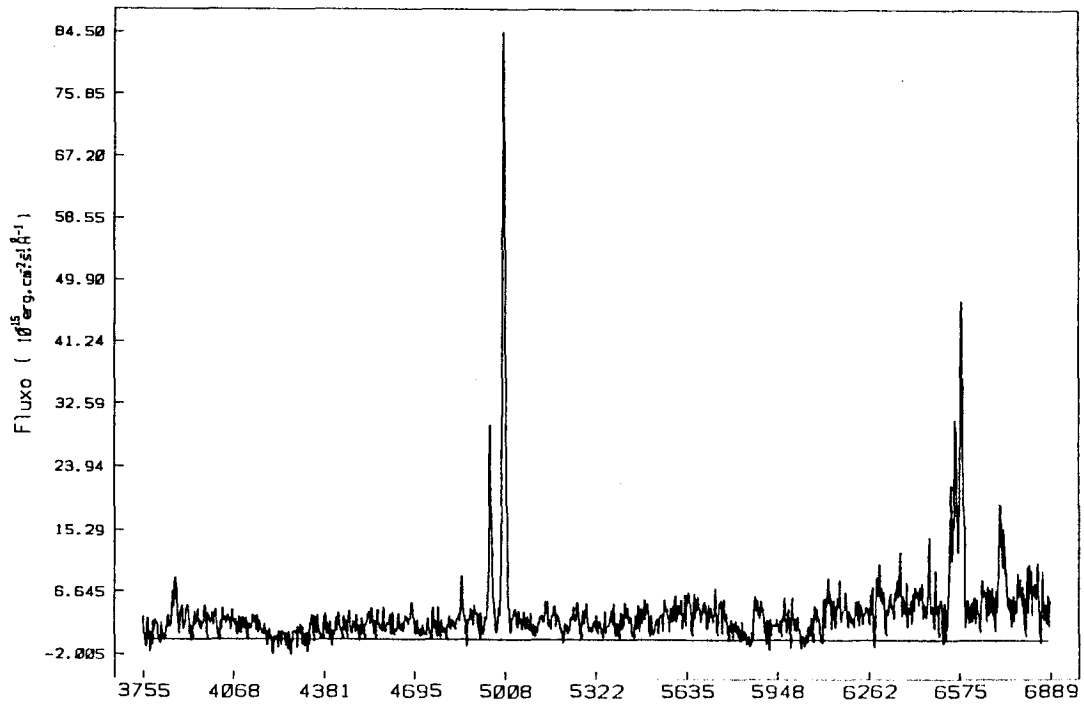
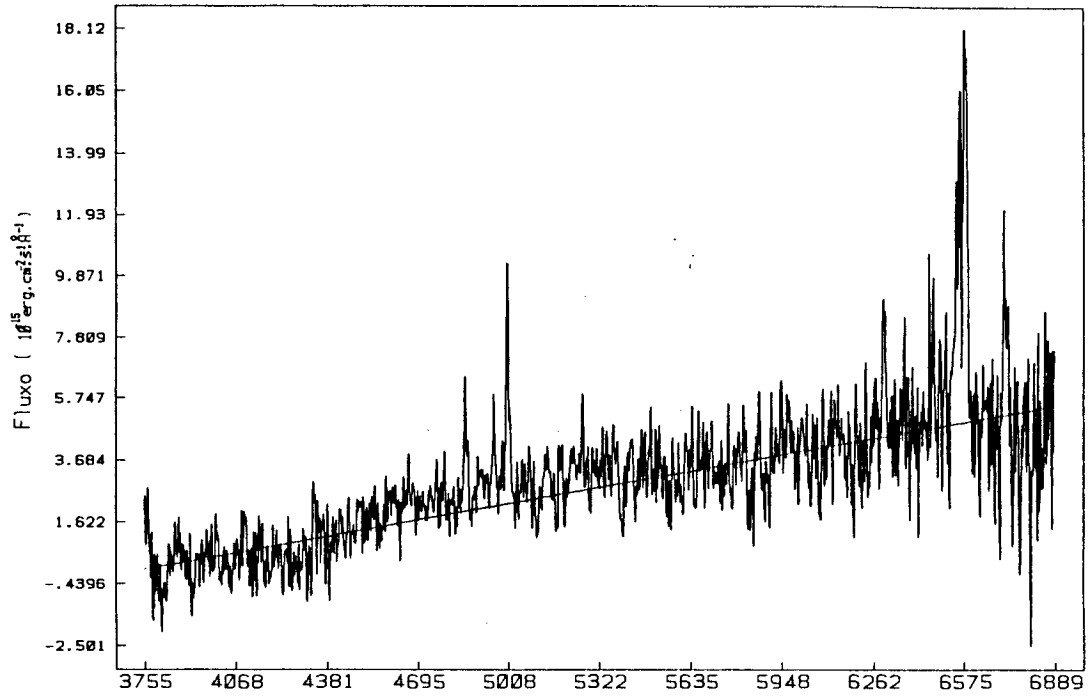


Figura 6.5.a - Espectros de NGC1358 e NGC1386 após subtração da componente estelar.

NGC3312-NGC3521



NGC4941-NGC3521

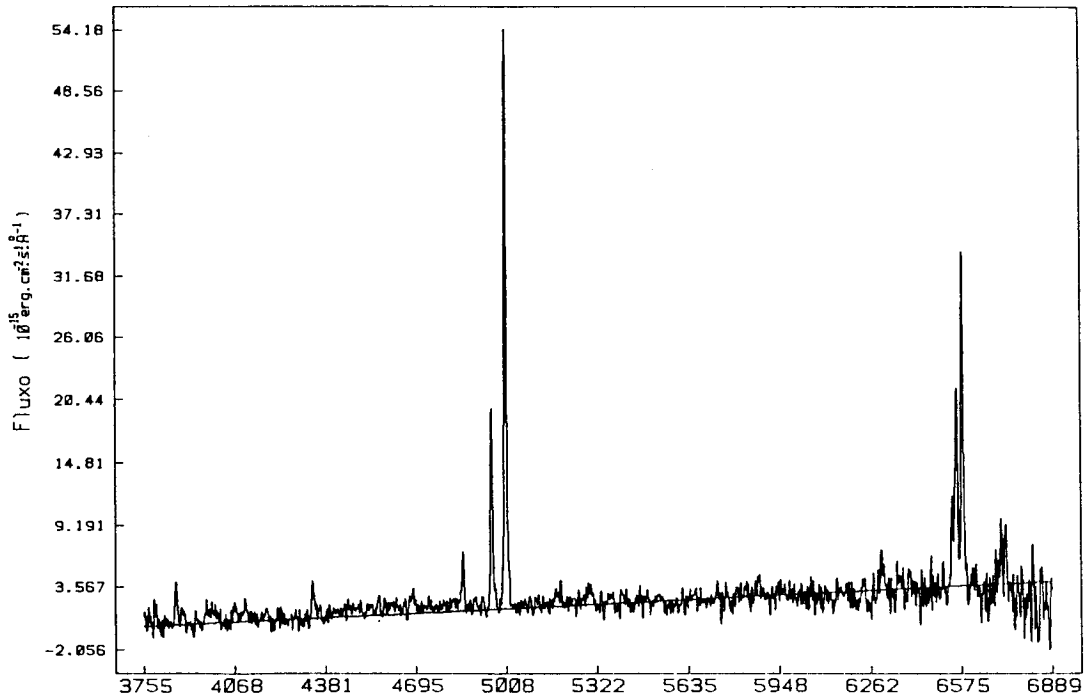


Figura 6.5.b - Espectros de NGC3312 e NGC4941 após subtração da componente estelar.

