

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
OBSERVATÓRIO NACIONAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

# ESTRELAS COM FENÔMENO B[e]

CESAR AUGUSTO HUANCA CONDORI

RIO DE JANEIRO, 16 DE ABRIL DE 2014

Ministério da Ciência e Tecnologia  
Observatório Nacional  
Programa de Pós-Graduação em Astronomia

Dissertação de Mestrado

# Estrelas com Fenômeno B[e]

Cesar Augusto Huanca Condori

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Observatório Nacional do Rio de Janeiro  
como parte dos requisitos para a obtenção  
do grau de MESTRE em Astronomia.

*Orientador:* Dr. Marcelo Borges Fernandes

Rio de Janeiro, 16 de Abril de 2014



**A mi mamá Blanca y a mis hermanos Noel y Eddy**

*Este trabajo comenzó hace unos ocho años, cuando decidí por azares de la vida estudiar el maravilloso mundo Física y gracias al apoyo de mi familia fue posible concluirla*

**“A long time ago in a star far, far away....”**

# Agradecimientos

---

A todos los que hicieron posible este trabajo en especial:

- A mi Orientador Dr. Marcelo Borges Fernandes, por todo lo aprendido de él, por su paciencia, por su disponibilidad de tiempo.
- A los profesores Dr. Ramiro de la Reza, Dr. Vladimir Garrido Ortega, y Dr. Claudio Bastos Pereira, que contribuyeron de alguna forma en este trabajo.
- A todos los profesores que contribuyeron en mi formación.
- A toda la familia Condori por todo su apoyo.
- A todos mis amigos que hicieron que la estadia en el Observatório Nacional sea mas agradable.
- A CNPq por el financiamiento durante toda la maestria.



## Resumo

Apesar dos avanços nos modelos de evolução estelar, ainda existem fases curtas da vida de estrelas de diferentes massas que não são bem conhecidas, sendo que algumas delas não estão até mesmo incluídas nas trilhas evolutivas. Entre estas fases, também chamadas de fases de transição, temos os objetos que apresentam o fenômeno B[e], que é caracterizado pela presença no espectro óptico de estrelas do tipo B de: intensas linhas em emissão da série de Balmer, linhas permitidas em emissão de metais uma vez ionizados, e linhas proibidas em emissão de [Fe II] e [O I]. Além disso, esses objetos também apresentam um forte excesso no infravermelho próximo e médio, devido à poeira circunstelar. Os objetos que evidenciam este fenômeno dividem-se em 4 grupos diferentes de acordo com os seus estágios evolutivos. Sendo assim, temos o grupo de estrelas pré-sequência principal de massa intermediária (Herbig Ae/B[e]), nebulosas planetárias compactas, estrelas simbióticas e estrelas supergigantes de alta massa. Entretanto, mais de 50% dos objetos com o fenômeno B[e] não tem o estágio evolutivo definido, sendo chamados de estrelas B[e] não classificadas. Esta dissertação de mestrado consiste na análise justamente de espectros de alta resolução (FEROS) e dados fotométricos de uma amostra de 5 estrelas B[e] não classificadas. Através dos espectros FEROS, obtivemos atlas espectrais e determinamos a velocidade radial e a extinção interestelar para todos os objetos da nossa amostra. Por outro lado, através da análise dos índices de cor observados, estimamos a extinção total e circunstelar e os parâmetros físicos da nossa amostra: tipo espectral, classe de luminosidade e temperatura efetiva; e através da posição no diagrama HR sugerimos um possível estágio evolutivo para cada um dos nossos objetos. Assim, evidenciamos que Hen 3-938 apresenta perfis P-Cygni, o qual é uma clara indicação de alta perda de massa, caracterizando uma supergigante, assim como a sua posição no diagrama HR. Já para MWC 939, Hen 3-1191, Hen 3-1312 e V704 Cen, notamos a presença de perfis com pico duplo, indicando a possível presença de discos circunstelares, e permitindo estimarmos a velocidade de rotação projetada destes. Além disso para Hen 3-1312 e V704 Cen, identificamos claramente a presença de linhas de elementos altamente ionizados, favorecendo uma possível classificação como proto-nebulosas planetárias ou sistemas simbióticos. Esse cenário pode ser confirmado pelas suas posições no diagrama HR e também através de diagramas diagnóstico cor-cor, que indicaram uma possível natureza simbiótica para Hen 3-1312 (tipo D') e V704 Cen (tipo D). Entretanto, nos nossos espectros não detectamos bandas do TiO. Graças aos espectros no IV dos satélites Spitzer e ISO, identificamos a presença de química dupla (poeira rica em oxigênio e em carbono no mesmo ambiente) em Hen 3-1191 e Hen 3-1312, e também possivelmente em MWC 939, indicando mais uma vez uma possível natureza evoluída para estes objetos. Além disso, através da modelagem considerando a emissão



de um corpo negro estimamos a temperatura da poeira responsável pela emissão no IV próximo e médio. Também realizamos a modelagem da distribuição espectral de energia (SED) para Hen 3-1191 e Hen 3-1312 utilizando o código CLOUDY, mas não obtivemos bons resultados, devido ao código considerar uma geometria circunstelar esfericamente simétrica, enquanto nossos objetos apresentam uma geometria bem mais complexa. Portanto, como próximos passos, uma campanha observacional para a verificação de variações temporais e a aplicação de códigos numéricos que assumam diferentes geometrias circunstelares, se tornam necessários para a correta compreensão do estágio evolutivo destes curiosos objetos.

## Abstract

Despite of advances in stellar evolution models, there are short evolutionary phases of stars with different masses, which are still not well known, being some of them not even included in the evolutionary tracks. Among these phases, also called transition phases, we have the stars with the B[e] phenomenon, which are characterized by the presence in the optical spectrum of B-type stars of: intense Balmer emission lines, permitted lines of singly ionized metals, and forbidden lines in emission, e.g. [Fe II] and [O I]. In addition, these objects also show a strong excess in the near- and mid-IR, due to circumstellar dust. The stars with the B[e] phenomenon can be classified in 4 different groups according to their evolutionary phases. Thus, we have intermediate mass pre-main sequence stars (Herbig Ae/B[e]), compact planetary nebulae, symbiotic objects and high-massive supergiant stars. However, more than 50% of the objects with the phenomenon B[e] has the evolutionary stage not well known, being called of unclassified B[e] stars. Thus, this dissertation is based on the analysis of high-resolution spectra (FEROS) and photometric data for a sample of 5 unclassified B[e] stars. From the FEROS spectra, we have obtained spectral atlas, radial velocity and interstellar extinction for all objects of our sample. From the analysis of observed color indices, we have estimated the total and circumstellar extinction and the physical parameters of our sample: spectral type, luminosity class and effective temperature; and by the position in the HR diagram, we have suggested a possible evolutionary phase for each of our objects. Thus, we have showed that Hen 3-938 has P-Cygni profiles, which are a clear indication of high mass-loss, indicating a supergiant nature, in agreement with its position in the HR diagram. On the other hand, for MWC 939, Hen 3-1191, Hen 3-1312, and V704 Cen, we can note the presence of double-peaked profiles, indicating the possible presence of circumstellar disks, and allowing us to estimate their projected rotation velocity. In addition, Hen 3-1312 and V704 Cen show the presence of lines of highly ionized elements, favoring a possible classification as compact planetary nebulae or symbiotic systems. This scenario can be confirmed by their positions in the HR diagram and also by diagnostic color-color diagrams, which indicate a possible symbiotic nature for Hen 3-1312 (D' type ) and also for V704 Cen (D type ). However, our spectra does not show TiO bands. In addition, IR spectra from Spitzer and ISO show the presence of dual-dust chemistry (oxygen rich and carbon rich dust in the same environment) in Hen 3-1191 and 3-1312, and also possibly in MWC 939, indicating an evolved nature for these objects. Moreover, by modeling considering a blackbody emission, we can estimate the dust temperature responsible by the near- and mid-IR emission. We have also performed the modeling of the spectral energy distribution (SED) of Hen 3-1191 and Hen 3-1312 using the CLOUDY code, but we could not get good results due to the spherical circumstellar

symmetry assumed by it, while our objects present a more complex one. Thus, the next steps are an observational campaign for the verification of temporal variations and the application of numerical codes that assume different circumstellar geometries, which are extremely necessary for the correct comprehension of the evolutionary stage of these curious objects.

# Sumário

---

Agradecimentos . . . . .	5
Resumo . . . . .	7
Abstract . . . . .	9
Lista de figuras . . . . .	15
Lista de tabelas . . . . .	19
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Estrelas com o fenômeno B[e]</b>	<b>3</b>
2.1. Histórico . . . . .	3
2.2. Definição . . . . .	3
2.3. Condições Físicas . . . . .	4
2.4. As Classes de Estrelas com o Fenômeno B[e] . . . . .	4
2.4.1. Estrelas pré-sequência principal com o fenômeno B[e] (HAeB[e]) . . . . .	5
2.4.2. Nebulosas Planetárias Compactas com o fenômeno B[e] (cPNB[e]) . . . . .	7
2.4.3. Estrelas Simbióticas com o fenômeno B[e] (SymB[e]) . . . . .	9
2.4.4. Estrelas B[e] supergigantes (sgB[e]) . . . . .	14
2.4.5. Estrelas B[e] não classificadas (unclB[e]) . . . . .	16
<b>3. Observações e a Nossa Amostra de Objetos</b>	<b>19</b>
3.1. Aquisição dos dados . . . . .	19
3.2. Tratamento dos dados . . . . .	20
3.3. Nossa amostra de objetos . . . . .	21
3.3.1. Hen 3-938 . . . . .	21
3.3.2. MWC 939 . . . . .	23
3.3.3. Hen 3-1191 . . . . .	23
3.3.4. Hen 3-1312 . . . . .	25
3.3.5. V704 Cen . . . . .	25

<b>4. Metodologia</b>	<b>29</b>
4.1. Identificação das linhas espectrais . . . . .	29
4.2. Determinação da extinção . . . . .	29
4.2.1. Extinção Total . . . . .	30
4.2.2. Extinção Interestelar . . . . .	32
4.3. Velocidade radial . . . . .	34
4.4. O Código Cloudy . . . . .	34
<b>5. Resultados: Perfis das linhas observadas</b>	<b>37</b>
5.1. Tipos de perfis . . . . .	37
5.1.1. Linhas de Balmer . . . . .	38
5.1.2. Linhas do He I . . . . .	49
5.1.3. Linhas do Fe II . . . . .	53
5.1.4. Linhas do Na I . . . . .	56
5.1.5. Linhas do [Fe II] . . . . .	57
5.1.6. Linhas do [O I] . . . . .	59
5.1.7. Linhas do [N II] . . . . .	61
5.1.8. Linhas do [N III] . . . . .	63
5.1.9. Linhas do [O III] . . . . .	64
5.1.10. Linhas em Absorção . . . . .	66
5.2. Espectros no IV . . . . .	71
<b>6. Resultados: Parâmetros Físicos</b>	<b>75</b>
6.1. Extinção . . . . .	75
6.1.1. Extinção total . . . . .	75
6.1.2. Extinção interestelar e circunstelar . . . . .	81
6.2. Velocidade radial e velocidade de rotação projetada do disco CS . . . . .	83
6.3. Modelagem da SED com o código Cloudy . . . . .	86
6.4. Corpo Negro . . . . .	94
6.5. Diagramas diagnóstico . . . . .	100
<b>7. Natureza dos Nossos Objetos: Conclusões e Perspectivas</b>	<b>103</b>
7.1. Natureza dos Objetos: Conclusões . . . . .	103
7.1.1. Hen 3-938 . . . . .	104
7.1.2. MWC 939 . . . . .	104
7.1.3. Hen 3-1191 . . . . .	105
7.1.4. Hen 3-1312 . . . . .	105
7.1.5. V704 Cen . . . . .	106
7.2. Perspectivas . . . . .	106

<b>A. Atlas espectral de nossa amostra</b>	<b>111</b>
A.1. Atlas espectral de Hen 3-938 . . . . .	111
A.2. Atlas espectral de MWC 939 . . . . .	122
A.3. Atlas espectral de Hen 3-1191 . . . . .	132
A.4. Atlas espectral de Hen 3-1312 . . . . .	151
A.5. Atlas espectral de V704 Cen . . . . .	172
<b>B. Dados fotométricos</b>	<b>187</b>
B.1. Dados fotométricos de Hen 3-938 . . . . .	187
B.2. Dados fotométricos de MWC 939 . . . . .	188
B.3. Dados fotométricos de Hen 3-1191 . . . . .	188
B.4. Dados fotométricos de Hen 3-1312 . . . . .	190
B.5. Dados fotométricos de V704Cen . . . . .	191
<b>Referências</b>	<b>192</b>



# Lista de figuras

---

2.1. Representação pictográfica das duas geometrias de disco CS, que caracterizam os grupos I e II das Herbig Ae/Be (Dullemond & Dominik 2004). . . . .	6
2.2. SED de Herbig AeBe, grupos I e II . . . . .	6
2.3. Perfis de $H\alpha$ . . . . .	8
2.4. Espectro de uma Simbiótica . . . . .	11
2.5. curva de luz de uma simbióticas . . . . .	12
2.6. Diagrama cor-cor 2MASS . . . . .	13
2.7. Modelo esquemático para R 126 . . . . .	15
2.8. Localização das FSCMa no diagrama HR . . . . .	17
3.1. Perfil de $H\alpha$ . . . . .	22
3.2. Imagem de Hen 3-1191 . . . . .	24
3.3. Espectro de V704 Cen . . . . .	26
4.1. Variação temporal observada dos índices de cor (U-B) e (B-V) para a estrela HD50138 (Borges Fernandes et al. 2009). . . . .	31
4.2. As linhas tracejadas representam os índices de cor intrínsecos (Schmidt-Kaler 1982). As linhas sólidas correspondem aos limites superiores e inferiores obtidos das observações para a estrela HD50138 (Borges Fernandes et al. 2009). As intersecções entre as retas indicam os possíveis índices de cor intrínsecos para essa estrela. . . . .	31
4.3. Espectro de estrelas avermelhadas (DIBs) . . . . .	32
4.4. Dependência de W(5780) com a coluna de densidade . . . . .	33
4.5. Dependência de W(5780) com $E(B - V)$ obtida por Herbig (1993). . . . .	33
5.1. Perfis P Cygni . . . . .	38
5.2. Linhas de Balmer de Hen 3-938 . . . . .	40
5.3. Linhas de Balmer de MWC 939 . . . . .	41



Lista de figuras

5.4. Linhas de Balmer de MWC 939 . . . . .	42
5.5. Linhas de Balmer de Hen 3-1191 . . . . .	43
5.6. Linhas de Balmer de Hen 3-1191 . . . . .	44
5.7. Linhas de Balmer de Hen 3-1312 . . . . .	45
5.8. Linhas de absorção fotosférica de Hen 3-1312 . . . . .	46
5.9. Linhas de Balmer de V704 Cen . . . . .	47
5.10. Linhas de Balmer de V704 Cen . . . . .	48
5.11. Linha do He I em 5876 e 6678Å . . . . .	50
5.12. Linha do He I em 5876 e 6678Å . . . . .	51
5.13. Linha do He I em 5876Å . . . . .	52
5.14. Linhas do Fe II em 4923Å, 5018Å, 5169Å . . . . .	54
5.15. Linhas do Fe II em 4923Å, 5018Å, 5169Å . . . . .	55
5.16. Linhas do Na I, em 5890Å, 5895Å . . . . .	56
5.17. Perfis da linha proibida do [Fe II] em 7155Å presentes nos espectros FEROS da nossa amostra de objetos. . . . .	58
5.18. Linhas do [O I] em 6300Å presente nos espectros dos objetos da nossa amostra.	60
5.19. Perfis da linha do [N II] em 5755Å, presentes na nossa amostra de objetos. . . .	62
5.20. Perfis da linha de alta ionização do [N III] em 6312Å presente na Hen 3-1312 e na V704 Cen. . . . .	63
5.21. Perfis das linhas do [O III] em 4959Å e 5007Å vistos na Hen 3-1312. . . . .	64
5.22. Perfis das linhas do [O III] em 4959Å e 5007Å vistos em V704 Cen. . . . .	65
5.23. Linhas em absorção de N II . . . . .	66
5.24. Linhas em absorção do Ca I em 7148Å, presente nos objetos da nossa amostra.	69
5.25. Comparação entre as medidas das larguras equivalentes de linhas em absorção provenientes do nosso trabalho (eqw <sup>1</sup> ) com as publicadas por <a href="#">Pereira (2004)</a> (ewq <sup>2</sup> ) de Hen 3-1312. As larguras equivalentes estão em mÅ. . . . .	70
5.26. Espectro no IV de MWC 939 . . . . .	71
5.27. Espectro no IV de Hen 3-1191 . . . . .	72
5.28. Espectro Spitzer de Hen 3-1312 . . . . .	73
5.29. Espectro Spitzer de V704 Cen . . . . .	74
6.1. Intervalo de classe de luminosidade para Hen 3-938 . . . . .	76
6.2. Intervalo de classe de luminosidade para MWC 939 . . . . .	77
6.3. Intervalo de de classe de luminosidade para Hen 3-1191 . . . . .	78
6.4. Intervalo de classe de luminosidade para Hen 3-1312 . . . . .	78
6.5. Intervalo de classe de luminosidade para V704 Cen . . . . .	79
6.6. Perfis das DIBs . . . . .	81
6.7. Perfis das linhas que apresentam pico duplo e que permitiram o cálculo da ve- locidade de rotação projetada para 4 objetos da nossa amostra. . . . .	85