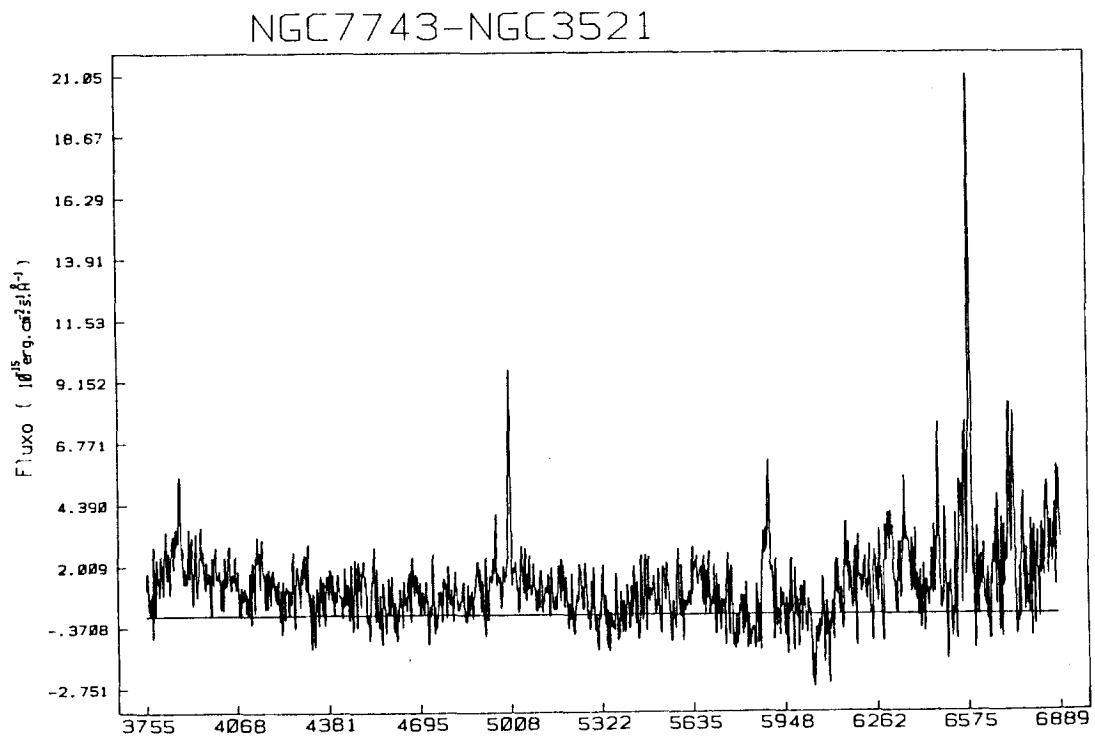
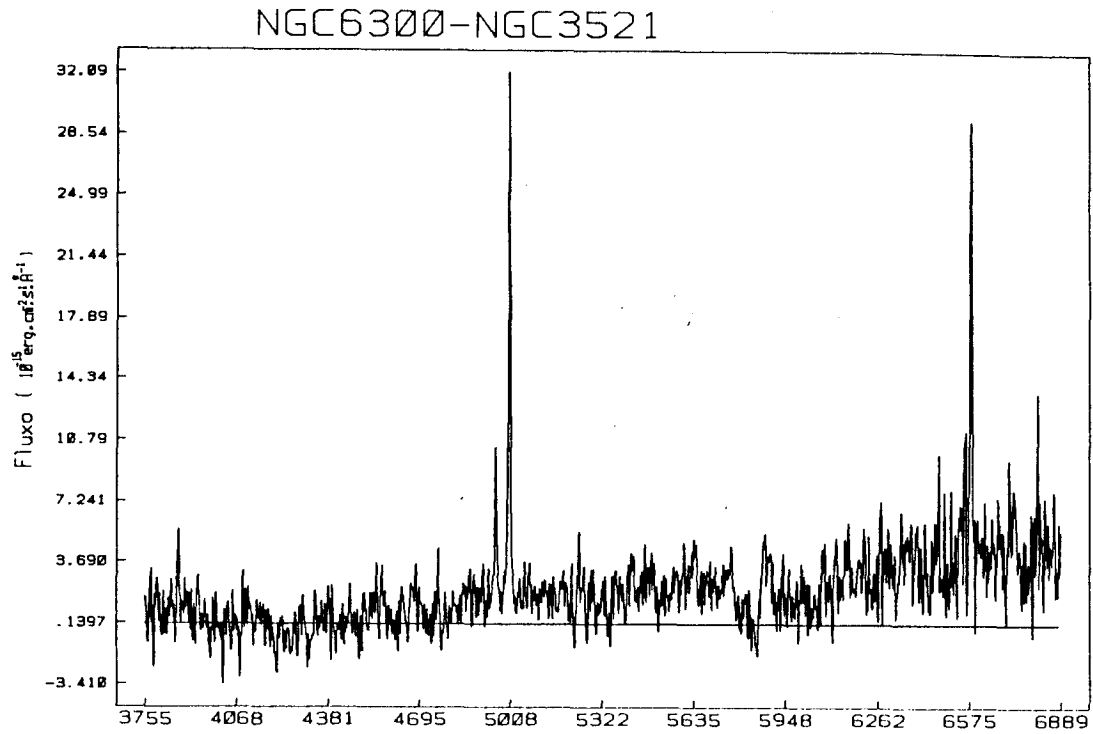


Figura 6.5.c - Espectros de NGC6300 e NGC7743 após subtração da componente estelar.

CAPITULO 7 - INTENSIDADES RELATIVAS DAS LINHAS DE EMISSÃO COMPARAÇÃO COM MODELOS DE FOTOIONIZAÇÃO

Neste capítulo, as intensidades das linhas de emissão são utilizadas para obter os parâmetros físicos que melhor descrevem a região central das galáxias estudadas, através da utilização de modelos de fotoionização. Primeiramente, discute-se o avermelhamento interno dos núcleos e a classificação dos mesmos a partir de diagramas diagnóstico de atividade nuclear; depois é feita a comparação com os modelos.

- 7.1 - Avermelhamento interno dos núcleos

De acordo com os modelos de fotoionização utilizados adiante, o valor intrínseco do decremento de Balmer varia de 2.7 a 3.1, tendo-se adotado neste trabalho o valor médio de 2.9, que é também o valor correspondente ao caso B de recombinação (Osterbrock, 1974).

Fazendo a hipótese de que valores mais altos do que 2.9 para o decremento de Balmer são devido ao avermelhamento interno do núcleo, os valores das intensidades das linhas de emissão foram

corrigidos utilizando a lei de absorção descrita no capítulo 3.

- 7.2 - Diagramas diagnóstico de atividade nuclear

Baldwin, Phillips e Terlevich (BPT, 1981) mostraram que algumas razões entre intensidades de linhas de emissão podem ser utilizadas para separar objetos extragalácticos em categorias, de acordo com o principal mecanismo de excitação, através de uma série de diagramas diagnóstico envolvendo 2 destas razões.

As figuras 7.1, 7.2 e 7.3 mostram a posição ocupada pelas 6 galáxias nos diagramas $(5007/4861) \times (3727/5007)$, $(6584/6563) \times (3727/5007)$ e $(5007/4861) \times (6584/6563)$, respectivamente. As galáxias deste trabalho estão identificadas pelo nº indicado na 1ª coluna da tabela 7.2.

A partir das figuras, verifica-se que as galáxias NGC1358, NGC1386 e NGC4941 se localizam na região correspondente às Seyfert 2, NGC3312 na região correspondente aos LINERS e NGC7743 e NGC6300 numa região intermediária entre as duas.

Para as 6 galáxias, verifica-se que, enquanto os valores para a razão $(5007/4861)$ são da ordem dos valores médios correspondentes às galáxias Seyfert 2 e LINERS, os valores para $(6584/6563)$ são extremos, devido à grande intensidade da linha do nitrogénio.

7.3 - Comparação com modelos de fotoionização

Considerando as seguintes evidências da existência de um contínuo não-termico: emissão em raios-X para NGC6300 e NGC1358, emissão no infravermelho para NGC3312, NGC6300 e NGC7743, e a localização das galáxias nos diagramas diagnóstico, foram selecionados, para comparação, modelos fotoionizados por radiação não-termica (espectro tipo lei de potência).

Primeiramente serão utilizados os modelos de Stasinska (1984). Estes modelos consistem de lâminas de densidade constante, iluminadas perpendicularmente por um campo de radiação tipo lei de potência. O nº de fótons ionizantes emitidos pela fonte por elétron-volt e por segundo em todas as direções é

$$N_E = C E^{-\alpha} \quad (1)$$

onde α é o índice da lei de potência, C é uma constante e E a energia dos fótons em eV.

A lâmina localiza-se a uma distância R da fonte central, tal que o parâmetro de ionização, definido como

$$U = N_{ph} / (4\pi R^2 N_e c) \quad (2)$$

tem um dado valor, geralmente fixado em E^{-2} , E^{-3} ou E^{-4} . Nesta expressão, N_{ph} é o nº total de fótons com energia maior que 13.6 eV emitidos pela fonte por unidade de tempo; N_e é a densidade eletrônica e ' c ' é a velocidade da luz.

Os parâmetros de entrada são o espectro e luminosidade da fonte ionizante e a composição química do gás, sendo considerados no cálculo 12 elementos.

A grade de modelos apresenta densidades (N) variando entre $E+2$ e $E+6 \text{ cm}^{-3}$, índice da lei de potência (α) entre 2 e 0.7, parâmetro de ionização (U) de $E-2$, $E-3$ ou $E-4$ e abundâncias $2\times$ solar, solar, $0.5\times$ solar, $0.1\times$ solar e $0.02\times$ solar. A abundância solar relativa para os 12 elementos em n_0 é dada por: H: He: C: N: O: Ne: Mg: Si: S: Cl: Ar: Fe = 1: $E-1$: $4.7E-4$: $9.8E-5$: $8.3E-4$: $1.1E-4$: $2.6E-5$: $4.0E-5$: $3.3E-5$: $3.2E-7$: $6.3E-6$: $1.6E-5$ (Lambert, 1978; Lambert e Luck, 1978 e Ross e Miller, 1975).