6.8. Modelagem da SED de Hen 3-1191 . . . . .	88
6.9. Modelagem da SED de Hen 3-1312, no visível . . . . .	90
6.10. Modelagem da SED de Hen 3-1312, no IV . . . . .	91
6.11. Modelagem da SED de Hen 3-1312 . . . . .	93
6.12. Ajuste da SED no IV através da radiação de corpo negro para Hen 3-938 . . . . .	94
6.13. Ajuste a radiação de corpo negro para MWC 939 . . . . .	95
6.14. Ajuste a radiação de corpo negro para Hen 3-1191 . . . . .	96
6.15. SED para Hen 3-1191 (de Winter et al. (1994)) . . . . .	97
6.16. SED para Hen 3-1191 (de Winter et al. (1994)) . . . . .	98
6.17. Ajuste a radiação de corpo negro para Hen 3-1312 . . . . .	99
6.18. Ajuste a radiação de corpo negro para V704 Cen . . . . .	100
6.19. Diagrama diagnóstico para Hen 3-1312 . . . . .	101
6.20. Diagrama diagnóstico para Hen 3-1312 e V704 Cen . . . . .	102
7.1. Diagrama HR . . . . .	107
7.2. Diagrama HR para os cinco objetos de nossa amostra . . . . .	108



# Lista de tabelas

---

3.1. Coordenadas dos objetos observados . . . . .	19
3.2. Espectros dos objetos da nossa amostra, que foram utilizados neste trabalho. Onde $\delta\lambda$ é a cobertura espectral, $t_{exp}$ é o tempo de exposição em segundos de cada espectro e N é o número de espectros obtidos em cada observação. . . . .	21
3.3. Parâmetros para o modelo de disco (Lachaume et al. 2007) . . . . .	24
3.4. Parâmetros determinados por Pereira (2004) . . . . .	26
4.1. Coeficientes de regressões lineares $y = a + bx$ determinados por Herbig (1993). . . . .	32
5.1. Medidas das larguras equivalentes de Hen 3-1312 para as linhas em absorção provenientes do nosso trabalho (eqw <sup>1</sup> ) e publicadas por Pereira (2004) (ewq <sup>2</sup> ). Onde $\lambda_0$ é o comprimento de onda medido em laboratório para cada linha. . . . .	68
6.1. Valores de $C.L.$ , Tipo espectral, $E(B - V)_T$ , $M_V$ e $T_{eff}$ . . . . .	80
6.2. Valores de $E(B-V)$ , para $\lambda = 5780$ $\lambda = 5797\text{Å}$ . . . . .	82
6.3. Valores do excesso de cor interestelar, $E(B-V)_{IS}$ , e da extinção em magnitudes, $A_V$ , obtidos neste trabalho. . . . .	82
6.4. Valores de extinção (excesso de cor) total, interestelar e circunstelar, obtidos neste trabalho. . . . .	82
6.5. Velocidade radial média ( $v_{rad}$ ) dos objetos da nossa amostra. . . . .	83
6.6. Velocidades de rotação projetada dos discos possivelmente presentes nos objetos da nossa amostra. Onde os índices "a" indica que foram utilizadas as linhas de Balmer e "b", as linhas proibidas. . . . .	84
6.7. Parâmetros dos modelos para Hen 3-1191 . . . . .	86
6.8. Parâmetros do melhor modelo obtido para Hen 3-1191. . . . .	87
6.9. Grade da modelos para Hen 3-1312 . . . . .	88
6.10. Parâmetros dos melhores modelos obtidos para Hen 3-1312 no visível e no IV . . . . .	89

## Lista de tabelas

6.11. Parâmetros do melhor modelo obtido que reproduz as linhas do [O III] vistas em Hen 3-1312. . . . .	92
7.1. Valores da extinção em magnitudes ( $A_V$ ), magnitude aparente ( $m_V$ ), a magnitude absoluta ( $M_V$ ), temperatura efetiva ( $T_{eff}$ ) e luminosidade (em termos de $L_\odot$ ), com base nos nossos resultados e de Schmidt-Kaler (1982). . . . .	106
A.1. Atlas espectral de Hen 3-938 . . . . .	111
A.2. Atlas espectral de Hen 3-938, com perfil P-Cygni . . . . .	117
A.3. Atlas espectral de Hen 3-938 em absorção . . . . .	121
A.4. Atlas espectral de MWC 939 . . . . .	122
A.5. Atlas espectral de MWC 939 em absorção . . . . .	131
A.6. Atlas espectral de Hen 3-1191 . . . . .	132
A.7. Atlas espectral de Hen 3-1191 em absorção . . . . .	149
A.8. Atlas espectral de Hen 3-1312 . . . . .	151
A.9. Atlas espectral de Hen 3-1312 em absorção . . . . .	154
A.10. Atlas espectral de V704 Cen . . . . .	172
A.11. Atlas espectral de V704 Cen em absorção . . . . .	185
B.1. Dados fotométricos de Hen 3-938, obtidos na literatura. . . . .	187
B.2. Dados fotométricos de MWC 939, obtidos na literatura. . . . .	188
B.3. Dados fotométricos de Hen 3-1191, obtidos na literatura . . . . .	189
B.4. Dados fotométricos de Hen 3-1312, obtidos na literatura. . . . .	190
B.5. Dados fotométricos de V704 Cen, obtidos na literatura. . . . .	191

# 1 Introdução

---

Nos últimos anos os modelos de evolução estelar têm tido um grande avanço, obtendo assim uma grande concordância com as observações, graças principalmente a inclusão de ingredientes, como rotação, perda de massa, e diferentes metalicidades, que influenciam de maneira direta todos os parâmetros estelares e do meio circunstar. Entretanto apesar destes avanços, ainda existem fases da vida das estrelas de diferentes massas, que por serem curtas e com poucos objetos identificados, são ainda pouco conhecidas, e por vezes não estão até mesmo incluídas nas trilhas evolutivas. Estas fases têm um papel importante na evolução estelar, pois são nelas em geral, onde ocorrem rápidas mudanças físico-químicas nas estrelas. Elas são também conhecidas como fases de transição e entre elas, temos as estrelas Herbig Ae/Be, as pós-AGB, as Variáveis Azuis Luminosas (LBVs), as supergigantes, e em especial os objetos com o fenômeno B[e].

Nesta dissertação daremos atenção especial aos objetos com o fenômeno B[e], que foram caracterizados por [Zickgraf \(1998\)](#) pela presença no espectro óptico de estrelas do tipo B: de intensas linhas em emissão de Balmer, linhas em emissão permitidas de baixa excitação de elementos uma vez ionizados, como exemplo o Fe II, e também linhas proibidas em emissão do [Fe II] e [O I]. Além disso, estes objetos apresentam um excesso no infravermelho próximo e médio, devido à poeira circunstar (CS).

Como pode ser notado, estas características espectrais não são intrínsecas destes objetos, mas estão relacionadas com as suas propriedades circunstellares. Portanto foi notado, que na realidade o grupo de objetos com fenômeno B[e] é muito heterogêneo em termos evolutivos. Segundo [Lamers et al. \(1998\)](#), essas estrelas podem ser divididas em 4 classes:

- Estrelas pré-sequência principal de massa intermediária, as Herbig Ae/B[e] (HAeB[e]);
- Supergigantes de alta massa, as B[e] supergigantes (sgB[e]);
- Proto-nebulosas planetárias compactas (cPNB[e]);
- Estrelas simbióticas, as simbióticas B[e] (SymbB[e]), onde temos a presença de uma estrela fria evoluída (gigante vermelha) e um objeto quente compacto.

*Uma pergunta que é recorrente no estudo das estrelas com o fenômeno B[e], é como objetos em estágios evolutivos tão diferentes podem apresentar características espectrais tão similares. A resposta pode estar na presença de discos circunstelares nestes objetos, cujos os mecanismos de formação ainda não são bem compreendidos, mas certamente variam de uma classe de estrelas B[e] para outra (Borges Fernandes, 2004).*

Além disso, existe um grande número de objetos que apresentam o fenômeno B[e], que têm o estágio evolutivo pouco ou não conhecido, devido principalmente à grande incerteza com relação aos seus parâmetros físicos. Isso faz com que estes objetos não possam ser classificados em nenhuma das classes sugeridas por Lamers et al. (1998), sendo chamadas de estrelas B[e] não classificadas, ou **unclB[e]**.

Sendo assim, esta dissertação é dedicada ao estudo e a obtenção dos parâmetros físicos de uma amostra de 5 estrelas B[e] não classificadas da Galáxia, visando uma melhor compreensão de suas naturezas. Para isso, no capítulo 2 descrevemos com maiores detalhes as características das diferentes classes de objetos com fenômeno B[e]. No capítulo 3 apresentamos os dados observacionais utilizados neste trabalho, assim como uma descrição dos objetos de nossa amostra, a luz da literatura. Já no capítulo 4 descrevemos a metodologia aplicada ao nosso trabalho e que permitem a determinação dos parâmetros físicos dos objetos da nossa amostra. No capítulo 5 apresentamos uma descrição detalhada dos espectros de cada objeto da nossa amostra, e no capítulo 6 os resultados obtidos com relação aos parâmetros físicos destes. Finalmente no capítulo 7 discutimos a possível natureza dos nossos objetos e apresentamos as conclusões e as perspectivas futuras do nosso trabalho.

## 2 Estrelas com o fenômeno B[e]

---

### 2.1. Histórico

A pesquisa sobre as estrelas B[e] tem início em 1970, quando S. L. Geisel (Geisel 1970) apresentou o estudo sobre uma amostra de estrelas que tinham linhas em emissão. Esse grupo de objetos se destacava em especial, pela presença de linhas proibidas em emissão e um forte excesso no infravermelho (IV) próximo e médio ( $\lambda > 5 \mu\text{m}$ ), ao que se sugeriu ser devido à emissão térmica de grãos de poeira quente. Essas características espectrais foram confirmadas por Allen & Swings (1972), e foi seguido por uma série de publicações sobre a emissão peculiar de estrelas “early-type” com excesso no IV, no início dos anos setenta.

Em 1972, no trabalho realizado por Allen & Swings (1972), esse estudo foi assim resumido... *“este tipo de estrelas discernem espectroscopicamente de estrelas normais Be e nebulosas planetárias... Uma variedade espectral destes objetos é encontrada, que vai desde estrelas Be quase convencionais até nebulosas planetárias de alta densidade. Em muitas estrelas as características espectrais dominantes são as linhas em emissão simples. A poeira quente... é mais frequentemente encontrada ao redor de estrelas de tipo espectral B, e das estrelas de tipo early A...”*.

Conti (1976) sugeriu pela primeira vez durante a assembléia geral da IAU, a utilização da expressão **Estrelas B[e]**, onde **e** corresponde às linhas em emissão, e os colchetes são a notação atômica para linhas proibidas. A identificação de estrelas do tipo B[e] na Nuvem de Magalhães (Zickgraf et al., 1985, Zickgraf et al., 1986) acrescentou uma nova motivação para a pesquisa desses objetos. Mais tarde, Lamers et al. (1998) sugeriram um outro nome para este tipo de objetos, que seria mais apropriado: **Estrelas com fenômeno B[e]**.

### 2.2. Definição

Um critério espectroscópico mais completo que caracteriza as estrelas com o fenômeno B[e] foi proposto pela primeira vez por Allen & Swings (1976) e depois revisado por Zickgraf (1998),



sendo definido pela presença no espectro óptico de estrelas do tipo B de :

- Intensas linhas em emissão da série de Balmer.
- Linhas em emissão permitidas de baixa excitação de metais uma vez ionizado, como as de Fe II.
- Linhas em emissão proibidas de [Fe II] e [O I].

Além disso, existe um forte excesso no IV próximo e médio devido à poeira circunstelar quente.

Alguns objetos podem também apresentar linhas em emissão permitidas e proibidas de elementos com alta ionização, como as do He II e [O III]. Entretanto, esta característica não é considerada como um critério definidor das estrelas B[e].

## 2.3. Condições Físicas

As características citadas acima podem ser expressas em termos das condições físicas no meio circunstelar, e não como sendo intrínsecas ao objeto central, uma vez que:

*a) Linhas da série de Balmer em emissão:*

A presença de intensas linhas de Balmer em emissão implica que a atmosfera acima da região formadora do contínuo estelar tem uma alta densidade de gás uma vez ionizado, pois suas intensidades são proporcionais ao quadrado da densidade no meio em que elas se originam.

*b) Linhas permitidas de metais uma vez ionizado:*

A existência de linhas em emissão de baixa ionização, como as do Fe II, indica que a temperatura da região emissora está em torno de 10000 K, sendo que a ionização é causada principalmente pela própria radiação da estrela B.

*c) Linhas proibidas em emissão:*

A presença das linhas proibidas em emissão, tais como as do [Fe II] e [O I], indica que o material circunstelar está geometricamente estendido e possui regiões de baixa densidade.

*d) Excesso no IV:*

O excesso no IV é causado pela existência de poeira com temperaturas que variam entre 500 e 1000 K.

## 2.4. As Classes de Estrelas com o Fenômeno B[e]

Estudos posteriores a 1976 mostraram que na realidade, as estrelas B[e] formam um grupo de objetos bastante heterogêneo em termos evolutivos. Esse fato levou Lamers et al. (1998) a sugerirem o uso da expressão “Estrelas com o fenômeno B[e]”. Neste trabalho, eles citaram a existência de 4 diferentes grupos de objetos que têm o fenômeno B[e], e que são descritos a seguir.

### 2.4.1. Estrelas pré-sequência principal com o fenômeno B[e] (HAeB[e])

As estrelas pré-sequência principal estão associadas às regiões de formação estelar. Grande parte do nosso conhecimento vem de algumas dessas regiões próximas, como Taurus-Auriga e Perseus, onde temos a formação de estrelas do tipo solar, as T-Tauri, com massas entre  $0.6 - 2.5 M_{\odot}$ , e que têm uma evolução ao longo da fase de pré-sequência principal de  $10 - 100 \times 10^6$  anos.

Outro tipo de estrela pré-sequência principal são as estrelas Herbig Ae/Be. O nome Herbig foi dado em homenagem a George Haward Herbig que em 1960 (Herbig 1960) foi o primeiro a estudar mais profundamente esses objetos. Estas estrelas são geralmente objetos de massa intermediária ( $2.5 \leq M/M_{\odot} \leq 8$ ) (Miroshnichenko et al. 1999) e o tempo neste estágio é geralmente de  $t_{PMS} < 6 \times 10^6$  anos.

As estrelas Herbig Ae/Be apresentam frequentemente evidência de acreção no espectro óptico e também são fortemente variáveis, provavelmente devido à irregularidades na poeira CS. Portanto, as características espectrais que definem essas estrelas podem ser listadas da seguinte forma:

1. Ser de tipo espectral A ou B com linhas em emissão;
2. Estar localizada em uma região escura, associada com formação estelar;
3. Estar iluminando uma nebulosidade razoavelmente brilhante na sua vizinhança;
4. Ter uma extinção anômala (devido às regiões de formação estelar);
5. Possuir um excesso no IV, causado pela poeira circunstelar quente ou fria ou ambas;
6. Ser fotometricamente variável;
7. Ter classe de luminosidade III a V.

Os três primeiros critérios citados acima foram propostos por Herbig (1960) e os outros foram sugeridos por Thé et al. (1994) e Waters & Waelkens (1998).

Lamers et al. (1998) propuseram a designação de **HAeB[e]** para estrelas HAeBe que mostram o fenômeno B[e]. Essas estrelas podem ser distinguidas facilmente de outros objetos que apresentam o fenômeno B[e], se elas ainda estão associadas as nuvens maternas, apesar de existirem objetos isolados. Devido ao curto tempo de vida, a fração de estrelas B nesta fase é pequena e a detecção desses objetos é difícil.

A distribuição espectral de energia (SED) destes objetos indica a presença de discos CS com diferentes geometrias, o que permite separarmos estes objetos em dois grupos: grupo I e grupo II (Hillenbrand et al. 1992). O grupo I é caracterizado por ter um disco alargado ou

“flared”, apresentando uma forte emissão no IV distante. Enquanto o grupo II é caracterizado por ter um disco mais comprimido ou “self-shadowed”, apresentando uma forte emissão no IV próximo (vide figuras 2.1 e 2.2). Estes objetos também apresentam uma forte emissão de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), que segundo Keller et al. (2008) parece não ter uma correlação com a geometria do disco CS. Entretanto, essa conclusão é discordada por Accke et al. (2009).

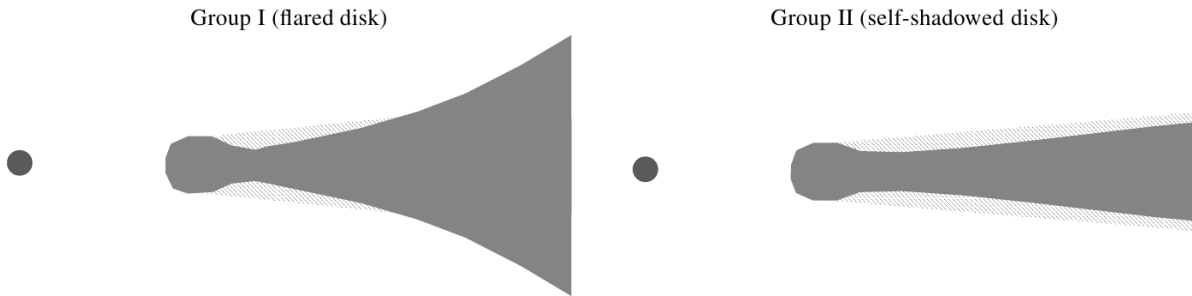


Figura 2.1.: Representação pictográfica das duas geometrias de disco CS, que caracterizam os grupos I e II das Herbig Ae/Be (Dullemond & Dominik 2004).

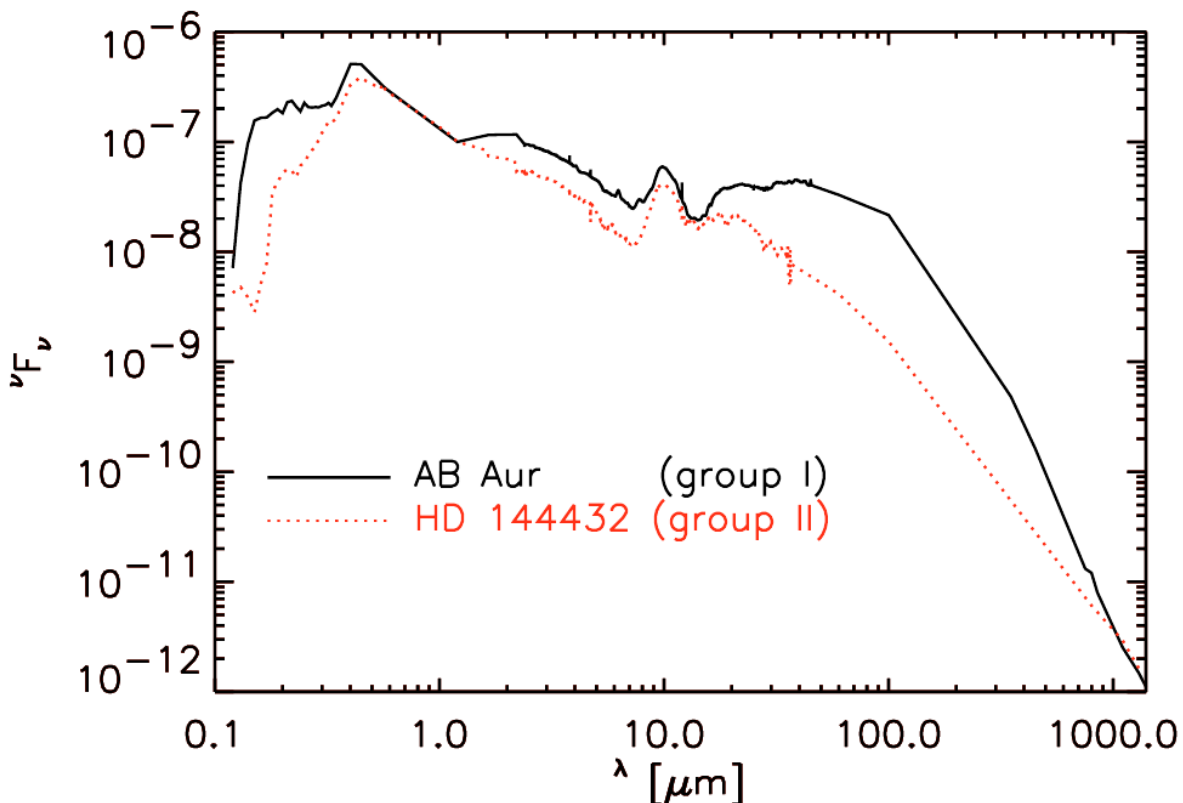


Figura 2.2.: Distribuição espectral de energia para as estrelas Herbig Ae/Be dos grupos I e II (Dullemond & Dominik 2004).

Além dos critérios propostos por Herbig (1960), Thé et al. (1994) e Waters & Waelkens (1998), Lamers et al. (1998) propuseram alguns outros critérios para identificarmos as HAeB[e]:

1. Mostram evidência espectroscópica de acreção: como por exemplo perfis P-Cygni inversos;

2. Indicação de um disco CS, como pode ser visto nos picos duplos geralmente presentes nas linhas da série de Balmer (Fernandez et al. 1995, Reipurth et al. 1996). Na figura 2.3 podemos notar uma forte variabilidade nos perfis de  $H\alpha$  com pico duplo, devido ao material no disco CS ser não homogêneo;
3.  $\text{Log}(L_*/L_\odot) \lesssim 4.5$ , porque as estrelas HAeB[e] são as progenitoras de estrelas na faixa de massa de 2.5 até cerca de  $8 M_\odot$  (Palla & Stahler 1993);
4. As estrelas mostram grandes variações fotométricas e espectroscópicas irregulares em escalas de tempo que vão de dias até cerca de 1000 anos, causadas normalmente por uma extinção variável (Bibo & Thé 1991). Entretanto, o nível de variabilidade diminui para tipos espectrais mais iniciais (van den Ancker et al. 1998).

### 2.4.2. Nebulosas Planetárias Compactas com o fenômeno B[e] (cPNB[e])

A fase de nebulosa planetária compacta ou proto-nebulosa planetária se confunde com a fase de pós-AGB. Modelos evolutivos indicam que a fase de pós-AGB é bastante curta, tendo uma duração estimada entre  $10^4 - 10^5$  anos, dependendo inversamente da massa do núcleo de CO remanescente e do histórico de perda de massa na fase de AGB (Bloeker 1995). A taxa de perda de massa na fase de pós-AGB é estimada em  $10^{-8} M_\odot/\text{ano}$  e é menor do que a da fase de AGB ( $10^{-4} M_\odot/\text{ano}$ ).

Nesta fase, algumas linhas nebulares de baixa excitação, como [O II] 3726Å e [N II] 4068Å, começam a aparecer nos espectros, indicando que o processo de fotoionização se inicia (Ryans et al. 2003, Arkhipova et al. 2001).

Com a constante expansão da envoltória, a estrela fica exposta novamente para ser observada no visível, enquanto a sua temperatura aumenta continuamente, devido à contração. Ao atingir uma temperatura de cerca de 30000K, a radiação estelar começa a ionizar o material CS e a gerar um vento de baixa densidade e alta velocidade, o chamado “super-vento”. Esse vento rápido, que atinge velocidades da ordem de  $1000 \text{ km s}^{-1}$ , irá colidir com o vento lento produzido na fase de AGB, causando a ionização do material CS, surgindo assim uma nebulosa planetária.

Observacionalmente, as nebulosas planetárias compactas mostram evidências do remanescente da envoltória da fase de AGB, como o excesso no IV devido à poeira e a emissão molecular de CO, não apresentando grandes variações fotométricas.

Um grupo de estrelas que mostram o fenômeno B[e] está nesta fase evolutiva, o que foi notado pela primeira vez por Ciatti et al. (1974). Swings & Andrillat (1979) perceberam similaridades entre os espectros de algumas estrelas com o fenômeno B[e] com as do catálogo de *Galactic Planetary Nebulae* (Perek & Kohouteck 1967). Espectroscopicamente, muitas nebulosas planetárias compactas mostram fortes linhas de Balmer em emissão, assim como linhas em emissão de Fe II, linhas proibidas de [Fe II] e [Ca II], além de linhas de alta ionização como: [O III],

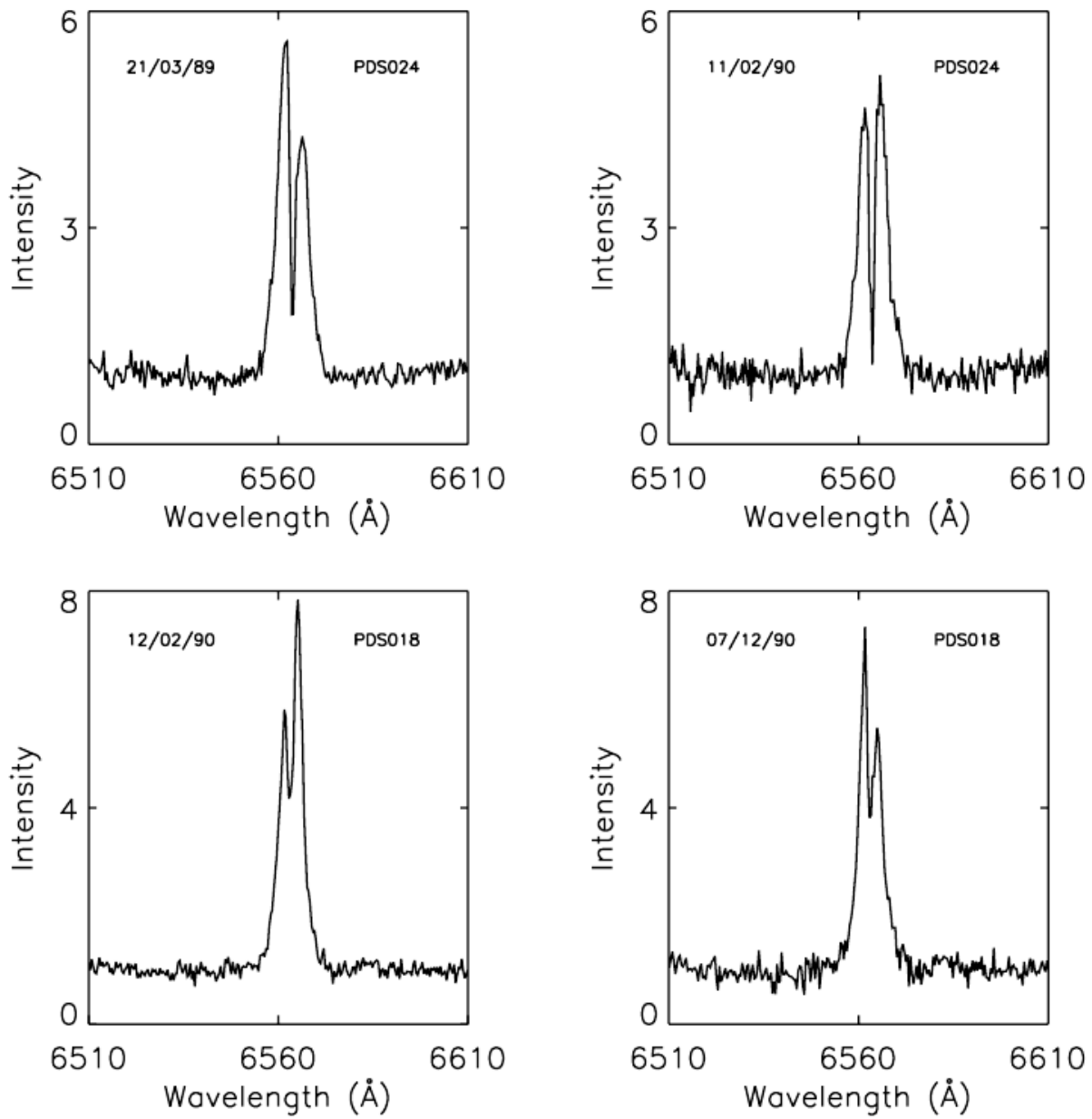


Figura 2.3.: Perfis de H $\alpha$  de duas estrelas jovens, observados em duas diferentes ocasiões, onde podemos notar uma forte variabilidade (Vieira et al. 2003).

[S III], [Ne III], [Ar III] e [Ar IV] (Allen & Swings 1972). Há também indicação de enriquecimento de N, confirmando a natureza evoluída destes objetos. Temos também a presença de poeira fria ( $T_{\text{poeira}} \leq 100K$ ), remanescente do vento da fase de AGB. Esses objetos apresentam  $\log(L_*/L_{\odot}) \leq 4$ .

A geometria circunstelar destes objetos ainda é uma questão em aberto, pois não se sabe se é durante a fase de AGB ou durante a fase de proto-nebulosa planetária, que ocorre a mudança de simetria na envoltória destes objetos. Há mudanças de uma geometria esférica durante a fase de AGB, para uma geometria bipolar, ou as vezes até mesmo irregular, que tanto caracteriza várias das nebulosas planetárias conhecidas. Segundo Soker (1990), Sahai & Trauger (1998) e Soker (2004), essa simetria seria alterada através da ação de jatos (outflows), que modelariam a envoltória de forma a torná-la bipolar, e que seriam formados pela ação de campos magnéticos ou pela acreção de matéria em um sistema binário. O fato da possível binaridade em nebulosas planetárias compactas, vem também aumentar as dúvidas sobre a correta identificação entre esses objetos e as estrelas simbióticas, que possuem características espectrais muito similares.

Algumas cPNB[e] encontradas possuem discos compactos, como por exemplo, M2-9 e Mz 3 que foram observadas com o VLTI/ESO (Lykou et al. 2011). Esses discos foram observados como toroidais compactos com um raio interno de  $\sim 10AU$  e massa de  $\sim 10^{-5}M_{\odot}$  (Chesneau et al. 2007, Lykou et al. 2011, Corradi et al. 2011). Eles contêm grãos de silicato amorfo, o que implicaria em uma idade mais jovem (Lykou et al. 2011, Corradi et al. 2011). Nestes objetos também é possível observar os PAHs, embora ainda não esteja claro como essas moléculas são produzidas (Tielens 2008). Elas estão provavelmente localizadas nos jatos (outflows) longe da estrela central (Cerrigone et al. 2009). Vale citar, que outros objetos detectados têm discos muito maiores com  $\sim 100AU$  e mais alta massa entre  $\sim 10^{-6}M_{\odot}$  para M2-29, e  $\sim 10^{-3}M_{\odot}$  para CPD-568032 (Chesneau et al. 2006, Miszalski et al. 2011).

### 2.4.3. Estrelas Simbióticas com o fenômeno B[e] (SymbB[e])

As estrelas simbióticas (ES) são sistemas binários nos quais uma das componentes é uma gigante vermelha (geralmente de tipo espectral M) com perda de massa, e a outra componente é um objeto quente (anã branca, sub-anã ou uma estrela da sequência principal). Além disso, há a presença de um disco em acreção.

Com base na emissão no IV e na natureza da componente fria, as simbióticas se dividem em três grupos:

- Tipo S

Constituem a maior parte das ES conhecidas ( $\sim 75\%$ ) e apresentam as seguintes características (Belczyński et al. 2000):

i) A componente fria é uma gigante vermelha de tipo espectral M ou gigante de tipo espectral K;

- ii) Possuem períodos orbitais de  $\sim 500$  e  $\sim 1600$  dias (Fekel et al. 2010, Mikołajewska 2012);
  - iii) Tem uma nebulosa compacta ( $\approx 1$  UA), com  $n_e \approx 10^8 - 10^9 \text{ cm}^{-3}$ ;
  - iv) A taxa de perda de massa corresponde a  $M \approx 10^{-7} M_{\odot}/\text{ano}$ .
- Tipo D  
Constituem aproximadamente cerca de  $\sim 22\%$  do total e suas características principais são (Belczyński et al. 2000):
    - i) A componente fria é principalmente uma estrela tipo Mira;
    - ii) Apresentam um excesso no IV devido à poeira com temperaturas de  $\approx 400 - 1000\text{K}$  (Hinkle et al. 2013);
    - iii) Possuem períodos orbitais supostamente mais longos do que  $\gtrsim 50$  anos (Mikołajewska 2003, Gromadzki et al. 2013);
    - iv) Têm uma nebulosa estendida ( $\geq 10$  UA), com  $n_e \approx 10^6 - 10^7 \text{ cm}^{-3}$ .
  - Tipo D'  
Constituem aproximadamente cerca de  $\sim 3\%$  do total e são caracterizadas por:
    - i) A componente fria é uma estrela sub-gigante do tipo F ou G (Allen 1982);
    - ii) Apresentam um excesso no IV correspondente a poeira com  $T \approx 500\text{K}$  (Gromadzki et al. 2013);
    - iii) As componentes frias das simbióticas do tipo D' possuem alta velocidade de rotação  $\sim 100 \text{ km s}^{-1}$  (Zamanov et al. 2006), e apresentam um enriquecimento dos elementos criados por captura lenta de nêutrons (processo-s).

No óptico as estrelas simbióticas apresentam várias linhas em emissão, como as do He II, [O III], [Ne V], [Fe VII] e [Fe V], que indicam a presença da componente quente. Também são observadas bandas moleculares em absorção: TiO e VO, vindas da fotosfera da gigante vermelha fria (figura 2.4). Entretanto em alguns casos, a estrela gigante não é muito brilhante, e com isso as bandas de TiO não estão presentes no espectro óptico (Lamers & Cassinelli 1998). No IV podemos observar bandas moleculares de  $H_2O$  ( $3.1\mu\text{m}$ ),  $CO$  ( $2.2$  e  $4.8\mu\text{m}$ ) em absorção. Nas estrelas simbióticas foram identificadas linhas em emissão, devido ao espalhamento Raman\*, como as em  $6825\text{Å}$  e  $7082\text{Å}$  (Lee & Kang 2007, Lee et al. 2001 e Schmid 1989).