A comparação dos valores observados das razões entre intensidades de linhas é feita através das tabelas 7.3.1 a 7.3.6, cujas colunas trazem a seguinte informação:

-coluna 1: identificação da razão entre linhas. No caso de duas componentes, C_1 e a componente estreita e C_2 e a larga. Os símbolos usados para as linhas são os seguintes:

- [OIII]: $\lambda\lambda 3727+3729$
- [NeIII]: $\lambda 3869$
- H gama: $\lambda 4340$
- H β : $\lambda 4861$
- [OIII]: $\lambda\lambda 4959+5007$
- [OII]: $\lambda 6300$
- [NIII]: $\lambda\lambda 6548+6584$
- H alfa: $\lambda 6563$

-[SIII]⁺: $\lambda 6717$

-[SIII]⁺: $\lambda 6731$

-[SIII]⁺: $\lambda \lambda 6717+6731$

-coluna 2: valor observado

-coluna 3: valor corrigido por avermelhamento interno

-coluna 4 (às vezes também 5 e 6): valores dos modelos que melhor reproduzem as observações.

Discutimos agora os modelos que melhor ajustam as razões entre intensidades das linhas de emissão para cada galáxias.

7.3.1 - NGC 1358

Esta galáxia, na análise cinemática, apresentou uma componente estreita na linha [OIII] $\lambda 5007$ cujo fluxo era somente 10% do valor correspondente à componente larga. Considerando seu pequeno fluxo e o fato de que ela não foi detectada nas outras linhas, não a consideramos na análise que segue.

O modelo que melhor reproduz as intensidades relativas das linhas de emissão é caracterizado pelos seguintes parâmetros: $\alpha=1$, $U=10^{-4}$, $N=10^{11}$ cm^{-3} e abundância solar. A partir da tabela 7.3.1 abaixo, verifica-se que os valores de modelos reproduzem os corrigidos dentro de 10 a 30%, exceto para as razões H

gama/H β e [NII]/H alfa . Considerando que a intensidade de H gama é somente duas vezes o ruído, conclui-se que a única diferença significativa entre o modelo e as observações é que o valor observado para a razão [NII]/H alfa é quase duas vezes o valor do modelo.

Tabela 7.3.1-Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO
[OIII]/H β	2.75 \pm 0.72	3.18	3.57
[NeIII]/H β	0.74 \pm 0.03	0.84	1.05
Hgama/H β	0.82 \pm 0.02	0.88	0.44
[OIII]/H β	9.33 \pm 0.38	9.16	11.80
[NII]/H alfa	2.20 \pm 0.22	2.20	1.24
[SII]+/H alfa	0.96	0.94	0.77
H alfa/H β	3.47 \pm 0.59	2.90	2.95
NOISE/H β	0.39		
NOISE/H alfa	0.11		

7.3.2 - NGC1386

Esta galáxia apresenta duas regiões cinematicamente distintas, como foi discutido no capítulo 5. Por isso foram investigados dois modelos diferentes: um com alta densidade para

representar a região de linhas largas e um de densidade mais baixa para representar a região de linhas estreitas.

Para poder calcular a razão $[OIII]/H\beta$ nas duas regiões, dividiu-se a linha $H\beta$ em duas componentes fazendo a hipótese de que o decremento de Balmer é igual nas duas regiões e tem o mesmo valor que o obtido considerando a soma dos fluxos nas duas componentes observadas de H alfa e o fluxo em $H\beta$, que é $H\text{ alfa}/H\beta = 4.7$.

Os modelos que melhor reproduzem as intensidades relativas das linhas de emissão têm as seguintes características: $\alpha = 1.5$, $U=10^{-3}$, abundância solar, $N=10^{12}\text{ cm}^{-3}$ para a região de linhas estreitas e $N=10^6\text{ cm}^{-3}$ para a região de linhas largas.

A partir da tabela 7.3.2 abaixo, verifica-se que o valor corrigido para a razão $[OIII]/H\beta$ para a região de linhas largas é reproduzido pelo modelo 2 dentro de 30%. Para a região de linhas estreitas não foi possível encontrar um modelo com baixa densidade e valor alto para a razão $[OIII]/H\beta$: o modelo que, juntamente com o modelo 2, melhor reproduz as intensidades das outras linhas apresenta um valor para a componente estreita de $[OIII]/H\beta$ três vezes menor do que o observado. Quanto a razão $[NII]/H\text{ alfa}$, verifica-se que os valores observados (e corrigidos por avermelhamento) são cerca de quatro vezes o valor do modelo para a região de linhas estreitas e quase duas vezes o do modelo para a região de linhas largas.

Tabela 7.3.2 - Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO 1 (estr.)	MODELO 2 (larga)	MODELO 1+2
[OIII]/H β	1.91 \pm 0.38	2.97	3.82	2.90	3.03
[NeIII]/H β	0.95 \pm 0.21	1.41	0.48	0.86	0.81
[OIII]/H β L ₁	20.77 \pm 5.43	19.62	6.44	-	
(larga) C ₂	14.73 \pm 3.76	13.92	-	10.90	
[NIII]/H α L ₁	2.59 \pm 0.91	2.58	0.70	-	
(larga) C ₂	1.47 \pm 0.10	1.46	-	0.76	
[SII] ⁺ /H α	0.28 \pm 0.09	0.27	0.40	0.18	0.21
[SII] ⁺ /H α	0.25 \pm 0.03	0.24	0.29	0.29	0.29
H α /H β L ₁	5.04 \pm 1.30	-	-	2.90	
L ₂	5.04 \pm 1.30	-	-	-	
RUÍDO/H β	0.17				
RUÍDO/H α	0.04				

No caso das razões [OIII]/H β , [NeIII]/H β e [SII]/H α fez-se a hipótese de que elas contêm contribuições tanto da região de linhas estreitas como da de linhas largas. Os valores dos modelos foram calculados da seguinte forma: multiplicou-se o valor do modelo correspondente a cada região pelo fluxo H β na mesma região, somou-se as contribuições das duas regiões e então dividiu-se por H $\beta_{estreita} + H\beta_{larga}$. Os resultados deste cálculo são apresentados na última coluna da tabela 7.3.2 sob o título MODELO 1+2. Verifica-se que o modelo reproduz os valores correspondentes a [SII] e [OIII]

dentro de 30%, mas o valor corrigido para [NeIII] é 75% mais alto do que o valor do modelo.

7.3.3 - NGC3312

A intensidade relativa das linhas [SII] indicam baixa densidade para o gas no nucleo desta galaxia. O modelo que melhor reproduz seus valores, bem com os das razões [OII]/H β e [OII]/H β tem os seguintes parâmetros: $\alpha=1.5$, $U=10^{-4}$, $N=10^{10}$ cm $^{-3}$ e abundância solar. Embora estes valores sejam reproduzidos dentro de 30%, como mostrado na tabela 7.3.3 abaixo, o valor do modelo para [OIII]/H β é 2.5 vezes o valor observado, e para [NII]/H alfa, o valor observado é tres vezes o do modelo. No caso da razão [OIII]/H β , verificou-se que o modelo 2, que tem $U=10^{-5}$ e demais características idênticas a do modelo 1, dá valor muito menor para esta razão. Uma inspeção da tabela 7.3.3 mostra que as intensidades relativas de todas as linhas poderiam ser reproduzidas por um modelo com $10^{-4} < U < 10^{-5}$ e demais parâmetros apresentados acima, exceto a razão [NII]/H alfa, cujo valor máximo pelos modelos seria 1.10, enquanto que o valor observado é 85% maior.

Tabela 7.3.3-Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO 1	MODELO 2
[OIII]/H β	4.00 \pm 2.01	4.94	3.82	4.75
[OIIII]/H β	2.63 \pm 1.46	2.56	6.44	0.26
[OII]/H α	0.47 \pm 0.16	0.49	0.44	0.37
[NIII]/H α	2.05 \pm 0.32	2.04	0.69	1.10
[SIII]/H α	0.50 \pm 0.16	0.49	0.41	1.25
[SIII]/H α	0.32 \pm 0.11	0.31	0.30	0.91
H α /H β	3.78 \pm 1.92	2.90	2.93	2.95
RUIDO/H β	0.40			
RUIDO/H α	0.11			

7.3.4 - NGC4941

Na análise cinemática realizada no capítulo 5, verificou-se que esta galáxia apresenta uma componente larga na linha [OIIII] λ 5007 que só foi detectada devido a alta razão sinal/ruído nesta linha. Considerando que nas outras linhas observamos somente a componente estreita, discutir-se-á, a seguir, somente a região de linhas estreitas.