Outra característica destes objetos é que são fotometricamente e espectroscopicamente variáveis, devido ao movimento orbital do sistema binário (Gromadzki et al. 2013), como pode

\* Nesse caso, o espalhamento Raman é de fótons gerados por linhas de ressonância do O VI pelo hidrogênio neutro (Schmid 1989; Birriel et al. 2000). Diferentemente do espalhamento Rayleigh, o espalhamento Raman é inelástico, uma vez que o fóton emitido tem uma frequência diferente daquele absorvido anteriormente. No caso específico dos fótons do O VI, eles excitam o hidrogênio no estado fundamental para um estado intermediário mais excitado, da onde o fóton gerado pelo espalhamento Raman é emitido, deixando o hidrogênio ainda em outro nível excitado (Torres et al. 2012 e Gromadzki et al. 2013). Até agora o espalhamento Raman tem sido observado em estrelas simbióticas, que apresentam as condições ideais, isto é, o O VI está em uma região ionizada próxima da componente quente e o hidrogênio neutro está em uma densa região próximo da gigante vermelha. Entretanto, Torres et al. (2012) também encontraram essas linhas em uma sgB[e] da Pequena Nuvem de Magalhães.

ser visto na figura 2.5. Alguns sistemas simbióticos apresentam um excesso no IV correspondente à presença da poeira. O espectro desses objetos também mostra linhas em emissão de

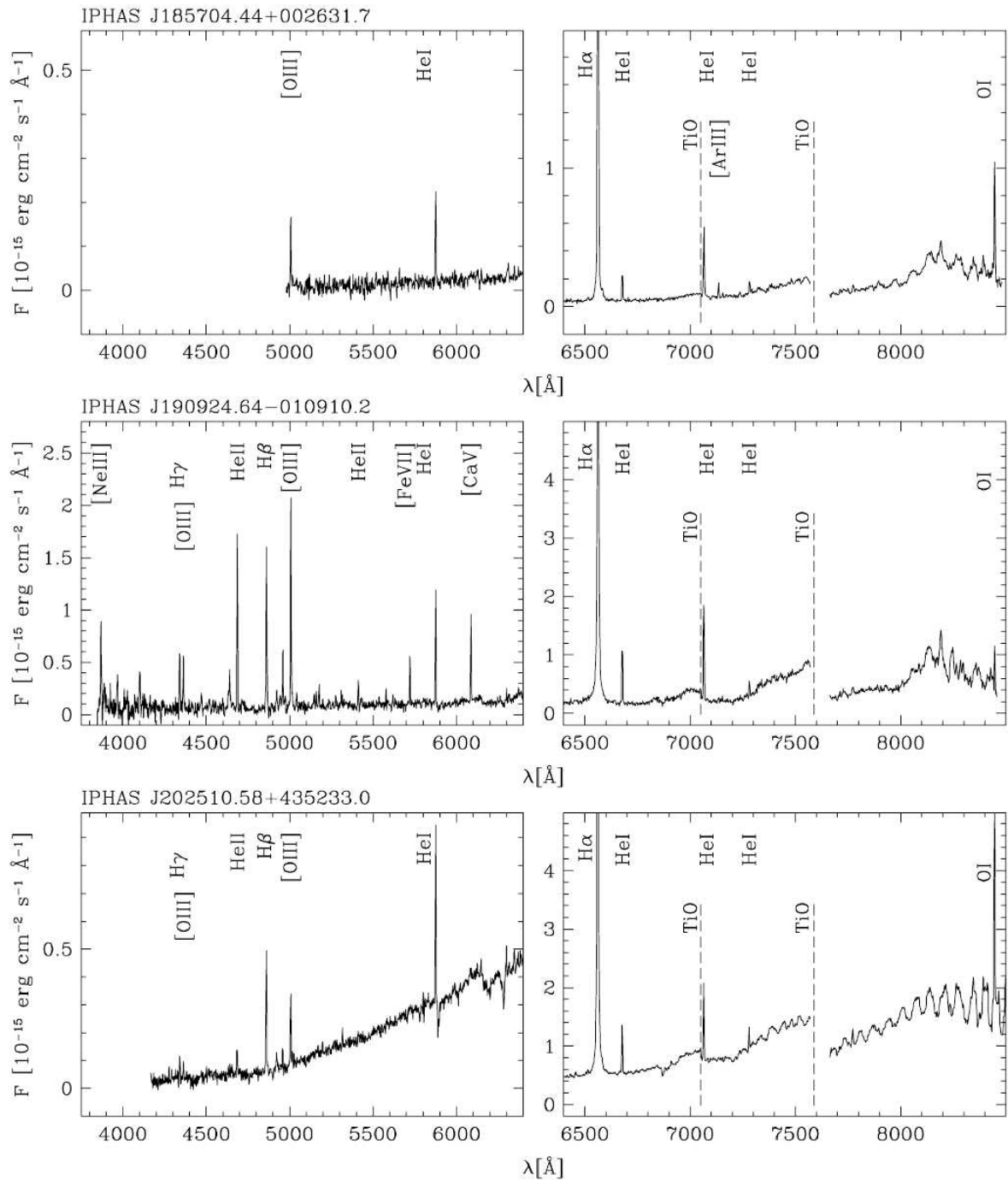


Figura 2.4.: Espectro calibrado em fluxo, onde é possível observar bandas em absorção de TiO para três diferentes estrelas simbióticas (Corradi et al. 2008).

Balmer, assim como linhas em emissão permitidas e proibidas de metais de baixa excitação (Ciatti 1982). Devido à estas características espectrais, alguns objetos na lista de estrelas que mostram o fenômeno B[e], também aparecem em listas de estrelas simbióticas (Allen & Swings 1972), sendo chamados de **SymbB[e]** por Lamers et al. (1998).

Na figura 2.6 é possível notar a distribuição das diferentes classes de simbióticas no diagrama cor-cor.



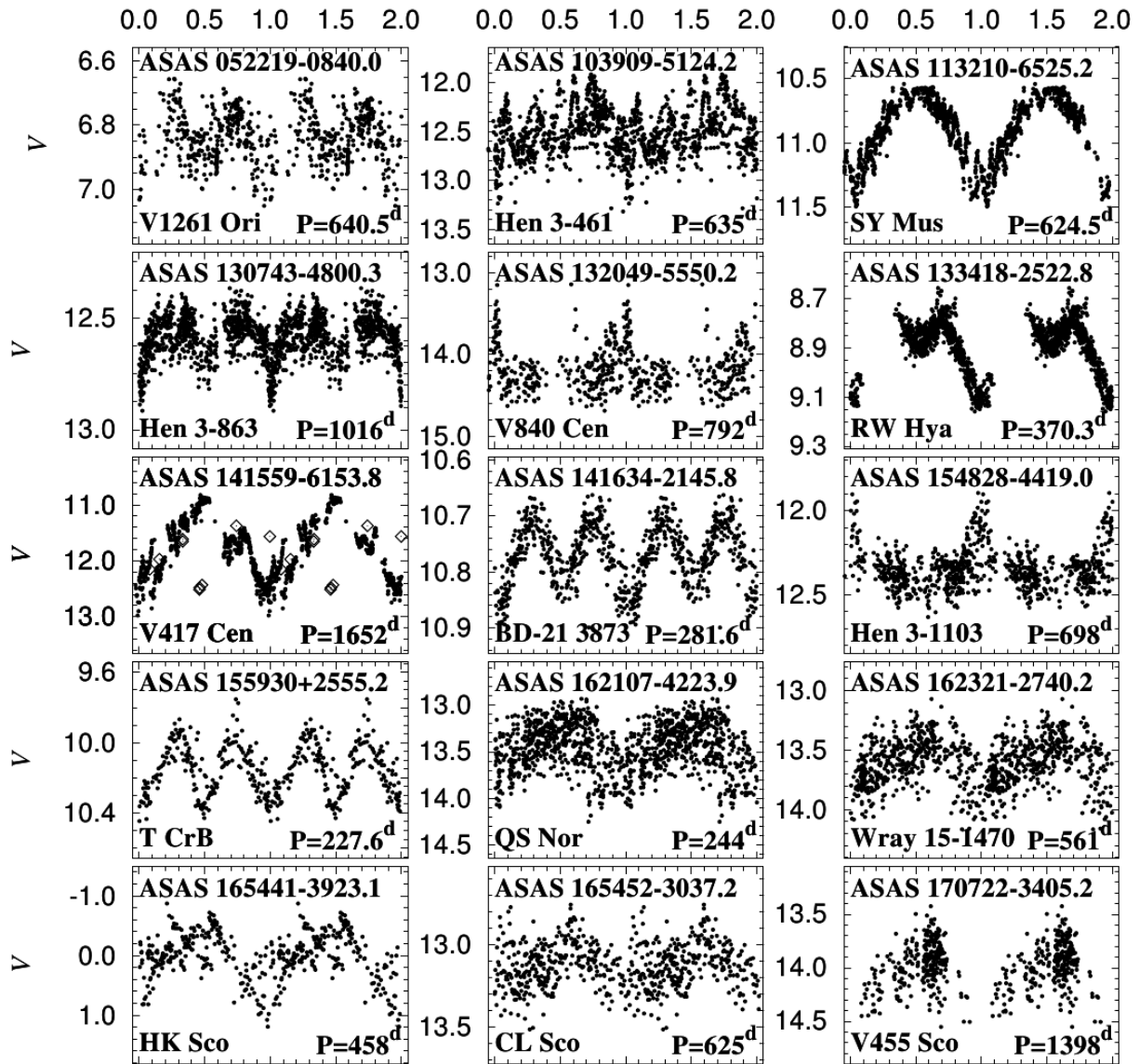


Figura 2.5.: Curvas de luz de estrelas simbióticas que possuem diferentes períodos orbitais (Gromadzki et al. 2013).

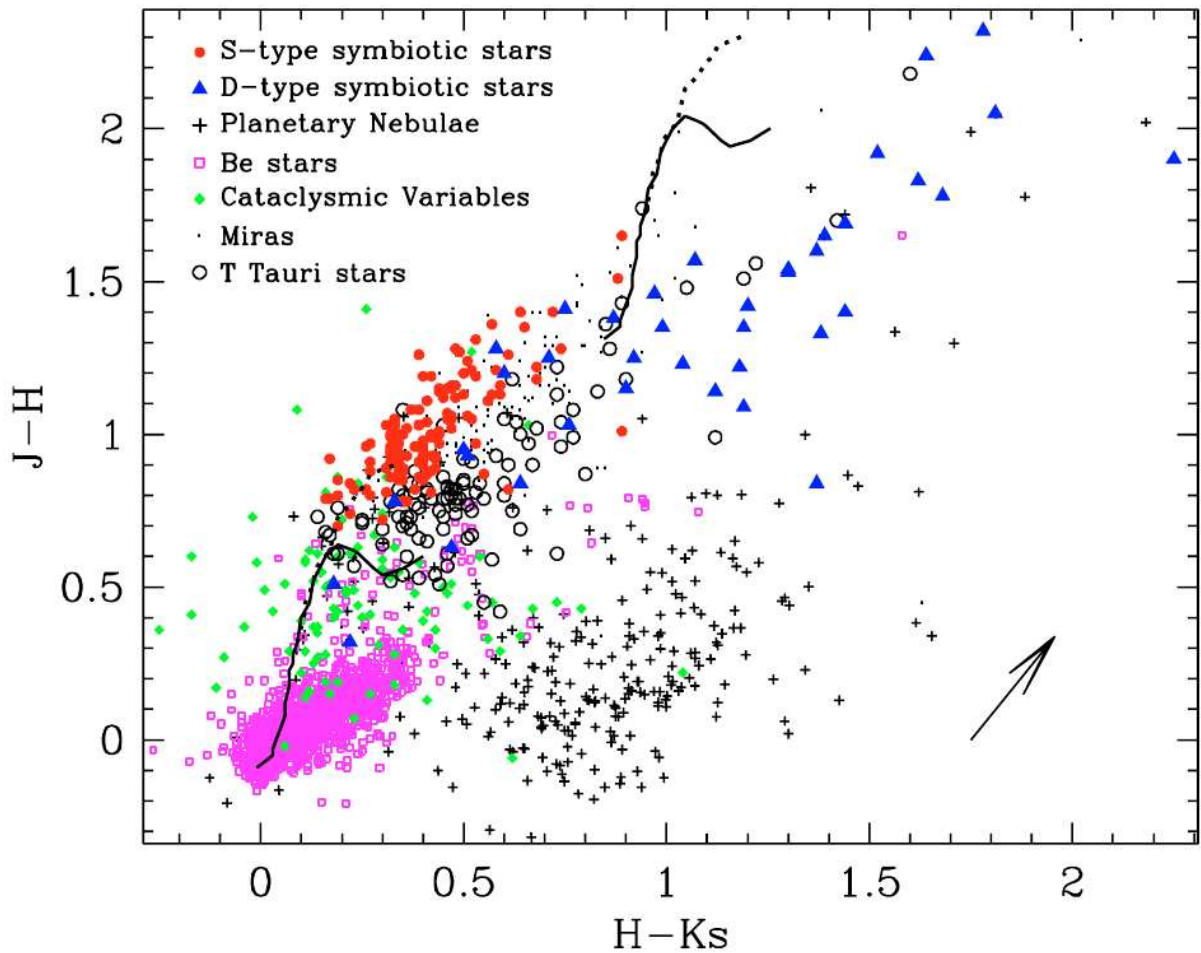


Figura 2.6.: Diagrama cor-cor 2MASS para estrelas simbióticas e outros objetos, onde as simbióticas de Tipo-S são os círculos (●), as de Tipo-D são os triângulos (▲). O vetor de avermelhamento para estrelas normais corresponde à uma extinção  $3 \text{ mag}$  em V. (Corradi et al. 2008)

### 2.4.4. Estrelas B[e] supergigantes (sgB[e])

Este é seguramente o grupo mais homogêneo de estrelas que mostram o fenômeno B[e], e também o mais estudado. São objetos de tipo espectral B de alta massa e de alta luminosidade que estão em uma fase pós-sequência principal.

Os primeiros objetos deste grupo que foram identificados, se encontram na Pequena e na Grande Nuvem de Magalhães (Zickgraf et al. 1985, Zickgraf et al. 1986; Zickgraf et al. 1989, Zickgraf et al. 1992a, Zickgraf et al. 1996, Zickgraf et al. 1992b, Gummersbach et al. 1995, Kraus & Borges Fernandes 2005, Neugent et al. 2010, Kraus et al. 2010, Graus et al. 2012). Recentemente em M31 foram identificadas duas novas sgB[e] (Kraus et al. 2014).

Por outro lado, na nossa Galáxia existem somente candidatas à sgB[e]. A difícil identificação destes objetos ocorre pelo fato de que eles estão concentrados na direção do plano galáctico, sofrendo assim uma grande extinção interestelar. Com isso, não é possível estimar de forma precisa a distância e a luminosidade destes objetos, dificultando assim a determinação correta dos seus estágios evolutivos. Entretanto, para as estrelas das Nuvens de Magalhães esse problema é bastante reduzido, devido ao conhecimento da distância e conseqüentemente da luminosidade e da posição no diagrama HR destes objetos.

Vale citar, que conforme o trabalho de Gummersbach et al. (1995), parecem existir dois grupos de sgB[e] nas Nuvens de Magalhães, um com  $\log(L_*/L_\odot) > 5.0$  e outro com  $\log(L_*/L_\odot) < 4.6$ . Lamers et al. (1998) sugeriram que essa falha na distribuição de luminosidades das sgB[e] seria devido à uma estatística de pequenos números.

A presença do fenômeno B[e] nestes objetos parece estar ligada com a presença de um disco CS. Esse cenário foi sugerido por Zickgraf et al. (1985) que propuseram o chamado “vento com duas componentes” (figura 2.7), caracterizado pela presença de um vento polar rápido de baixa densidade, típico de estrelas supergigantes normais, e de um disco equatorial em expansão lenta, que seria o responsável pela própria formação do fenômeno B[e].

Em termos espectroscópios, além do fenômeno B[e], as sgB[e] geralmente apresentam perfis P-Cygni nas linhas da série de Balmer, indicando perda de massa. Na região do infravermelho (IV) próximo e médio, além de linhas como as do Fe II ( $\lambda$  9997Å), O I ( $\lambda$  8446Å) e o tripleto do Ca II ( $\lambda$  8500, 8540 e 8670 Å) (de Freitas Pacheco et al. 1985), destaca-se um forte excesso no contínuo, devido à poeira quente,  $T_{poeira} \sim 1000K$ , e fria,  $T_{poeira} \sim 100K$ . Para uma sgB[e] da Pequena Nuvem de Magalhães, LHA 115-S 18, foi identificado a presença do espalhamento Raman, através da identificação das linhas em  $\lambda 6825\text{Å}$  e  $\lambda 7082\text{Å}$  (Torres et al. 2012).

A natureza evoluída destes objetos tem sido confirmada por evidências do aumento das razões de He/H, N/C e  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , e também por um aumento da abundância de  $^{13}\text{CO}$  no meio CS destes objetos (Liermann et al.).

Também tem sido identificado que supergigantes B[e] podem ser parte de sistemas binários, como Sheridan 25 e R4. Esse fato parece indicar que pelo menos 10% das estrelas de alta massa podem se fundir com uma companheira durante sua evolução, formando uma sgB[e] (Podsiad-

lowski et al. 2006, Wheelwright et al. 2012).