A tabela 7.3.4 abaixo mostra que, dentro dos erros, as intensidades relativas de todas as linhas, exceto as do [NII], são reproduzidas por um modelo com os seguintes parâmetros: $\alpha = 1.5$,

$U=10^{-4}$, $N=10^{18}$ cm^{-3} e abundância solar. O valor observado para a razão [NII]/H alfa é 2.6 vezes o valor do modelo.

Tabela 2.3.4-Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO
[OIII]/H β	2.40+1.16	3.79	3.72
[NeIII]/H β	0.79+0.61	1.19	0.57
H γ /H β	0.63+0.56	0.78	0.46
[OIII]/H β	11.63+4.31	10.97	8.43
[OII]/H alfa	0.18+0.08	0.19	0.14
[NII]/H alfa	1.96+0.20	1.95	0.74
[SII]*/H alfa	0.34+0.09	0.33	0.31
[SII]*/H alfa	0.31+0.09	0.30	0.32
H alfa /H β	5.13+2.09	2.90	2.92
RUÍDO/H β	0.34		
RUÍDO/H alfa	0.07		

2.3.5 - NGC6300

Para esta galaxia não foi possível detectar H β em emissão, mesmo depois da subtração da componente estelar. Fez-se então a hipótese de que o fluxo em H β é da ordem de um ruído típico de espectro, de forma que os valores das intensidades relativas de H β

podem estar afetados por um erro grande.

NGC 6300 apresentou uma componente larga no [OIII] que não foi detectada nas outras linhas. Considerando somente a componente estreita e fazendo a hipótese de que estamos medindo só a componente estreita nas outras linhas, o modelo que melhor reproduz as intensidades de [OIII] e [SII] tem as seguintes características: $\alpha=1.5$, $U=10^{-3}$, $N=10^{12}$ cm $^{-3}$ e abundância solar.

A tabela 7.3.5 abaixo mostra que o valor corrigido para [OIII]/H β é 66% mais alto do que o do modelo. Considerando que as razões envolvendo H β podem apresentar um erro grande, esta diferença não chega a ser um desacordo. Entretanto, a discrepância entre o valor corrigido e o do modelo para [NeIII] é muito maior. Considerando o fato de que as linhas [OIII] apresentam uma componente larga, deve haver uma região de alta densidade onde é produzida esta componente bem como uma possível contribuição que aumentaria a intensidade de [NeIII], embora o máximo valor que [NeIII]/H β atingiria de acordo com o modelo é 1.52, menos que a metade do valor corrigido. No caso da razão [NII]/H alfa, o valor observado é 4.5 vezes o do modelo, e a contribuição de uma região de densidade mais alta poderia elevar o valor do modelo para 1, no máximo, ainda para três vezes menor do que o valor observado.

Tabela 7.3.5-Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO
[OIII]/H β ^a	3.66	6.33	3.82
[NeIII]/H β ^a	2.33	3.90	0.48
[OIII]/H β ^a	8.05	7.50	6.44
[NIII]/H α	3.19 \pm 0.73	3.17	0.70
[SIII] ⁺ /H α	0.47 \pm 0.26	0.45	0.41
[SIII] ⁻ /H α	0.40 \pm 0.24	0.38	0.30
H α /H β ^a	5.74	2.90	2.93
RUIDO/H β ^a	1.00		
RUIDO/H α	0.17		

^a H intensidade de H β foi tomada como igual a do ruído.

7.3.6 - NGC7743

Para esta galáxia, como no caso de NGC6300, não foi possível detectar H β em emissão, cujo fluxo foi, então, considerado igual ao de um ruído típico de espectro.

Para reproduzir as intensidades das linhas foram considerados dois modelos: o modelo 1 tem $\alpha = 1.5$, $U = 10^{-4}$ e $N = 10^{21}$ cm $^{-3}$; o modelo 2 tem $U = 10^{-3}$ e demais parâmetros iguais aos do modelo 1. A partir da tabela 7.3.6 verifica-se que a maior parte das intensidades relativas tem valores entre os dos dois modelos, o que significa que o parâmetro de ionização do gás emissor

deve ter um valor entre 10^* e 10^* e as demais características como acima.

Entretanto, as razões $[\text{NeIII}]/\text{H}\beta$ e $[\text{NII}]/\text{H}\beta$ não são reproduzidas pelos modelos: o valor da primeira é 5.4 vezes a do modelo, enquanto que o valor para a segunda é pelo menos 2.5 vezes o valor do modelo.

Tabela 7.3.6-Razões entre as intensidades das linhas de emissão

RAZÃO	OBSERVADA	CORRIGIDA	MODELO 1	MODELO 2
$[\text{OIII}]/\text{H}\beta^*$	2.75 ± 0.04	4.15	3.82	4.75
$[\text{NeIII}]/\text{H}\beta^*$	1.78 ± 0.43	2.57	0.48	0.31
$[\text{OIII}]/\text{H}\beta^*$	5.17 ± 0.12	4.91	6.44	0.26
$[\text{NII}]/\text{H}\alpha$	2.74 ± 0.08	2.73	0.77	1.11
$[\text{SII}]/\text{H}\alpha$	0.71 ± 0.05	0.69	0.41	1.28
$[\text{SII}]/\text{H}\alpha$	0.63 ± 0.03	0.61	0.30	0.93
$\text{H}\alpha/\text{H}\beta^*$	4.84	2.90	0.93	2.95
$\text{RUIDO}/\text{H}\beta^*$	1.00			
$\text{RUIDO}/\text{H}\alpha$	0.21			

* H intensidade de $\text{H}\beta$ foi tomada com igual a do ruído.

7.3.7 - Resultados globais da comparação com os modelos

A partir da análise acima, verifica-se que os modelos reproduzem as intensidades relativas da maior parte das linhas, mas não reproduzem a razão $[NII]/H\alpha$ nas seis galáxias estudadas e a razão $[NeIII]/H\beta$ em tres delas. Considerando somente as outras linhas, as características do gas nuclear, de acordo com os modelos, são as seguintes:

1) fonte ionozante com espectro tipo lei de potência e índice $\alpha=1.5$;

2) parâmetro de ionização entre $10^{-1.5}$ e 10^{-2} ;

3) densidade entre 10^4 e 10^6 cm^{-3} ;

4) abundância solar (pelo menos para o oxigênio e enxofre).

Quanto aos altos valores observados para as razões $[NII]/H\beta$ e $[NeIII]/H\beta$, conclui-se que são devido a, respectivamente, uma alta abundância de nitrogênio e possivelmente do neônio com relação aos demais elementos. No caso do neônio, o resultado é conclusivo porque em dois dos tres núcleos que apresentam alto valor para a razão $[NeIII]/H\beta$ não foi possível detectar diretamente $H\beta$ em emissão, tendo-se feito a hipótese de que seu valor era igual ao de um ruído típico do espectro. Mas no caso da razão $[NII]/H\alpha$, não ha duvida: enquanto os valores dos modelos variam de 0.69 a 1.24, os observados são da ordem de 2 para quatro galáxias e da ordem de 3 para duas delas, com erros de, no máximo, 20%. Foram também investigados modelos com abundância duas vezes a solar: o máximo valor fornecido por estes modelos para a razão $[NII]/H\alpha$ é 1.6, e os mesmos não reproduzem as outras razões observadas.

Outros autores que propuseram modelos de nebulosas fotoionizadas por lei de potência foram Ferland e Netzer (FN, 1983). Consideram um contínuo ionizante com espectro tipo lei de potência com $\alpha = 1.5$ e densidade do gás $N = E+3 \text{ cm}^{-3}$ e abundâncias desde solares até 0.1x solares.

A figura 7.4 é uma reprodução da figura 2 de FN, e mostra que as relações entre as intensidades das linhas [NII]6584/H α , [OIII]5007/H β e [OIII]5007/[OIII]5007 de Quasares, galáxias Seyfert e LINERS são reproduzidas pelos modelos para parâmetros de ionização variando de $E-2$ a $E-4$ e abundâncias entre solar e 0.1x solar.

Nesta mesma figura foram também plotados os valores correspondentes às galáxias aqui estudadas, identificadas por números de 1 a 6, de acordo com a tabela 7.2. Verifica-se que, embora a razão [OIII]/H β para estas galáxias esteja dentro dos valores descritos pelos modelos, a razão [NII]/H α é bem maior do que a prevista pelo modelo com abundância solar, sugerindo uma abundância maior que a solar.

Halpern e Steiner (HS, 1983) propuseram um modelo de fotoionização no qual o contínuo consiste na soma de duas leis de potência extrapoladas a partir do valor de alfa (índice da lei de potência) no ótico de 1.1, observado para galáxias Seyfert e de 0.7 na região dos raios-X duros (2 a 10 keV). Consideraram uma densidade constante de $E+3.5 \text{ cm}^{-3}$ e introduziram o fator de cobertura 'f', que

representa a presença de material obscurecedor cobrindo parcialmente a fonte de radiação contínua de um fator f . Estes autores concluem que os modelos que melhor ajustam as observações referidas no artigo têm abundância $1/3$ solar para o Oxigênio e o Neônio e $0.5 \times$ solar para o Nitrogênio.

A figura 7.5 é uma reprodução de parte da figura 1 de HS, onde estão também plotadas as galáxias deste estudo. Verifica-se que, de acordo com o modelo proposto pelos autores, as galáxias NGC1385 e NGC6300 apresentam um fator de cobertura de cerca de 0.80 , NGC4941 apresenta ' f ' entre 0.80 e 0.90 , NGC1358 apresenta ' f ' da ordem de 0.90 , NGC7743 tem ' f ' entre 0.90 e 0.97 e NGC3312 tem ' f ' da ordem de 0.97 .

Halpern e Steiner salientam que um grande fator de cobertura provocaria reemissão da energia provavelmente por po, no infravermelho. Possivelmente isto está ocorrendo com NGC3312 e NGC7743, as galáxias com maior fator de cobertura e que são fontes de emissão infravermelha, como mencionado no final do capítulo 6.

Terlevich e Melnick (1985) também utilizam modelos de fotoionização para tentar reproduzir os valores das intensidades das linhas de emissão de núcleos ativos. O modelo de fotoionização é semelhante ao de FN. Consideram uma densidade constante de $E+3.5$ cm^{-3} , abundância solar mas diferentemente dos outros autores até agora discutidos, consideram um contínuo ionizante produzido por um aglomerado com grande nº de estrelas muito massivas (>60 massas

solares). Estas estrelas, de acordo com teorias modernas de evolução estelar, evoluiriam com perda de massa, atingindo temperaturas efetivas muito altas (até 200000K). Os resultados são semelhantes aos fornecidos pelos modelos discutidos acima, como pode ser observado a partir das figuras 2,3 e 4 da referência acima. Isto ocorre porque o contínuo ionizante produzido pelo aglomerado é muito semelhante a uma lei de potência com $\alpha = 1.5$ e um cut-off em 20 Rydbergs (0.27 keV) no caso de um aglomerado de idade $3E+6$ anos, como salientado pelos próprios autores. Como o resultado é muito semelhante ao dos trabalhos anteriores, novamente se repete que as galáxias aqui estudadas apresentam as maiores diferenças em relação aos modelos, quando consideradas razões entre linhas de emissão envolvendo o [NII].

A partir deste capítulo, conclui-se que modelos fotoionizados por um espectro tipo lei de potência reproduzem a maior parte das razões entre as intensidades das linhas de emissão das galáxias aqui estudadas, indicando a existência de uma fonte de ionização não térmica no núcleo destas galáxias.

Por outro lado, os modelos não reproduzem os valores das intensidades das linhas do [NII], seja a abundância solar ou até 2x solar. Considerando que as intensidades das linhas do oxigênio são reproduzidas pelos modelos, acredita-se que o que esteja ocorrendo seja um excesso de abundância somente do nitrogênio, não acompanhado por uma maior abundância dos outros elementos pesados. Esta mesma conclusão foi obtida por Rose e Searle (1982) para o núcleo de M51.

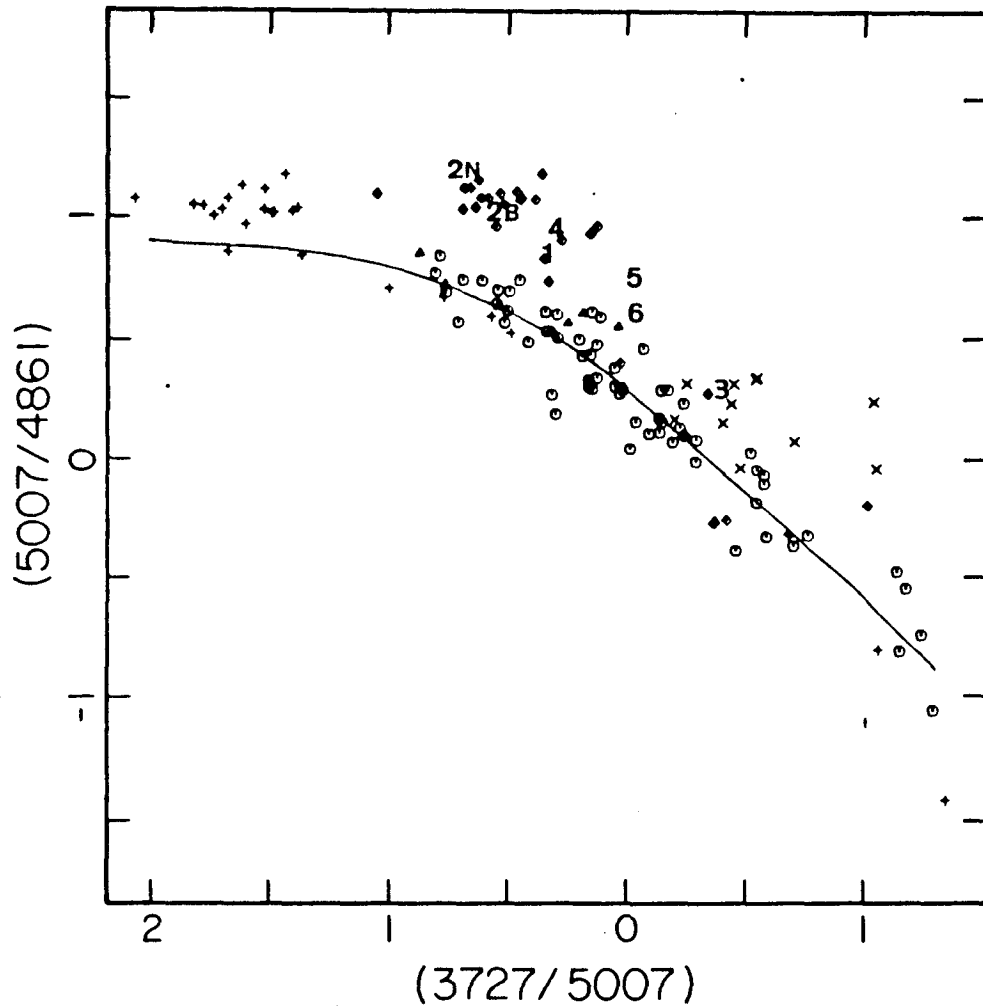


Figura 7.1 - Reprodução da figura 2 de BPT (1981) mostrando a relação entre as razões de intensidades das linhas $[OIII]5007/H\beta$ e $[OIII]3727/[OIII]5007$. Símbolos: '+' = nebulosas planetárias; losangos = Seyferts 2; octagonos = regiões HII; 'x' = LINERS. Galáxias deste estudo: 1)N1358, 2)N1386, 3)N3312, 4)N4941, 5)N6300, 6)N7743.

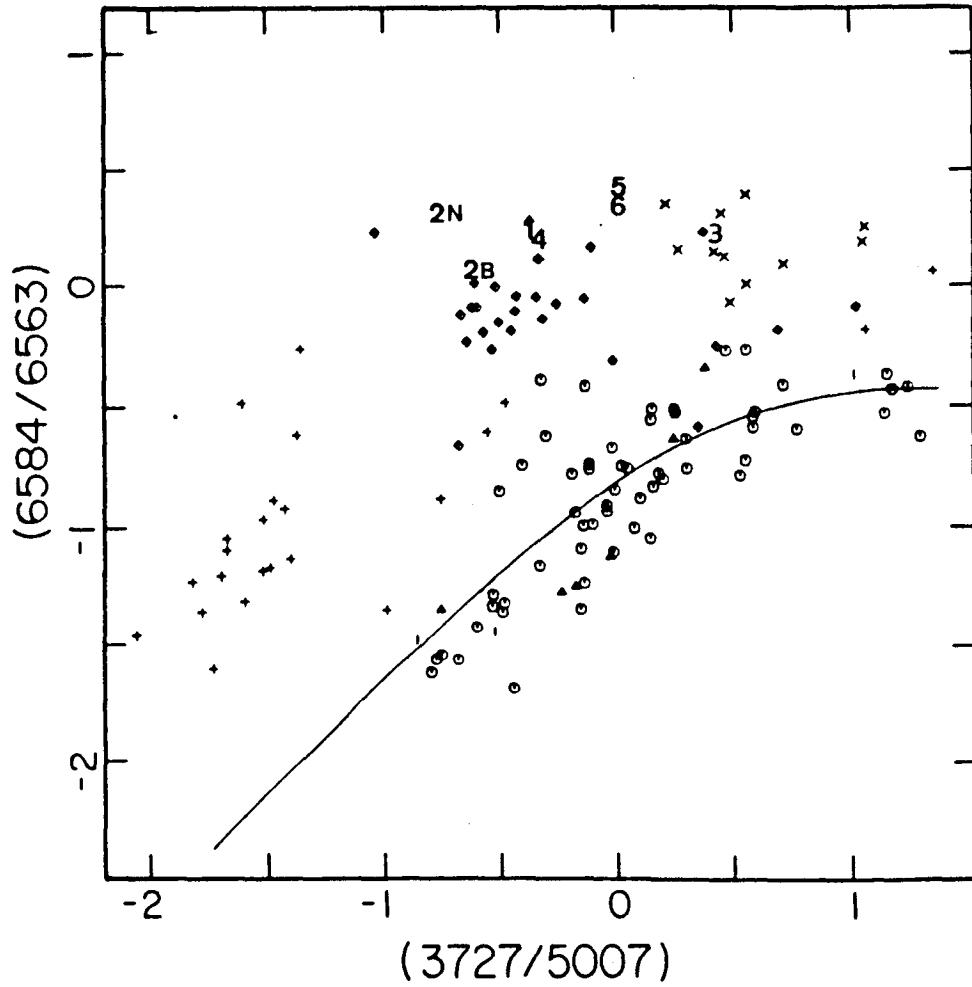


Figura 7.2 - Reprodução da figura 3 de BPT (1981) mostrando a relação entre as razões de intensidades das linhas $[NIII]6584/H$ alfa e $[OIII]3727/[OIII]5007$. Símbolos têm o mesmo significado que na figura 7.1.