Lamers et al. (1998) também propuseram critérios adicionais para a classificação de sgB[e], com base na presença de:

1. Espectros híbridos, ou seja, a presença simultânea de linhas estreitas de baixa excitação em emissão no óptico e de linhas largas de alta excitação/ionização em absorção no UV;
2. Candidatas à sgB[e] na Galáxia costumam ter uma alta extinção, em torno de  $A_V > 3$  mag, com intensas bandas interestelares, por estarem no plano Galáctico;
3. As variações fotométricas das supergigantes B[e] são geralmente pequenas e da ordem de 0.1 mag a 0.2 mag.

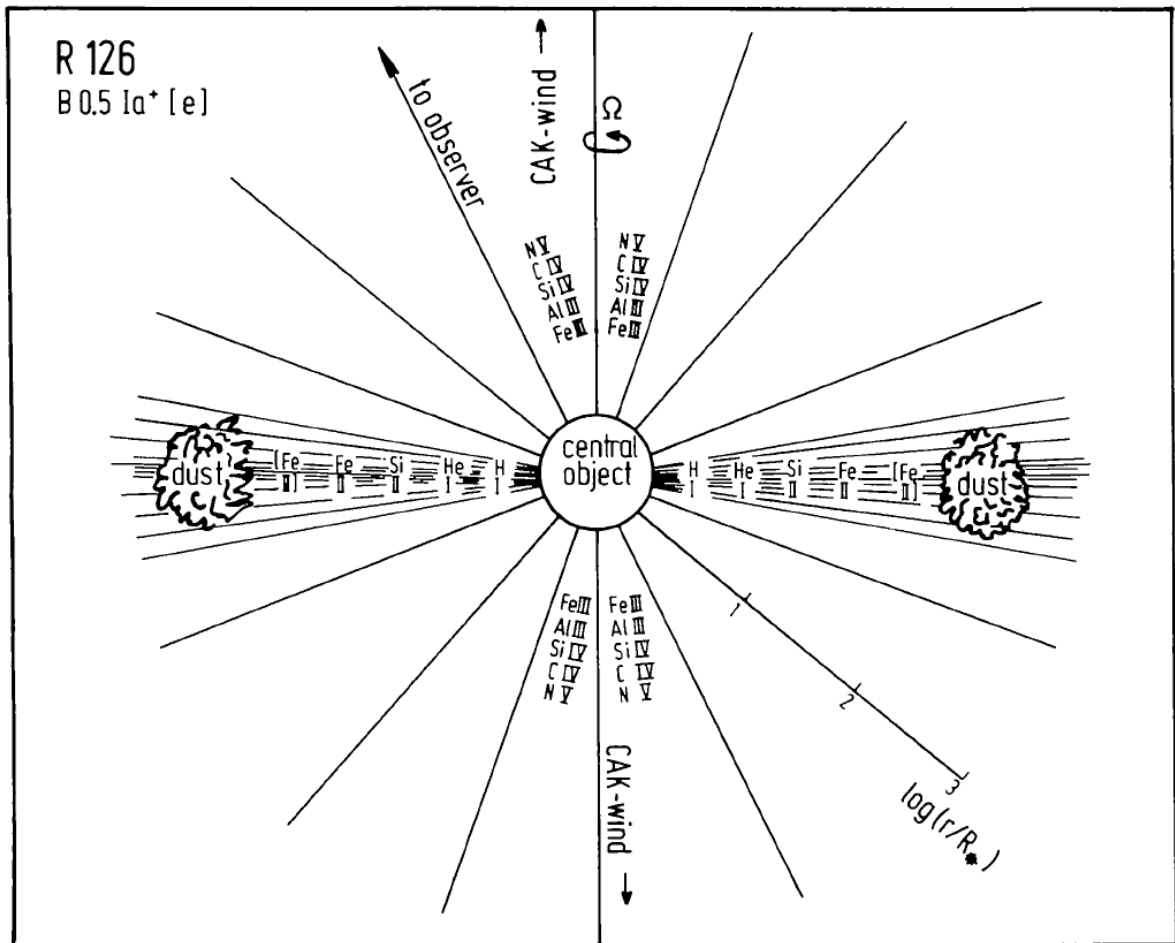


Figura 2.7.: Modelo esquemático proposto para R126. Neste modelo podemos observar o cenário do vento composto por duas componentes, uma na região polar e a outra sendo o disco equatorial (Zickgraf et al. 1985).

### 2.4.5. Estrelas B[e] não classificadas (unclB[e])

Como já foi citado anteriormente, objetos com o fenômeno B[e] foram identificados na Galáxia, nas Nuvens de Magalhães e em M31. O número total destes objetos está em torno  $\sim 80$  estrelas. Entretanto, em nossa Galáxia mais de 50% dos objetos com fenômeno B[e] tem o estágio evolutivo pouco ou não conhecido. Isto ocorre principalmente, devido à grande incerteza com relação aos parâmetros físicos destes objetos. Além disso, a similaridade entre os espectros das HAeB[e] e sgB[e] e também entre os das SymB[e] e cPNB[e], causa muitos problemas para a correta identificação de alguns objetos. Portanto, existem estrelas que não podem ser classificadas em nenhum dos grupos sugeridos por Lamers et al. (1998). Com isso, podemos considerar a existência de um quinto grupo, o das estrelas B[e] não classificadas, ou simplesmente **unclB[e]** (Lamers et al. 1998).

Vale citar, que Miroshnichenko (2010) sugeriu que várias estrelas unclB[e] seriam parte de um novo grupo chamado FSCMa. Esse grupo é composto de  $\sim 40$  objetos, não muito luminosos ( $2.5 \leq \log L/L_{\odot} \leq 4.5$ ), e provavelmente de não alta massa, vide figura 2.8 (Miroshnichenko 2010, Miroshnichenko et al. 2013). Estes objetos exibem espectros com linhas em emissão extremamente fortes e excesso no IV próximo e um decréscimo no fluxo em  $\lambda \geq 10-30\mu m$ . A forma da SED do espectro IV e a ausência de uma nebulosidade no visível, sugerem uma grande quantidade de poeira CS, distribuída de forma compacta. A causa mais provável dessa grande quantidade de material CS deve ser devido a transferência de massa em um sistema binário (Miroshnichenko et al. 2013). Suspeita-se que  $\sim 30\%$  destes objetos façam parte de sistemas binários, no entanto isto não está confirmado, enfraquecendo essa classificação.

Sendo assim, torna-se muito importante compreendermos a natureza de um número cada vez maior de estrelas com o fenômeno B[e], permitindo saber se é uma fase pela qual todas as estrelas de diferentes massas passarão, ou se somente alguns objetos peculiares. Portanto, o objetivo deste trabalho é entender a natureza de uma amostra de 5 unclB[e], determinando se possível os seus parâmetros físicos e as suas características CS.

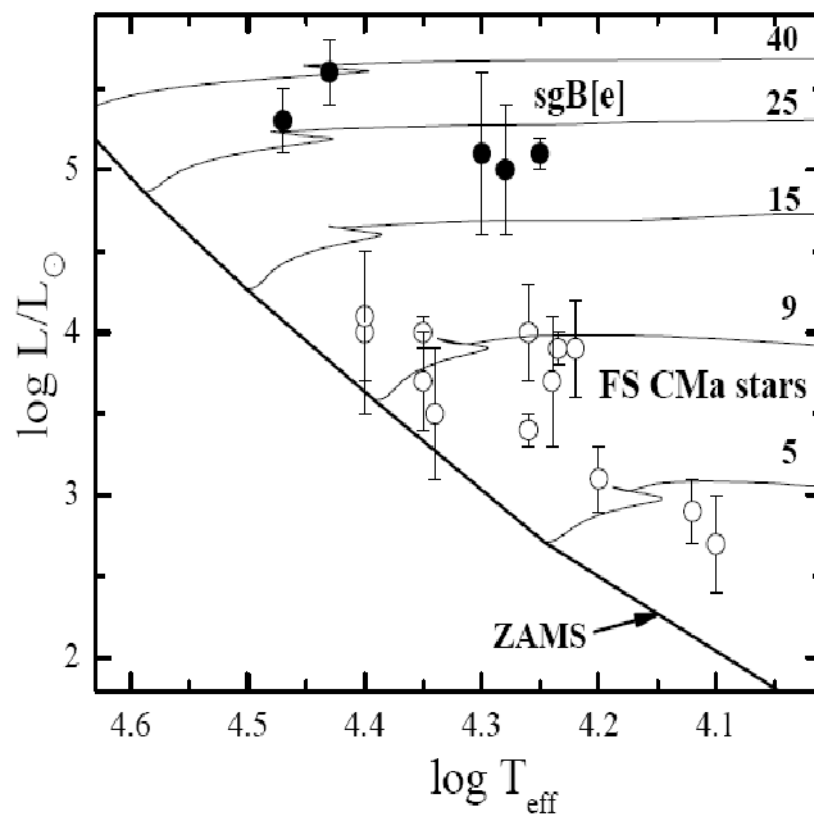


Figura 2.8.: Localização das FS CMA no diagrama HR (Miroshnichenko et al. 2013).



## 3 Observações e a Nossa Amostra de Objetos

---

Neste capítulo apresentaremos os dados observacionais utilizados nessa dissertação, sejam eles provenientes de arquivos públicos ou obtidos pelo nosso grupo. Também descreveremos cada objeto da nossa amostra, com base na literatura.

As estrelas da nossa amostra foram extraídas da lista de objetos que apresentam o fenômeno B[e] e que são não classificados, conforme descrito no trabalho de [Lamers et al. \(1998\)](#). Todos os objetos estão situados na nossa Galáxia (vide tabela 3.1).

Tabela 3.1.: Objetos da nossa amostra e suas coordenadas celestes equatoriais e galácticas.

Objeto	$\alpha(2000.0)$	$\delta(2000.0)$	l	b	Classificação
Hen 3-938	13 52 42.85	-63 32 49.24	309.69	-1.48	unclB[e]
MWC 939	18 34 16.22	-17 36 13.90	15.32	-4.28	unclB[e]
Hen 3-1191	16 27 15.11	-48 39 26.80	335.21	0.21	unclB[e]
Hen 3-1312	17 03 02.88	-53 55 54.00	334.84	-7.46	unclB[e]
V704 Cen	13 54 55.70	-58 27 16.60	311.17	3.40	unclB[e]

### 3.1. Aquisição dos dados

#### 1. Espectros no Visível

Espectros de alta resolução foram obtidos utilizando o telescópio 2.2-m do ESO (acordo ESO/ON) em La Silla (Chile). Eles foram observados pelo Dr. Marcelo Borges Fernandes nos dias 18, 19 e 20 de abril de 2005, usando o espectrógrafo FEROS (Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph). Ele é um espectrógrafo echelle de bancada que utiliza fibras localizadas no foco Cassegrain, proporcionando um campo de visão de 2". Os espectros obtidos têm uma cobertura em comprimento de onda de 3600Å até 9200Å, uma resolução espectral de  $R = 55000$  (na região em torno de 6000Å), e uma razão S/R



em torno de 20-50 (no contínuo na região em torno de 5500Å), como pode ser visto na tabela 3.2.

Graças à colaboração com o Dr. Claudio Bastos Pereira, utilizamos dois espectros de baixa resolução e calibrados em fluxo, provenientes do espectrógrafo Boller & Chivens (B&C) acoplado ao telescópio de 1.52-m do ESO, em La Silla (Chile). As observações foram feitas com a grade 600 l/mm, propiciando uma cobertura espectral entre 3500 Å e 7500Å. As datas das observações também podem ser vistas na tabela 3.2.

## 2. Espectros no IV

Além dos dados no visível, também utilizamos espectros públicos no IV, provenientes dos satélites SPITZER e ISO. O satélite SPITZER (também conhecido como SIRTf = Space Infrared Telescope Facility) tem um diâmetro de 0.86-m e utilizamos dados obtidos com o espectrógrafo IRS (Infrared Spectrograph), que proporcionou uma cobertura espectral de 5.2 $\mu$ m até 38 $\mu$ m, com um campo de visão de 20". O satélite ISO (Infrared Space Observatory) tem um diâmetro de 0.6-m e utilizamos dados provenientes do espectrógrafo SWS (Short Wave Spectrometer), que forneceu uma cobertura espectral de 2.4 $\mu$ m-45.5 $\mu$ m, e um campo de visão de 3'.

## 3. Dados fotométricos

Também coletamos os dados fotométricos disponíveis na literatura, provenientes de catálogos e levantamentos (surveys) como por exemplo: 2MASS, SLOAN, DENIS, GSC, WISE, MSX, IRAS e AKARI. Estes dados podem ser vistos no anexo B.

## 3.2. Tratamento dos dados

Os espectros obtidos com o espectrógrafo FEROS foram reduzidos com rotinas escritas em MIDAS desenvolvidas pelo Dr. Herman Hensberge (Royal Observatory of Belgium), e utilizadas pelo nosso grupo, que consideram a redução padrão echelle, com a identificação das ordens espectrais, a correção dos efeitos instrumentais, a calibração em comprimento de onda e a combinação das ordens.

Utilizando o software IRAF\*, o pacote **onedspect** e a tarefa "splot", primeiramente eliminamos os raios cósmicos do espectro de alta resolução usando o comando "x". Depois, normalizamos os espectros utilizando a tarefa **conti**. Para a análise dos dados utilizamos novamente a tarefa **splot** e os comandos "k" e "e", a fim de obter as larguras equivalentes e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) de cada linha. O comando "k" calcula as larguras equivalentes através do ajuste de uma gaussiana no perfil da linha. Já o comando "e" calcula a largura equivalente da linha, através de uma integração numérica. Vale citar, que no caso onde temos um perfil que parece

\* IRAF - Image Reduction and Analysis Facility (<http://iraf.noao.edu/>)

Tabela 3.2.: Espectros dos objetos da nossa amostra, que foram utilizados neste trabalho. Onde  $\delta\lambda$  é a cobertura espectral,  $t_{exp}$  é o tempo de exposição em segundos de cada espectro e N é o número de espectros obtidos em cada observação.

Objeto	Data	Telescópio	Espectrógrafo	$\delta\lambda$	$t_{exp}(s)$	N
Hen 3-938	19/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	3600	1
					600	1
MWC 939	10/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	1800	1
	03/05/2009	SPITZER	IRS	5.2μm-38μm	300	1
Hen 3-1191	19/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	6	2
	19/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	3600	1
	16/03/1998	ESO	B&C	3800Å-8000Å	600	1
	16/03/1998	ESO	B&C	3800Å-8000Å	1200	1
	07/10/2008	SPITZER	IRS	5.2μm-38μm	180	1
Hen 3-1312	19/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	6	2
	09/04/2003	ISO	SWS	2.4μm-45.5μm	14	2
V704 Cen	19/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	1800	1
	04/03/1999	ESO	B&C	3500Å-7500Å	300	1
	07/10/2008	SPITZER	IRS	5.2μm-38μm	900	1
	07/10/2008	SPITZER	IRS	5.2μm-38μm	6	2
V704 Cen	20/04/2005	ESO	FEROS	3600Å-9200Å	5400	1
	16/05/2008	SPITZER <sup>3</sup>	IRS	5.2μm-38μm	600	1
					6	2

ser devido à mais de uma linha, usamos o comando “d” (deblend). Nessa situação, marcamos os centros de cada uma das prováveis linhas que estão combinadas e fazemos a cada uma destas um ajuste de uma função Gaussiana ou Lorentziana, obtendo assim a largura equivalente das linhas individualmente. Cada linha é medida pelo menos cinco vezes ou mais para uma maior precisão nos nossos resultados.

Os espectros calibrados em fluxo, obtidos graças à colaboração com o Dr. Claudio Bastos Pereira, foram também reduzidos seguindo a redução padrão, utilizando o IRAF (Pereira et al. 2003 e Pereira 2004 ).

### 3.3. Nossa amostra de objetos

#### 3.3.1. Hen 3-938

Hen 3-938 ou Hen 938 foi catalogada por Allen & Swings (1976) como uma estrela peculiar do tipo Be (ou B[e]), porque exibia linhas proibidas em emissão no espectro óptico e um excesso no IV próximo. Além disso, estes autores relataram a presença de linhas em emissão de Balmer, de Fe II, e Ca I, e também linhas em absorção de Ca II H e K. Foi também relatada a presença de bandas de TiO em absorção, que implicariam na presença de uma companheira “late-type”.

Miroshnichenko et al. (1999) confirmaram a presença de linhas em emissão, mas não encontraram as bandas de TiO em absorção relacionadas previamente. Eles também identificaram linhas em emissão de He I em 5876Å e 6678Å, que apresentavam perfis P Cygni. Um fato curioso nesse espectro, é presença de  $H\alpha$  com uma largura equivalente de 150Å, sendo quase duas vezes mais intensa do que a vista por Gregorio-Hetem et al. (1992), ~77Å. Segundo Miroshnichenko et al. (1999), todos esses fatos indicam que as linhas em emissão de Hen 3-938 têm mudanças em escalas de tempo muito curtas. Entretanto, não são vistas variações sensíveis no brilho desta estrela, que por sua vez apresenta cores que indicam um tipo espectral B inicial. Esses fatos levaram esses autores também a sugerir que Hen 3-938 tem similaridades com as sgB[e].

Já Arkhipova et al. (2001) citaram que esta estrela pode ser uma estrela pós-AGB, uma vez que a sua aparência espectral é similar a pós-AGB OY Gem. Entretanto, se este for o caso, Hen 3-938 deve ser menos evoluída do que OY Gem, uma vez que apresenta só algumas linhas fracas proibidas em emissão, e nenhuma linha de elementos mais ionizados, como as do [O III].