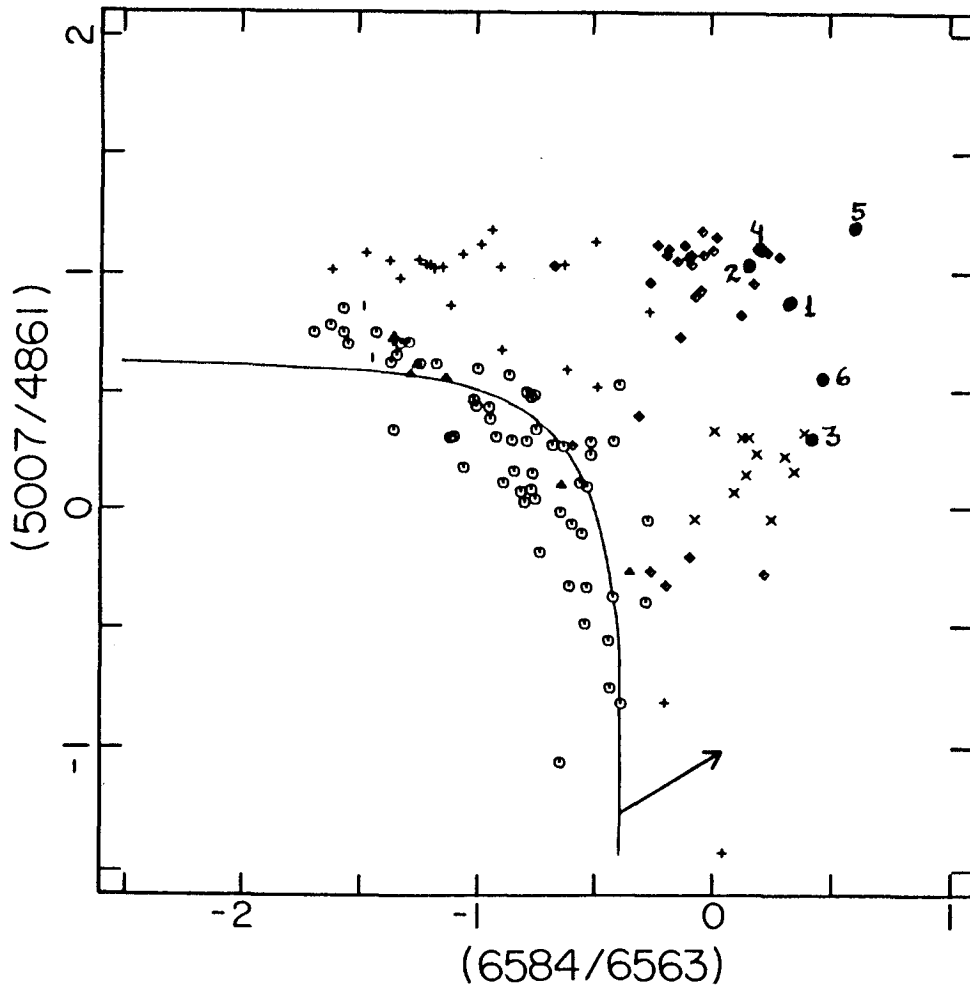


Figura 7.3 - Reprodução da figura 5 de BPT (1981) mostrando a relação entre as razões de intensidades das linhas [OIII]5007/H β e [NII]6584/H α . Símbolos têm o mesmo significado que na figura 7.1.

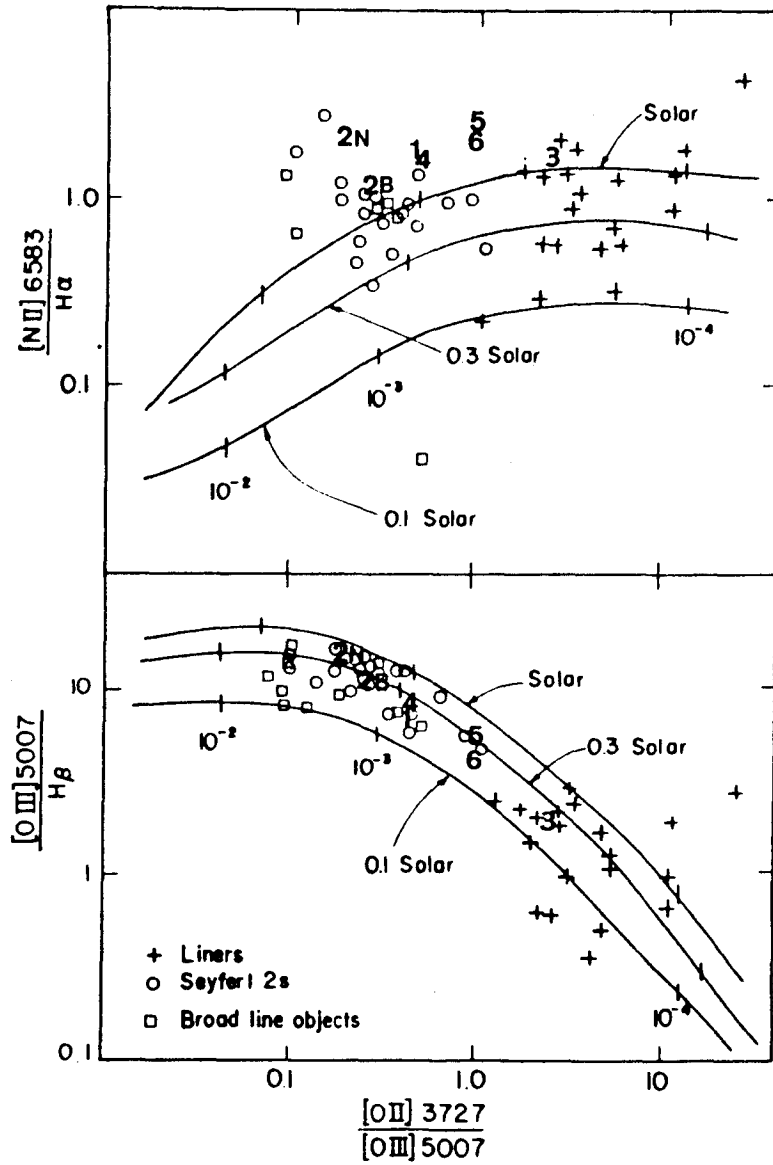


Figura 7.4 - Reprodução da figura 2 de FN (1983). Símbolos: quadrados = objetos de linhas largas; círculos = Seyferts 2; '+' = LINERS. Galáxias deste trabalho: 1) N1358, 2) N1386, 3) N3312, 4) N4941, 5) N6300, 6) N7743.

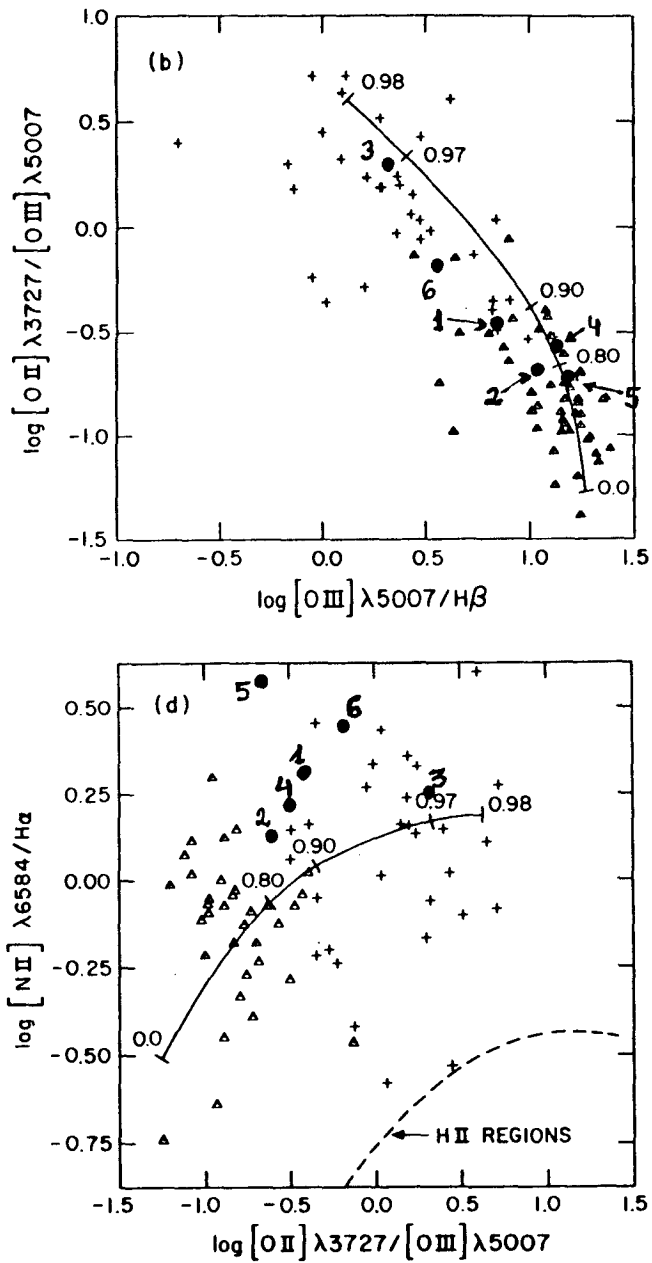


Figura 7.5 - Reprodução da figura 1 de HS (1983). Símbolos: triângulos = Seyferts 2, '+' = LINERS. Galáxias deste trabalho identificadas como na figura 7.4.

CAPITULO 8 - CONCLUSÕES

Neste trabalho foram investigadas as propriedades cinemáticas, a natureza da fonte ionizante, as características da população estelar, a abundância química e as condições físicas do gás no núcleo de seis galáxias cujo espectro apresenta linhas de emissão de nitrogênio ionizado muito intensas. Nos diagramas de diagnóstico de atividade nuclear utilizando as linhas de emissão do [OIII], [OIII], H β , estas galáxias se localizam na região ocupada pelas galáxias Seyfert 2 e LINERS. Porém, quando se considera as linhas do [NIII], elas ocupam uma posição extrema, devido à alta intensidade destas linhas.

Através da análise dos perfis das linhas de emissão, verificou-se que as 6 galáxias observadas apresentam linhas alargadas em relação ao perfil instrumental. A partir da decomposição dos perfis, foi possível distinguir duas zonas cinematicamente distintas para 4 galáxias: NGC1358, NGC1386, NGC4941 e NGC6300. Estas galáxias apresentam uma zona próxima à fonte central com alta velocidade de turbulência (aqui representada pela FWHM das linhas em km/s), da ordem de 600 km/s e uma outra mais externa com velocidade de turbulência menor, da ordem de 300 km/s. NGC3312 e NGC7743 apresentam apenas uma região, sendo que na primeira a velocidade de turbulência é alta (cerca de 500 km/s).

Constatou-se, também, que além da turbulência, o gás na região nuclear de NGC1386 e NGC6300 apresenta um fluxo radial em relação ao baricentro da galáxia, decrescente com a distância à fonte ionizante. O sentido dos fluxos observados é oposto: NGC6300 apresenta assimetria nas linhas do [OIII] para o azul, enquanto que NGC1386 apresenta assimetria para o vermelho. Esta assimetria para o vermelho constitui-se numa peculiaridade, pois a maior parte dos núcleos ativos apresenta assimetria para o azul.

A luminosidade das linhas do [OIII] do núcleo destas galáxias está compreendida entre $3E+39 < L < 3E+40$ ergs/s, comparável ou menor do que a de galáxias Seyfert 2 clássicas. Comparando as condições cinemáticas das regiões nucleares e a luminosidade nas linhas do [OIII] com os valores determinados para galáxias Seyfert 1, Seyfert 2 e LINERS, estes núcleos poderiam ser classificados da seguinte forma: NGC1358 e NGC1386 como Seyfert 2 típicas. NGC6300 poderia ser também classificada como Seyfert 2, mas com fonte ionizante menos luminosa que as observadas para este tipo de atividade ou então muito obscurecida pela presença de pó. O núcleo de NGC3312 é um LINER com alta velocidade de turbulência e NGC7743 seria um LINER com fonte ionizante comparável com Seyfert 2. Finalmente, NGC4941 apresenta características cinemáticas comparáveis com as de galáxias Seyfert 1, com fonte central muito fraca ou obscurecida.

Através da análise global dos perfis das linhas do [OIII] das 6 galáxias acima e de outros 8 núcleos ativos, verificou-se que

não há correlação entre a luminosidade emitida e a largura da componente larga da linha, indicando que o grau de turbulência do gás não depende da quantidade de energia liberada pela fonte ionizante. Verificou-se também, que não há correlação entre a luminosidade emitida na linha e a magnitude absoluta da galáxia. Para as galáxias com duas componentes, encontrou-se que, quanto maior a largura de uma componente, maior também é a largura da outra, indicando uma propagação das propriedades cinemáticas entre as regiões onde são produzidas as linhas. Finalmente, observou-se que as galáxias com maior luminosidade na linha são também as que apresentam maior velocidade radial de uma componente em relação à outra.

A população estelar do núcleo das 6 galáxias foi investigada através da comparação das larguras equivalentes das linhas de absorção das galáxias com os valores obtidos para estrelas de diversos tipos espectrais. Obteve-se tipo espectral F4 para as galáxias NGC6300 e NGC7743, indicando população jovem, F8 para NGC3521, G0 para NGC4941 e NGC1386, embora esta última tenha mostrado traços da existência de população tão jovem como a das 2 primeiras.

As larguras equivalentes foram também comparadas com valores obtidos para galáxias sem emissão, verificando-se que os valores são normais para NGC3312, NGC3521 e NGC6300. As demais galáxias apresentam valores mais baixos do que os das galáxias normais. Em particular, NGC7743 apresentou os menores valores das

larguras equivalentes, tendo se concluído que esta galáxia apresenta formação estelar no seu núcleo, devido também à presença de linhas de absorção de Balmer no espectro. Para NGC1386, o valor mais baixo pode ser devido à presença de formação estelar ou de um contínuo não estelar. NGC4941 não apresenta indícios de formação estelar, e conclui-se que os valores baixos das larguras equivalentes são devido a presença de um contínuo não-térmico.

No diagrama $(U-B)X(B-V)$, verifica-se que as cores da região central destas galáxias são semelhantes às das galáxias Seyferts mais vermelhas.

Tendo se concluído que a galáxia NGC3521 tem tipo espectral e larguras equivalentes semelhantes aos das seis galáxias com emissão, seu espectro puramente estelar foi subtraído dos demais espectros para tentar isolar a componente não-térmica do contínuo e eliminar o efeito das absorções estelares nas linhas de emissão H alfa e H β . Verificou-se que somente as galáxias mais tardias apresentaram emissão não-estelar, indicando que esta "emissão" não é real e sim provavelmente devida à diferença entre as populações estelares destas galáxias e NGC3521. Concluiu-se que a contribuição não-térmica no ótico é menor do que 10%, que é o erro médio na determinação do espectro subtraído.

A detecção de NGC1358 e NGC6300 em raios-X e de NGC3312, NGC6300 e NGC7743 no infravermelho, fornece evidência direta da existência de uma fonte não-térmica no núcleo destas galáxias, de

natureza comparável com as observadas em Seyferts 1 e 2 clássicas, porém bem menos luminosa, já que nas Seyfert o espectro não térmico é facilmente detectado na região ótica.

As condições físicas e a abundância do gás foram investigadas através da comparação das intensidades das linhas de emissão com as fornecidas por modelos de nebulosas fotoionizadas por uma fonte central que emite radiação contínua tipo lei de potência. Os modelos detalhados de Stasinska (1984) que melhor descrevem as intensidades observadas têm índice da lei de potência $\alpha = 1.5$, parâmetro de ionização entre 10^{-4} e 10^{-3} , densidade entre 10^4 e 10^6 cm^{-3} , e abundância solar para a maior parte dos elementos químicos.