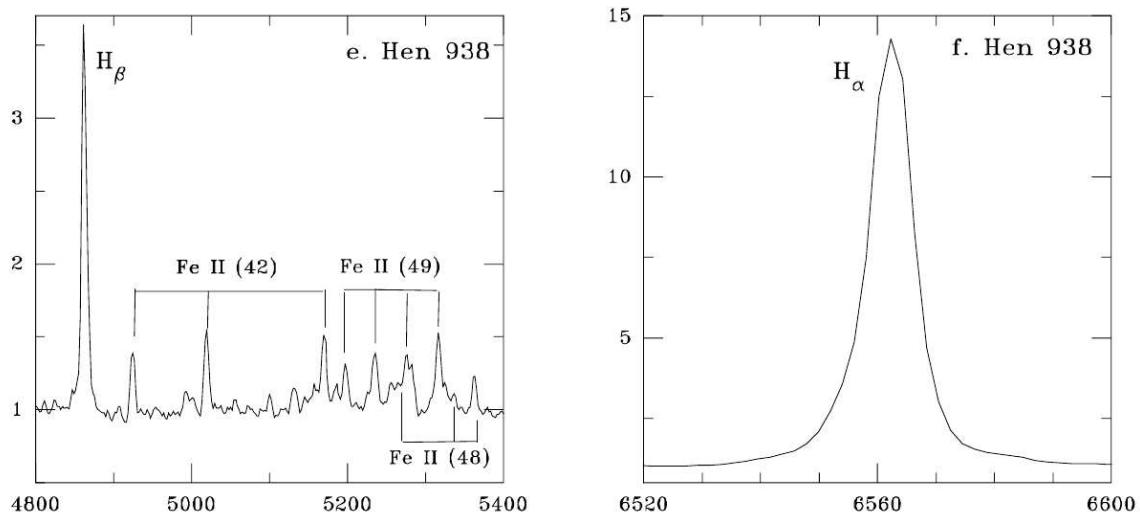


Figura 3.1.: Espectro de baixa resolução ( $R=1000$ ) de Hen 3-938 e o perfil de  $H\alpha$ , obtidos em 1996 no Laboratório Nacional de Astrofísica no Pico dos Dias, Brasil (Miroshnichenko et al. 1999).

Por outro lado, Vieira et al. (2003) realizaram um estudo de 131 estrelas candidatas a Herbig Ae/Be, incluindo Hen 3-938 e determinando o seu tipo espectral como provavelmente O9. Miroshnichenko (2006) também classificou a Hen 3-938 como uma provável HAe/B[e], mas com dúvidas sobre esta classificação, principalmente devido às fortes linhas em emissão que apresenta este objeto e também devido à sua distância incerta. Vale a pena citar, que o espectro de Hen 3-938 apresenta muitas linhas de Fe II, que não são tão comuns em estrelas jovens, e que a sua posição no diagrama HR, está fora da posição normal das Herbig Ae/Be (Miroshnichenko 2006).

Sartori et al. (2010) analisaram a distribuição espectral de energia (SED) no visível e no IV de estrelas candidatas à Herbig Ae/Be, com base no índice espectral  $\beta_1$  ( $\beta_1 = 0.75 \log(F_{12}/F_V) - 1$ ). Segundo estes autores, Hen 3-938 é de tipo espectral B e seria uma Herbig Ae/Be que pertence

ao grupo I. Através da relação  $E(B - V) = E(V - I)/1.6$ , estes mesmo autores determinaram o avermelhamento ( $A_V$ ) deste objeto obtendo um valor de 2.5. Já de forma similar ao obtido por [Miroshnichenko et al. \(1999\)](#), [Sartori et al. \(2010\)](#) mediram a largura equivalente de  $H\alpha$  e obtiveram um valor de 154Å. Recentemente [Vieira et al. \(2011\)](#), através de um espectro de baixa resolução, estimou uma extinção interestelar de 1.56, e mediu uma largura equivalente de  $H\alpha$  de 90Å.

### 3.3.2. MWC 939

MWC 939 ou IRAS 18313-1738 foi classificada por [Allen & Swings \(1976\)](#) como uma estrela peculiar Be, que apresenta intensas linhas em emissão de Fe II e [Fe II]. Já [Thé et al. \(1994\)](#) notaram a presença de um excesso no IV próximo.

[Vijapurkar et al. \(1998\)](#), [Parthasarathy et al. \(2000\)](#) e [Gaubá et al. \(2003\)](#) também encontraram similaridades entre o espectro de MWC 939 e o de OY Gem, sugerindo uma provável classificação como uma pós-AGB quente ou uma proto-nebulosa planetária para o nosso objeto. Além disso, através da análise da SED foi revelada a presença de poeira quente, com uma temperatura de 1200K ([Gaubá et al. 2003](#)).

[Miroshnichenko \(2007\)](#), com base no diagrama cor-cor do IRAS, afirmou que MWC 939 é uma candidata a estrela FS CMa. Por outro lado, [Szczerba et al. \(2007\)](#) também com base no diagrama cor-cor do IRAS, obtiveram um catálogo de estrelas pós-AGB, classificando MWC 939 como uma provável pós-AGB.

### 3.3.3. Hen 3-1191

Esta estrela, também conhecida como WRAY 15-1484 ou SS73 56, é caracterizada por apresentar linhas em emissão ([Sanduleak & Stephenson, 1973](#)). Ela foi catalogada por [Henize \(1976\)](#) com o número 1191 na sua lista de estrelas do hemisfério sul com linhas em emissão, obtendo assim o nome de Hen 3-1191.

[Le Bertre et al. \(1989\)](#), através de observações espectroscópicas e imagens no óptico (figura 3.2), encontraram indicações de uma nebulosa bipolar associada a fonte central, sugerindo que este objeto estaria evoluindo para a fase de nebulosa planetária.

[Pereira et al. \(2003\)](#) fizeram observações com FEROS e o B&C do ESO de possíveis candidatas à proto-nebulosas planetárias, entre elas Hen 3-1191. Os espectros obtidos mostraram a presença de fortes linhas em emissão no óptico, incluindo as linhas de [O I] 6300Å e [N II] 5754Å. Esses autores determinaram a extinção e a temperatura de excitação da nebulosa ( $T_{exc}$ ), através do método descrito por [Pagel \(1969\)](#), com base nas intensidades das linhas de [Fe II], obtendo um valor de  $E(B - V) = 0.68 \pm 0.33$  e  $T_{exc} = 11000 \pm 1200K$ . Esses autores sugerem que Hen 3-1191 pode ser uma proto-nebulosa planetária, devido à semelhanças com Hen 401, uma outra proto-nebulosa planetária mais bem estudada. Além disso, as suas cores no IV e sua

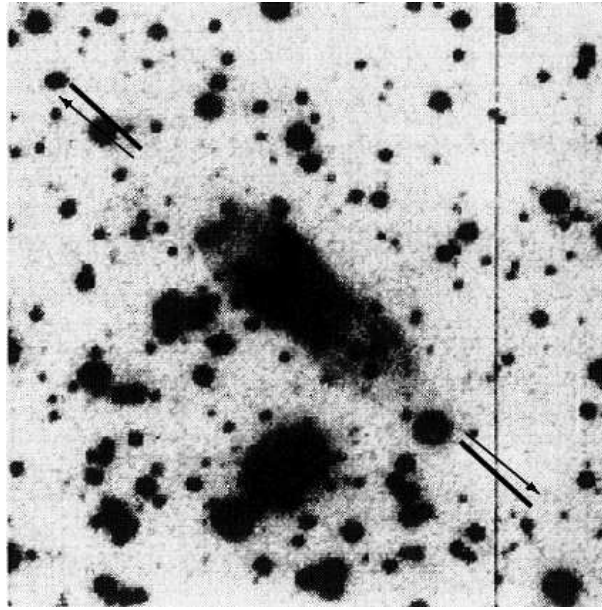


Figura 3.2.: Nebulosa bipolar vista em imagem de Hen 3-1191, obtida com o ESO/EFOCS e com um campo de visão de  $2' \times 2'$  (Le Bertre et al. 1989).

estrutura bipolar, como descrita por Le Bertre et al. (1989), são similares a de algumas proto-nebulosas planetárias já conhecidas, como M2-9 (García-Lario et al. 1999), e também com duas pós-AGB quentes, MWC 930 e MWC 939 (Parthasarathy et al. 2000).

Lachaume et al. (2007) observaram este objeto, utilizando o instrumento MIDI (MID-infrared Interferometric instrument) instalado no ESO/VLTI (Very Large Telescope Interferometry) na banda N ( $8\text{-}13\mu\text{m}$ ). Através destas medidas interferométricas foi possível resolver o meio CS deste objeto, onde através de modelos foi identificada a presença de um disco composto por poeira, com uma grande separação da estrela central (vide tabela 3.3). Esses autores citam que não foi possível descartar a presença de um sistema binário, e sugerem que Hen 3-1191 pode ser uma proto-nebulosa planetária ou menos provavelmente uma estrela Herbig Be.

Tabela 3.3.: Parâmetros para o modelo de disco CS obtido por Lachaume et al. (2007). Onde  $R_*$  é o raio do objeto,  $R_{int}$  e  $R_{ext}$  são os raios interno e externo do disco,  $T_*$  é temperatura efetiva e  $h_r$  é a escala de altura do disco.

Parâmetros	Modelo
d (kpc)	4
$R_*$	$6 \pm 0.3 R_\odot$
$T_*$ (K)	25000
$h_r$ (UA)	$2.4 \pm 0.2$
$R_{in}$ (UA)	$30 \pm 2.0$
$R_{out}$ (UA)	150

Acke et al. (2004) analisaram espectros ISO e sugeriram, com base no diagrama de van Boekel et al. (2003), que Hen 3-1191 pertence ao grupo II das Herbig Ae/Be. Já Pereyra et al. (2009) estudaram as propriedades físicas do meio circunstelar de objetos jovens (YSOs), em

particular a determinação do mecanismo de dispersão, que poderia ajudar a restringir a profundidade óptica do disco e/ou envelope no IV próximo. Eles usaram o polarímetro IAGPOL junto com a camera CamIV do LNA para obter medidas polarimétricas na banda H de uma amostra de YSOs opticamente visíveis: 11 estrelas T Tauri e 8 estrelas Herbig Ae/Be, entre elas Hen 3-1191. Como resultado, estes autores notaram evidências da presença de um disco opticamente fino nesse objeto.

### 3.3.4. Hen 3-1312

Hen 3-1312, conhecida também como SAST 2-12, foi descoberta por Sanduleak & Stephenson (1972), que a classificaram como uma nebulosa compacta de muito baixa excitação. Este objeto também foi classificado por Kohoutek (1978) como uma proto-nebulosa planetária com uma excitação muito baixa, com tipo espectral G ou F, sendo mais tarde introduzido no catálogo de Acker et al. (1983) para nebulosas planetárias. Entretanto, o estágio evolutivo de Hen 3-1312 ainda não está claro, especialmente devido ao seu padrão de abundâncias, que não se encaixa com nenhuma das estrelas pós-AGB analisadas até agora.

Beaulieu et al. (1999) determinaram a velocidade radial deste objeto, através das linhas em emissão, obtendo um valor de  $-77 \text{ km s}^{-1}$ . Schemejka & Kimswenger (2002) determinaram o seu avermelhamento, com base nas magnitudes I, J e  $K_S$ , encontrando  $E(B - V) = 0.39$ .

Pereira (2004) realizou um estudo mais profundo deste objeto, analisando espectros de alta e baixa resolução, relatando a presença de linhas proibidas em emissão do [O III] em 4953Å e 5007Å, do [N II] em 6548Å e 6548Å e do [O II] em 3727Å (bem intensa), assim como intensas linhas permitidas de Ca II em absorção. Esse autor determinou a extinção, a temperatura eletrônica ( $T_e$ ) e a densidade eletrônica ( $N_e$ ), usando as linhas de recombinação do H I, obtendo um valor de  $E(B - V) = 0.37 \pm 0.03$ ,  $T_e = 15000\text{K}$  e  $N_e = 10^5 \text{ cm}^{-3}$ .

Com base nos dados de alta resolução, Pereira (2004) também sugeriu que Hen 3-1312 seja na realidade um sistema binário. Além disso, através da análise de linhas do ferro, o autor estimou os parâmetros da componente fria deste sistema (tabela 3.4), e determinou a distância deste objeto como sendo de 4400 pc.

Recentemente, Stanghellini et al. (2012) analisaram espectros Spitzer de 157 proto-nebulosas planetárias compactas, entre elas Hen 3-1312. Segundo estes autores, Hen 3-1312 é um objeto com poeira rica em oxigênio.

### 3.3.5. V704 Cen

V704 Cen ou V704 Centauri ou Hen 2-102 foi introduzida no catálogo de nebulosas planetárias por Perek & Kohoutek (1969) e no catálogo de estrelas variáveis por Kukarkin et al. (1969). Mais tarde, esse objeto também foi incluído no catálogo de Acker et al. (1992) de nebulosas planetárias (Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae).

Tabela 3.4.: Parâmetros determinados por [Pereira \(2004\)](#) para a componente fria de Hen 3-1312. Onde  $T_{eff}$  é a temperatura efetiva,  $\log g$  é a gravidade,  $V_t$  é a velocidade de microturbulência,  $[Fe/H]$  é a metalicidade,  $L_*$  é a luminosidade da estrela,  $M_v$  é a magnitude absoluta e  $V$  é a magnitude aparente.

Parâmetros	Valor
$T_{eff}$ (K)	$6500 \pm 100$
$\log g$ ( $cms^{-2}$ )	$0.8 \pm 0.2$
$V_t$ ( $Kms^{-1}$ )	$2.6 \pm 0.2$
$[Fe/H]$	$-1.08 \pm 0.14$
$L_*$	$4100L_{\odot}$
$M_v$	-4
$V$	10

Em 1974 este objeto foi classificado por [Allen & Glass \(1974\)](#) como uma simbiótica do tipo D, a partir de um levantamento de fotometria no IV. Já [Cieslinski et al. \(1994\)](#) realizaram observações de candidatas à estrelas simbióticas, entre elas V704 Cen, relatando a presença de linhas em emissão de: [O I], [O II], [N II], [S III] e [Ar III] (figura 3.3), e concluindo que este objeto poderia ser realmente uma simbiótica devido as características que apresenta.

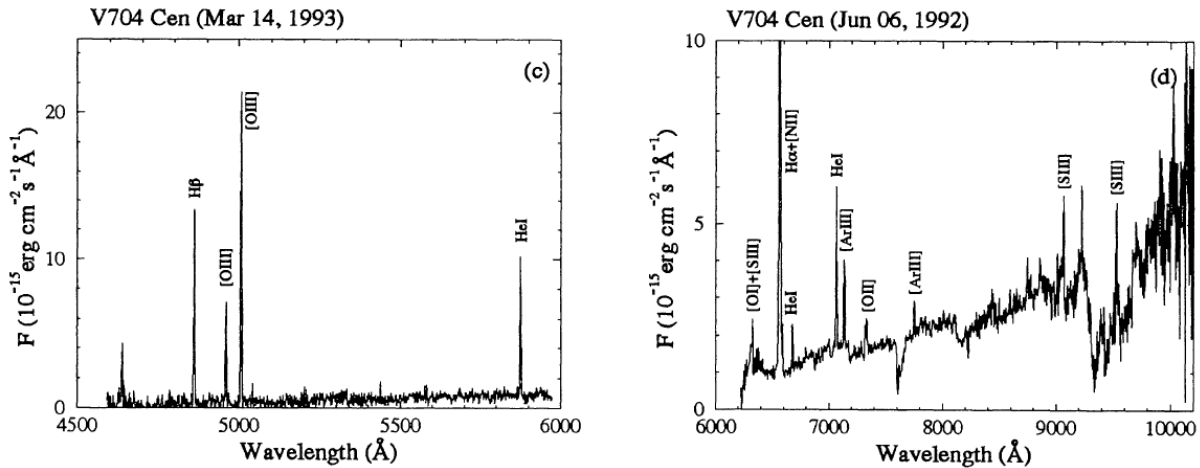


Figura 3.3.: Espectro de baixa resolução de V704 Cen, obtido por [Cieslinski et al. \(1994\)](#).

Já [Mikolajewska et al. \(1997\)](#) analisaram os espectros ópticos de 67 simbióticas entre elas V704 Cen, e a classificaram como uma simbiótica de tipo D. Além disso, determinaram a temperatura e a luminosidade da componente quente,  $T = 35000 - 55000K$  e  $L=6000L_{\odot}$ . Estima-se que o período orbital deste sistema é de  $\sim 420$  dias ([Whitelock 1988](#)).

[Pereira et al. \(1998\)](#) relataram a presença da série de Balmer, de linhas de He I e do [O III] ( $\lambda 5007$ ) em emissão, onde através da relação  $[O III]/H\beta < 1.0$ , viram que este objeto poderia ser uma simbiótica do tipo S.

[Frankowski & Soker \(2009\)](#) utilizando a relação  $I(\lambda 5007)/(H\alpha+[N II])$  e as magnitudes aparentes,  $m(\lambda 5007) = -2.5 \log(\lambda 5007) - 13.47$ , observaram uma distinção entre as simbióticas e as nebulosas planetárias, encontrando que V704 Cen é uma simbiótica de tipo D.