Embora a maior parte das intensidades das linhas seja reproduzida pelos modelos, o valor da razão $[\text{NII}]/\text{H}$ alfa das seis galáxias selecionadas não é reproduzido: o valor observado é sempre maior que o do modelo. Comparações com modelos de outros autores mostram que o fenômeno se repete: as intensidades das linhas do $[\text{NII}]$ são maiores do que as previstas por modelos com abundância solar, sugerindo uma abundância maior. Entretanto, mesmo os modelos com abundância $2x$ solar de Stasinska não reproduzem as altas intensidades das linhas do $[\text{NII}]$. Sugere-se que, o que está havendo neste núcleos seja uma abundância em excesso do nitrogênio em relação aos outros elementos pesados, que têm abundância solar.

Como sequência a este trabalho, pretende-se estudar mais detalhadamente a população estelar do núcleo das galáxias através da realização da síntese da população nuclear a partir de espectros de estrelas. Pretende-se, desta forma, investigar mais profundamente o fato de que 3 das galáxias aqui estudadas apresentam evidências de formação estelar nos seus núcleos.

Pretende-se também investigar qual o efeito de grandes abundâncias (maiores do que $2x$ solar) nos modelos de fotoionização. Além de uma maior abundância de todos os elementos pesados pretende-se estudar, também, qual o efeito de um aumento da abundância do nitrogênio somente, para tentar distinguir entre estas duas possibilidades.

Finalmente, as galáxias NGC1386, NGC4941 e NGC6300, que são as galáxias com núcleo Seyfert 2 mais próximas, merecem, por este fato, um estudo mais detalhado, com um telescópio maior do que o telescópio de 1 m utilizado nas observações deste trabalho. Um estudo como o realizado por Rose e Searle (1982) e Rose e Cecil (1983) para M51, em espectros com maior razão sinal/ruído e maior resolução do que os deste trabalho, pode permitir a determinação direta das condições físicas e da abundância química do gás, além de revelar as características das condições cinemáticas das regiões em que são produzidas linhas menos intensas do que a linha do [OIII] estudada neste trabalho. O caso de NGC1386 é particularmente interessante devido à assimetria para o vermelho apresentada por suas linhas de emissão, raramente observada em núcleos ativos.

NGC494! também merece um estudo mais aprofundado devido à componente muito larga apresentada na linha do [OIII], da ordem da observada em galáxias Seyfert 1.

Referências

- ALLOIN, D.; ANDRILLAT, Y.; SOUFFRIN, S. Astron. & Astrophys., 10, 401, 1971.
- BAKER, J.G. & MENZEL, D.H. Astrophys. J. 88, 52, 1938.
- BAKER, J.G.; MENZEL, D.H.; ALLER, L.H. Astrophys. J. 88, 422, 1938.
- BALDWIN, J.; PHILLIPS, M.M.; TERLEVICH, R., Publ. Astron. Soc. Pac. 93, 5, 1981.
- BUTH, R. Astrophys. J. Suppl. Ser. 64, 383, 1987.
- BICH, E. & ALLOIN, D. Astron. & Astrophys. 166, 83, 1987.
- BICH, E. & ALLOIN, D. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 70, 281, 1987.
- BONATTO, L. 1987, Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BOFFINELLI, L.; GOUGUENHEIM, L.; PATUREL, G. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 47, 171, 1982.
- BURBIDGE, E.M. & BURBIDGE, G.R. Astrophys. J. 135, 694, 1962.
- BURBIDGE, E.M. & BURBIDGE, G.R. Astrophys. J. 142, 634, 1965.
- CAPRIOTTI, E.; FOLTZ, C.; BYARD, P. Astrophys. J. 230, 681, 1979.
- DAVOUST, E.; PATUREL, G.; VAUGLIN, I. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 61, 273, 1985.
- DOTTORI, H.A. Astrophys. & Space Sci. 121, 147, 1986.

- DRESSLER, A. & SANDAGE, A. Publ. Astron. Soc. Pac. 90, 5
1978.
- FERLAND, G.J. & NETZER, H. Astrophys. J. 264, 105, 1983.
- GULAY, M. Introduction to Astronomical Photometry.
Dordrecht, Reidel, 1974.
- GUNN, J.E. & STRYKER, L.L. Astrophys. J. Suppl. Ser. 52, 121,
1983.
- HALPERN, J.P. & STEINER, J.E. Astrophys. J. 269, L37, 1983.
- HAMUY, M. & MAZU, J. 1987, Astron. & Astrophys. Suppl. Ser.,
preprint
- HECKMAN, T.M.; BALICI, B.; CRANE, P.C. Astron. & Astrophys.
Suppl. Ser. 40, 295, 1980.
- HECKMAN, T.M. Astron. & Astrophys. 87, 142, 1980a.
- HECKMAN, T.M. Astron. & Astrophys. 87, 152, 1980b.
- HECKMAN, T.M. Publ. Astron. Soc. Pac. 98, 159, 1986.
- HECKMAN, T.M. , MILEY, G.K. & VAN BREUGEL, W.J.M Astrophys.
J. 247, 403, 1981.
- KEEL, W.C. Astrophys. J. Suppl. Ser. 52, 229, 1983a.
- KEEL, W.C. Astrophys. J. 269, 466, 1983b.
- KOSHI, H.I. Astrophys. J. 223, 56, 1978.
- LAMBERT, D.C. Mon. Not. R. Astron. Soc. 182, 249, 1978.
- LAMBERT, D.C. & LUCK, R.E. Mon. Not. R. Astron. Soc. 183,
79, 1978.
- LONGU, G. & de VAUCOULEURS, A. 1983, A General Catalog of Pho-
toelectric Magnitudes and Colors in the UBV System, The Uni-
versity of Texas Monographs in Astronomy, n. 3
- MILLER, J.S. & MATTHEWS, W.G. Astrophys. J. 172, 593, 1972.

NANDY, K.; THOMPSON, G. I.; JAMAR, C.; MONFILS, H.; WILSON, R.

Astron. & Astrophys. 44, 195, 1975.

OSTERBROCK, D. E. Astrophysics of Gaseous Nebulae, San Francisco, Freeman, 1974.

OSTERBROCK, D. E. Phys. Scr. 17, 137, 1978.

PERSON, S. E.; FROGEL, J. A.; HARRISON, M. Astrophys. J.
Suppl. Ser. 39, 61, 1979.

PHILLIPS, M. M. & FROGEL, J. A. Astrophys. J. 235, 761, 1980.

PHILLIPS, M. M.; CHARLES, P. A.; BALDWIN, J. A. Astrophys. J.
266, 485, 1983.

de ROBERTIS, M. M. & OSTERBROCK, D. E. Astrophys. J. 286,
171, 1984.

ROSE, J. A. & LELIL, G. Astrophys. J. 266, 531, 1983.

ROSE, J. A. & SEARLE, L. Astrophys. J. 253, 556, 1982.

ROSS, J. E. & ALLER, L. H. Science 191, 1223, 1976.

RUBIN, V. & FORD Jr. Astrophys. J. Let. 305, L35, 1986.

SANDAGE, A. Astron. J. 83, 904, 1978.

SANDAGE, A. & VISVANATHAN, N. Astrophys. J. 223, 707, 1978.

SANDAGE, A. & TAMMAN, G. A. 1981, Revised Shapley-Ames Catalog
of Bright Galaxies, Carnegie Institution of Washington

SCHMIDI, A. 1986, Dissertação de Mestrado, IFUFRRGS

SCHMIDI, A. 1987, comunicação particular

SEATON, M. J. Mon. Not. R. Astron. Soc. 187, 73, 1979.

SERSIC, J. L. & PASTORIZA, M. G. Publ. Astron. Soc. Pac. 77,
287, 1965.

STASINSKA, G. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 55, 15,
1984.

- STAUFFER, J.R. Astrophys. J. 262, 66, 1982a.
- STAUFFER, J.R. Astrophys. J. Suppl. Ser. 50, 517, 1982b.
- STONE, R.P.S. & BALDWIN, J.A. Mon. Not. R. Astron. Soc. 204, 347, 1983.
- STORCHI-BERGMANN, T. & PASTORIZA, M.G. Astrophys. J. 304, 305, 1986.
- TALENTI, D.L. Publ. Astron. Soc. Pac. 94, 36, 1982.
- TERLEVICH, R. & MELNICK, J. Mon. Not. R. Astron. Soc. 213, 841, 1985.
- de VAUCOULEURS, G.; de VAUCOULEURS, A.; CORWIN, H.G. The Second Second Reference Catalog of Bright Galaxies, Austin, University of Texas, 1976.
- VÉRON-CETTY, M.-P. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 58, 665, 1984.
- VÉRON-CETTY, M.-P. & VÉRON, P. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 66, 335, 1986.
- WEEDMAN, D. Astrophys. J. 183, 29, 1973.
- WHITFORD, A.E. Astron. J. 63, 201, 1958.
- WHITTLE, M. Mon. Not. R. Astron. Soc. 213, 1, 1985a.
- WHITTLE, M. Mon. Not. R. Astron. Soc. 213, 33, 1985b.
- WHITTLE, M. Mon. Not. R. Astron. Soc. 216, 817, 1985c.