---

Por outro lado, Luna et al. (2013) citaram que as linhas em emissão de alta ionização, como as de He II ou Fe VII, e as bandas de TiO características das simbióticas não são detectadas neste objeto.





## 4 Metodologia

---

Como já citado anteriormente, o objetivo deste trabalho é ampliar o nosso conhecimento sobre as estrelas com o fenômeno B[e], estudando em detalhes e buscando conhecer melhor a natureza de 5 estrelas B[e] não classificadas da Galáxia.

Para isso, aplicamos diferentes metodologias de acordo com os dados observacionais que temos disponíveis, como apresentaremos neste capítulo.

### 4.1. Identificação das linhas espectrais

Para a identificação das linhas espectrais fizemos uso de um programa desenvolvido pelo nosso grupo, que com base nas nossas medidas observadas, calcula para cada linha espectral um comprimento de onda central médio ( $\lambda$ ), a largura equivalente média ( $eqw$ ), e obtém a sua identificação através da comparação com as tabelas de [Moore \(1945\)](#), [Thackeray \(1967\)](#), [Landaberry et al. \(2001\)](#), NIST Atomic Spectra Database Lines Form \* e The Atomic Line List v2.04 †. Utilizamos também o pacote **SpecView** que é uma ferramenta para visualização e análise de espectros ([Telescope Science Institute 2012](#)).

Os atlas espectrais obtidos para cada uma das estrelas da nossa amostra podem ser vistos no apêndice A.

### 4.2. Determinação da extinção

Como os objetos de nossa amostra possuem um meio circunstelar complexo e além disso, estão situados no plano da Galáxia, se torna muito difícil determinar com precisão um valor para a extinção total (interestelar e circunstelar).

---

\* [http://physics.nist.gov/cgi-bin/AtData/lines\\_form](http://physics.nist.gov/cgi-bin/AtData/lines_form)

† <http://www.pa.uky.edu/~peter/atomic/>

### 4.2.1. Extinção Total

Através do método descrito por [Borges Fernandes et al. \(2009\)](#), especialmente válido para estrelas quentes de tipo espectral O e B, procuramos estimar a extinção total sofrida por cada um dos nossos objetos.

Para isso, utilizamos os índices cor ( $U - B$ ) e ( $B - V$ ) de cada um de nossos objetos, a fim de obter os seus excessos de cor (equação 4.1).

$$E(B - V) = (B - V) - (B - V)_0 \quad (4.1)$$

Onde  $E(B - V)$  é o excesso de cor,  $(B - V)$  é o índice de cor medido e  $(B - V)_0$  é o índice de cor intrínseco da estrela. O excesso de cor também pode ser escrito pela equação 4.2 ([Leitherer and Wolf 1984](#)).

$$E(B - V) = \frac{0}{0.77}E(U - B) = \frac{1}{0.77}((U - B) - (U - B)_0) \quad (4.2)$$

Através da combinação destas duas equações, 4.1 e 4.2, obtém-se uma equação independente do excesso de cor:

$$(U - B)_0 = 0.77((B - V)_0 - x) \quad (4.3)$$

Onde temos:

$$x = (B - V) - \frac{U - B}{0.77} \quad (4.4)$$

Sendo assim, calculamos o parâmetro “x”, para cada medida observada.

Como exemplo, para uma melhor compreensão, temos o exemplo da estrela HD50138 (vide [Borges Fernandes et al. \(2009\)](#)), onde foi notada a variação temporal dos índices de cor ( $U - B$ ) e ( $B - V$ ), como mostrado na figura 4.1. Os índices de cor obtidos de uma mesma observação são aplicados na equação 4.4 e com isso, obtemos um limite superior e inferior para “x”. Com isso, podemos traçar para cada um desses casos limites, uma função linear no diagrama cor-cor (figura 4.2). Em seguida, utilizando as tabelas de Schmidt-Kaler (1982), traçamos uma reta considerando os índices de cor intrínsecos de estrelas na faixa espectral B0-B9, e as classes de luminosidades citadas na literatura. Através, da intersecção das retas, os índices de cor intrínsecos do objeto e sua possível classificação (tipo espectral, temperatura e classe de luminosidade) podem ser obtidos.

É importante citar, que o método para a determinação dos parâmetros físicos descrito aqui deve ser visto com cuidado, porque ele é válido para estrelas quentes com pouco material circunstelar. Isso porque a lei de extinção interestelar é bem diferente daquela para a extinção circunstelar. Essa última depende muito se temos gás ou poeira como material principal. Então se não conhecemos a composição química do material circunstelar e se esse é muito importante, usamos esse método somente por não ter outra opção para determinar os parâmetros dos objetos da nossa amostra, obtendo portanto somente uma estimativa pouco precisa dos mesmos.

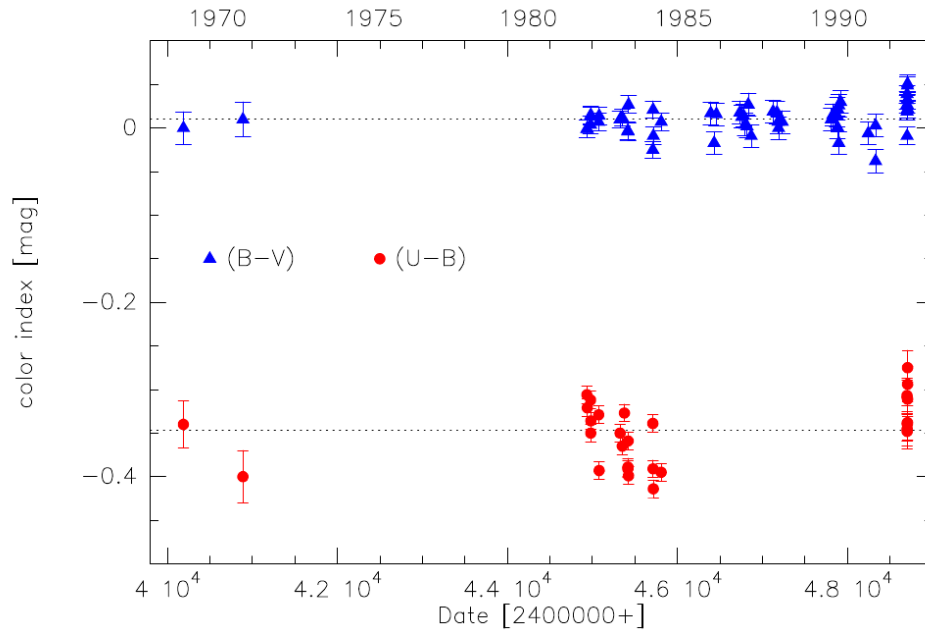


Figura 4.1.: Variação temporal observada dos índices de cor (U-B) e (B-V) para a estrela HD50138 (Borges Fernandes et al. 2009).

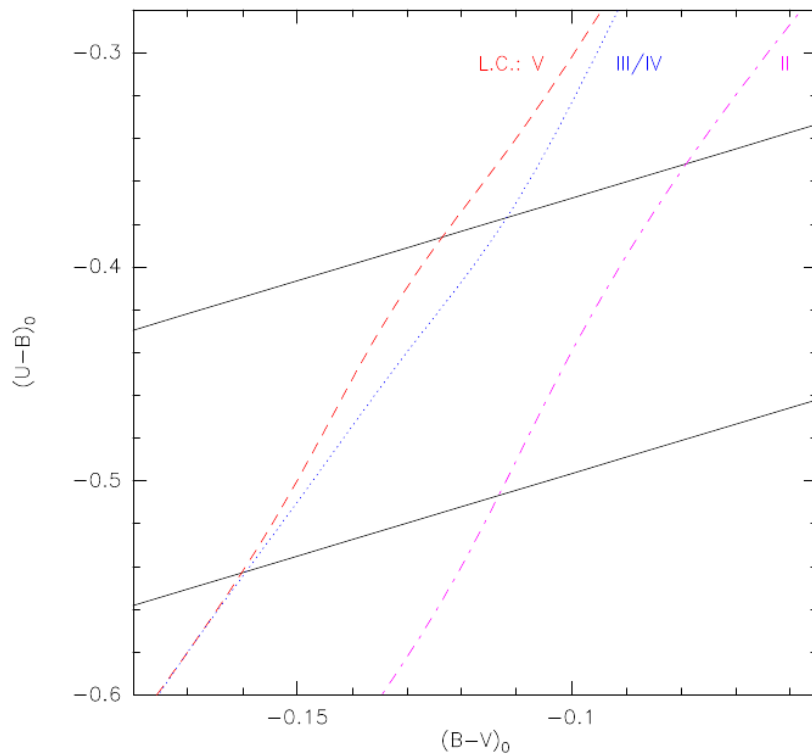


Figura 4.2.: As linhas tracejadas representam os índices de cor intrínsecos (Schmidt-Kaler 1982). As linhas sólidas correspondem aos limites superiores e inferiores obtidos das observações para a estrela HD50138 (Borges Fernandes et al. 2009). As interseções entre as retas indicam os possíveis índices de cor intrínsecos para essa estrela.

### 4.2.2. Extinção Interestelar

Devido às dificuldades para estudar os objetos de nossa amostra, decidimos determinar a extinção interestelar, utilizando as bandas interestelares difusas ou em inglês “diffuse interstellar bands” (DIBs), que são bandas em absorção que aparecem no espectro das nossas estrelas (figura 4.3).

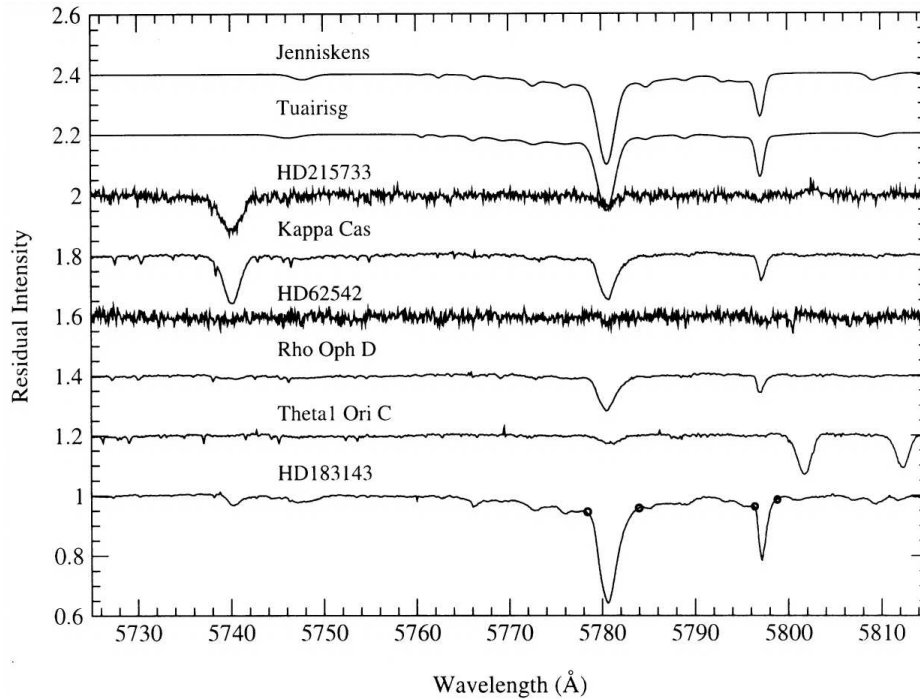


Figura 4.3.: Espectro de estrelas avermelhadas, onde se pode observar a presença das DIBs em 5780Å e 5797Å (Theodore et al., 2002)

Herbig (1993) realizou medições de larguras equivalentes das DIBs em 5780Å e 5797Å. Ele notou que elas se relacionavam diretamente com as colunas de densidade do gás interestelar, especialmente H I (figura 4.4), H<sub>2</sub>, Na I, Cl I, K I e Ti II, em diferentes regiões da Galáxia.

Com base nisso, Herbig (1993) determinou relações empíricas (tabela 4.1) entre as larguras equivalentes ( $W$ ) de cada DIB e o excesso de cor interestelar ( $E(B - V)$ ), vide figura 4.5. Estas relações nos serão úteis para determinarmos a extinção interestelar dos nossos objetos.

Tabela 4.1.: Coeficientes de regressões lineares  $y = a + bx$  determinados por Herbig (1993).

Fit	$\lambda = 5780\text{Å}$	$\lambda = 5797\text{Å}$
1 a.....	$2.704 \pm 0.024$	$2.185 \pm 0.019$
2 b.....	$1.037 \pm 0.003$	$0.938 \pm 0.039$

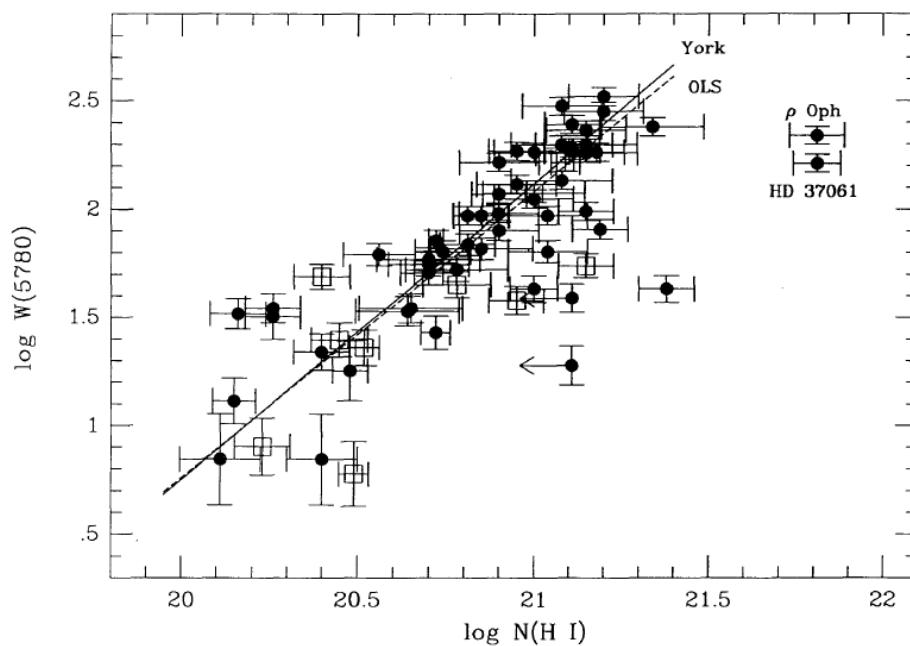


Figura 4.4.: Dependência de  $W(5780)$  com a coluna de densidade de hidrogênio neutro  $N(\text{H I})$  (Herbig 1993)

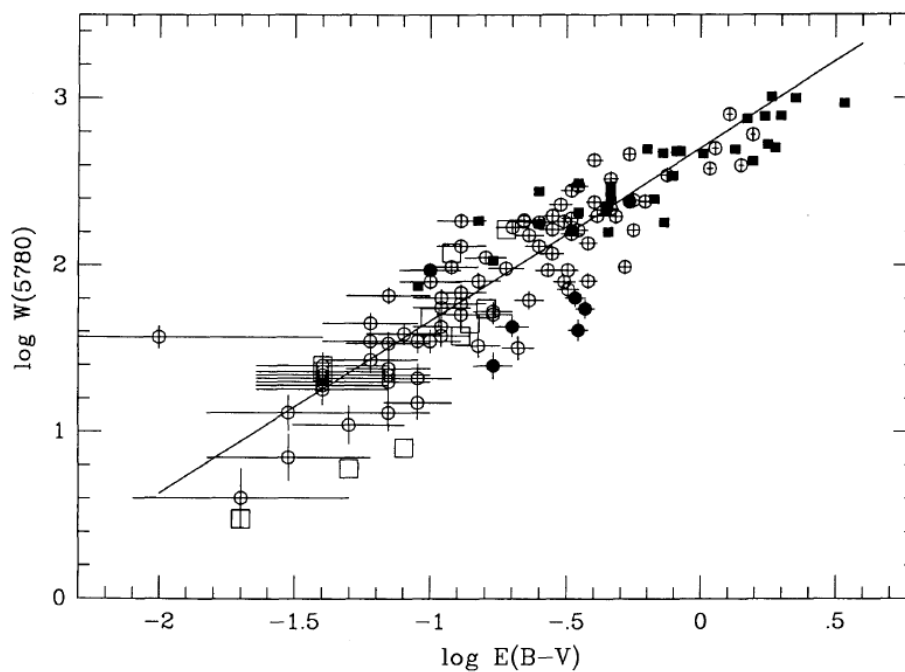


Figura 4.5.: Dependência de  $W(5780)$  com  $E(B - V)$  obtida por Herbig (1993).

### 4.3. Velocidade radial

A velocidade radial de uma estrela pode ser medida com uma alta precisão, com a utilização de espectros de alta resolução. Considerando o efeito Doppler, ela é calculada pela seguinte equação:

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad (4.5)$$

Onde  $\lambda$  é o comprimento de onda observado de uma linha,  $\lambda_0$  é o comprimento de onda medido em laboratório,  $c$  é a velocidade da luz e  $v$  é a velocidade radial.

Se a velocidade radial é positiva o espectro terá um deslocamento para o vermelho, indicando que a fonte e o observador estão se afastando. Se a velocidade radial é negativa o espectro terá um deslocamento para o azul, indicando que a fonte e o observador estão se aproximando.

No caso dos objetos da nossa amostra, devido a ausência de linhas fotosféricas, teremos de utilizar as linhas do vento para o cálculo da velocidade radial, como será descrito no capítulo 6.

### 4.4. O Código Cloudy

As simulações numéricas em astrofísica nos permitem compreender ambientes físicos complexos a partir de condições iniciais dadas. Com essas simulações podemos determinar a natureza dos objetos, comparando por exemplo, a distribuição espectral de energia (SED) observada e perfis de linhas com os resultados de modelos teóricos.

Neste estudo utilizamos o código Cloudy, que é próprio para envoltórias ionizadas e nebulosas planetárias. Ele é projetado para simular as condições físicas dentro de nuvens em condições que vão desde o meio intergaláctico até limites de alta densidade. Cloudy considera a presença de um gás, tanto atômico quanto molecular, e de poeira, calculando a estrutura de ionização de uma nuvem e obtendo o seu espectro observado.

Cloudy necessita dos seguintes parâmetros para poder calcular as condições dentro de uma nuvem:

#### a) *Temperatura*

A temperatura da estrela central precisa ser especificada, pois o código assume a radiação de corpo negro na faixa de temperaturas que se estende desde a temperatura da radiação cósmica de fundo ( $T_{CMB} \sim 2.725\text{K}$ ) até  $10^{10}\text{K}$ .

#### b) *Campo de radiação incidente*

A intensidade ou a luminosidade de campo de radiação que atinge a nuvem deve ser especificada. Esta pode ser interpretada como a luminosidade que irradia do objeto central em um ângulo sólido de  $4\pi\text{sr}$ . Entretanto, o código também é capaz de combinar até 100 campos de radiação diferentes (interestelar, CMB, etc.).

A forma da distribuição espectral de energia (SED) deve ser especificada entre uma energia de  $1.001 \times 10^{-8} Ryd$  até  $7.354 \times 10^6 Ryd$  ( $1Ryb = 0.911267/\lambda$ ).

c) *Composição Química*

Embora a composição química padrão seja a solar, é possível especificar uma composição arbitrária. O código pode considerar até 30 elementos que vão desde átomos até moléculas (H, He, C...etc, H<sub>2</sub>, CO e PAHs). Com relação a poeira, Cloudy dispõe de grãos de silicato e grafite, com tamanhos entre  $0.01\mu m$  e  $10\mu m$ .

d) *Densidade*

A densidade total de hidrogênio é mantida constante ao longo da nuvem, mas esta pode ser alterada e variar como uma lei de potência, dependente da distância como:  $n(r) = n_0(r_0)(r/r_0)^\alpha$ , onde  $n_0$  é a densidade na parte (limite inferior) iluminada da nuvem, ou a densidade inicial em  $r_0$ , onde a nuvem se inicia. Um valor típico de densidade de hidrogênio é de  $\sim 10^5 cm^{-3}$ .

e) *Geometria*

A geometria é sempre 1D esférica, mas o Cloudy também pode assumir uma geometria aberta, isto é, considerando somente uma fração da nebulosa. É necessário assumir um raio interior para a nebulosa, o que normalmente é uma fração de um parsec. Este código assume apenas movimentos térmicos e não existe uma estrutura interna de velocidades, mas também é possível adicionar uma componente de microturbulência.





# 5 Resultados: Perfis das linhas observadas

---

Neste capítulo apresentaremos a descrição dos perfis das linhas que encontramos nos nossos espectros de alta resolução, cujas identificações podem ser vistas no apêndice A. Também apresentaremos a descrição dos espectros públicos dos satélites no IV.

Descreveremos as linhas representativas, que caracterizam os objetos de nossa amostra: as linhas da série de Balmer, a linha em 5876Å do He I, as linhas do Fe II do multiplete 42 (4923Å, 5018Å e 5169Å), as linhas do Na I (5890Å e 5895Å), e diversas linhas proibidas: [Fe II] (7155Å), [O I] (6300Å), [N II] (5755Å), [S II] (6716Å e 6731Å). Também descreveremos linhas de alta ionização que apresentam alguns dos nossos objetos: [S III] (6312Å) e [O III] (4959Å e 5007Å). Além disso, também apresentaremos alguns exemplos de linhas em absorção, como as do Ca I e N II, vistas em nossos objetos.

## 5.1. Tipos de perfis

Através dos espectros de alta resolução dos objetos da nossa amostra, notamos a presença de diferentes perfis para as diversas linhas dos elementos/íons identificados.

- P Cygni

Os perfis P Cygni são indicadores sensíveis de que uma estrela tem perda de massa. Estes perfis mostram uma componente em absorção deslocada para o azul e uma componente em emissão deslocada para o vermelho (figura 5.1). Graças a análise desses perfis foi possível a primeira determinação da taxa de perda de massa para uma estrela (Lamers & Morton 1976).

- Emissão simples.

Estes perfis apresentam somente uma componente (um só pico), sem componentes em absorção. Geralmente são formados nos ventos e envoltórias circunstelares.

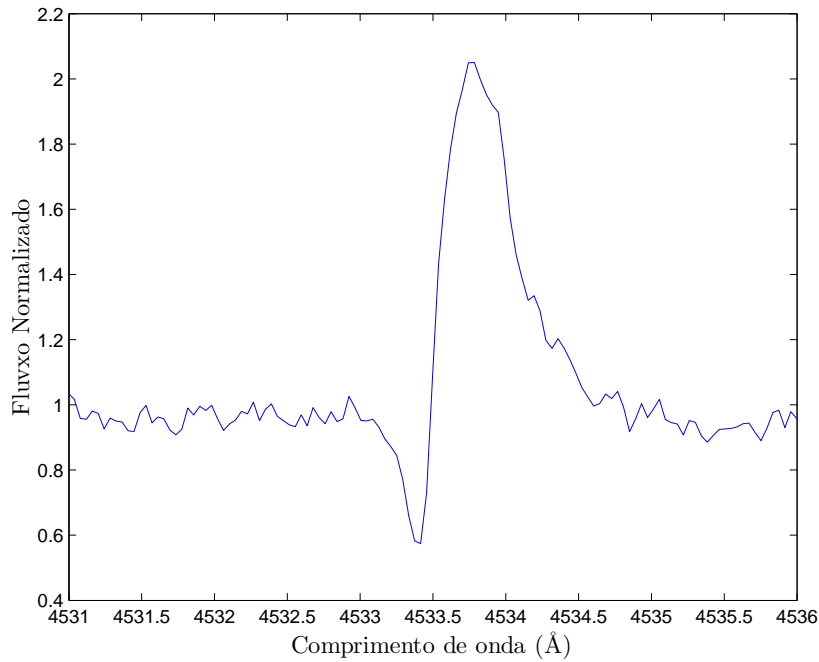


Figura 5.1.: Espectro de alta resolução de Hen 3-938, onde podemos observar o perfil P Cygni da linha de Fe II em 4534Å.

- Emissão com pico duplo.

Um dos possíveis cenários que explicariam a formação deste perfil é o de um disco circumstelar em rotação (Poellitsch 1981). Entretanto, ele também pode ser formado em discos em expansão ou em ventos onde uma parte sensível do material que se afasta está ocultado pela estrela.

- Absorção.

Estes perfis mostram somente uma absorção pura, sem indicação de emissão. Estas linhas são geralmente de natureza fotosférica, mas podem também ser formadas no vento, dependendo da sua opacidade. Também são encontradas linhas em absorção de origem interestelar.

### 5.1.1. Linhas de Balmer

Com relação as linhas de Balmer do hidrogênio presentes nos espectros das estrelas da nossa amostra, temos que os seus perfis são bastante complexos e variam de objeto para objeto.

No caso de Hen 3-938, como vemos na figura 5.2, temos a presença de perfis P Cygni em todas as linhas de Balmer. Elas apresentam um deslocamento para o azul até em torno de  $-50 \text{ km s}^{-1}$  em  $H\alpha$ . Por outro lado, as asas das componentes em absorção se estendem de  $-50 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\eta$ ) até  $-200 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\gamma$ ). Já as asas das componentes em emissão vão desde  $200 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\eta$ ) até  $\sim 1600 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\alpha$ ). As componentes em absorção estão centradas em valores que vão desde  $-10 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\zeta$ ) até  $\sim -60 \text{ km s}^{-1}$  ( $H\alpha$ ). O perfil de  $H\alpha$  em baixa resolução apresentado

por Miroshnichenko et al. (1999), mostra uma emissão em pico simples (figura 3.1), enquanto o perfil de nosso espectro de alta resolução mostra um perfil com pico duplo. Segundo o espectro analisado por Gregorio-Hetem et al. (1992), a largura equivalente de  $H\alpha$  é de  $\sim 77\text{\AA}$ , enquanto que Miroshnichenko et al. (1999) e Sartori et al. (2010) relatam um valor de  $\sim 150\text{\AA}$ . Já Vieira et al. (2011) relatam uma largura equivalente de  $H\alpha$  de  $90\text{\AA}$ . Por outro lado, o nosso espectro FEROS mostra uma largura equivalente de  $H\alpha$  em torno de  $\sim 71\text{\AA}$ , em certa concordância com o valor de Gregorio-Hetem et al. (1992), e também confirmando que essa estrela tem variações em uma escala curta de tempo.

As linhas de Balmer de MWC 939 podem ser divididas em dois grupos: (i) o das linhas de termos mais altos (de  $H\eta$  até  $H\gamma$ ) que parecem apresentar uma emissão com picos múltiplos (apesar disso ser duvidoso devido ao baixo S/N e pouca intensidade dessas linhas), e (ii) o de  $H\beta$  e  $H\alpha$  que claramente apresentam perfis com pico duplo, com  $V/R < 1$ . Vemos também que a absorção central de  $H\beta$  está centrada em  $\sim 25\text{ km s}^{-1}$ , e a de  $H\alpha$  em  $-5\text{ km s}^{-1}$  (figura 5.3). Por outro lado, em  $H\eta$ ,  $H\zeta$ ,  $H\epsilon$ ,  $H\delta$  e  $H\gamma$ , a emissão parece estar sobreposta à uma larga absorção fotosférica, que se estende desde  $-800\text{ km s}^{-1}$  até  $900\text{ km s}^{-1}$  em  $H\eta$  e em  $H\delta$ . Todas as linhas de Balmer estão deslocadas para o vermelho com velocidades em torno de  $10\text{ km s}^{-1}$ . Vale citar, que segundo o espectro analisado por Miroshnichenko (2007), a largura equivalente de  $H\alpha$  é de  $390\text{\AA}$ . Já o nosso espectro FEROS apresenta uma largura equivalente em torno de  $\sim 215\text{\AA}$ .

Hen 3-1191 apresenta perfis com pico simples em  $H\eta$ ,  $H\zeta$ ,  $H\epsilon$ , e  $H\delta$ , e perfis com pico duplo em  $H\beta$  e  $H\alpha$  (figura 5.5). A absorção central destas linhas está centrada entre  $0\text{ km s}^{-1}$  ( $H\beta$ ) e  $-25\text{ km s}^{-1}$  ( $H\alpha$ ). Por outro lado, as asas das linhas em emissão vão desde  $\sim -110\text{ km s}^{-1}$  até  $100\text{ km s}^{-1}$  em  $H\eta$ , e desde  $-1900\text{ km s}^{-1}$  até  $2000\text{ km s}^{-1}$  em  $H\alpha$  (figura 5.6). As linhas de  $H\eta$  ( $-15\text{ km s}^{-1}$ ),  $H\zeta$  ( $-17\text{ km s}^{-1}$ ),  $H\epsilon$  ( $-10\text{ km s}^{-1}$ ),  $H\delta$  ( $-16\text{ km s}^{-1}$ ),  $H\gamma$  ( $-14\text{ km s}^{-1}$ ),  $H\beta$  ( $-12\text{ km s}^{-1}$ ) e  $H\alpha$  ( $-15\text{ km s}^{-1}$ ) mostram um deslocamento para o azul.

As linhas da série de Balmer vistas em Hen 3-1312 são bastante intensas e os seus perfis estão em pico simples (figura 5.7). As asas se estendem desde  $-80\text{ km s}^{-1}$  até  $20\text{ km s}^{-1}$  para  $H\eta$  e desde  $-340\text{ km s}^{-1}$  até  $230\text{ km s}^{-1}$  para  $H\alpha$ . Em  $H\eta$ ,  $H\zeta$ ,  $H\epsilon$ ,  $H\delta$ ,  $H\gamma$  e  $H\beta$  a emissão parece estar sobreposta a uma larga absorção fotosférica (figura 5.8), que se estende desde  $-700\text{ km s}^{-1}$  até  $700\text{ km s}^{-1}$  em  $H\eta$  e em  $H\beta$ . Todas estas linhas mostram um claro deslocamento para o azul com velocidades radiais em torno de  $-60\text{ km s}^{-1}$ .

V704 Cen apresenta intensas linhas de Balmer com perfis em pico simples. As asas da emissão vão desde  $-80\text{ km s}^{-1}$  até  $80\text{ km s}^{-1}$  para  $H\eta$  e desde  $-1500\text{ km s}^{-1}$  até  $1500\text{ km s}^{-1}$  para  $H\alpha$  (figura 5.10). Estas linhas de Balmer também apresentam um deslocamento para o azul, com velocidades em torno de  $-40\text{ km s}^{-1}$  (figura 5.9).

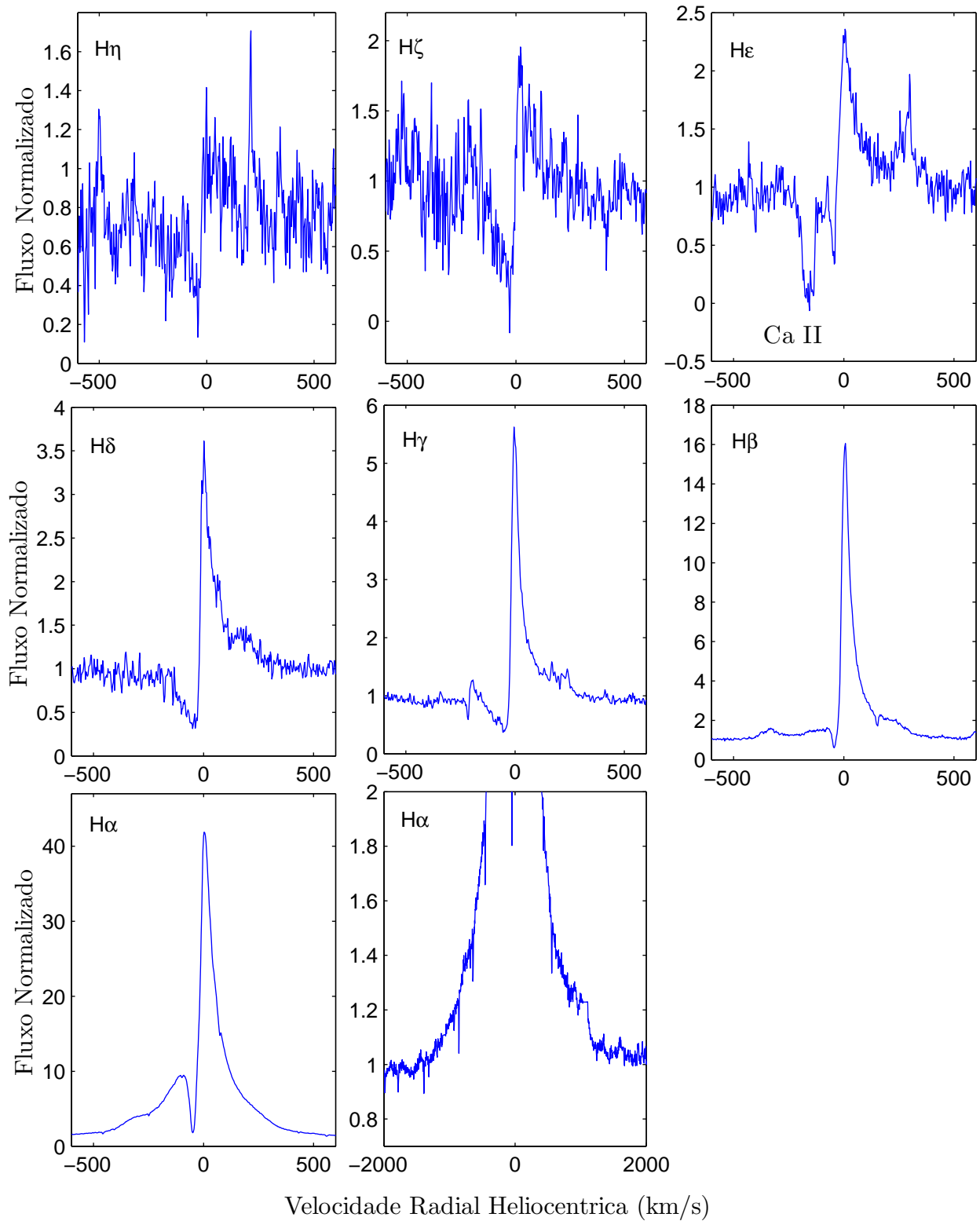


Figura 5.2.: Perfis de linhas da série de Balmer de Hen 3-938. Nas proximidades de  $H\epsilon$  se pode observar a presença de Ca II em absorção.

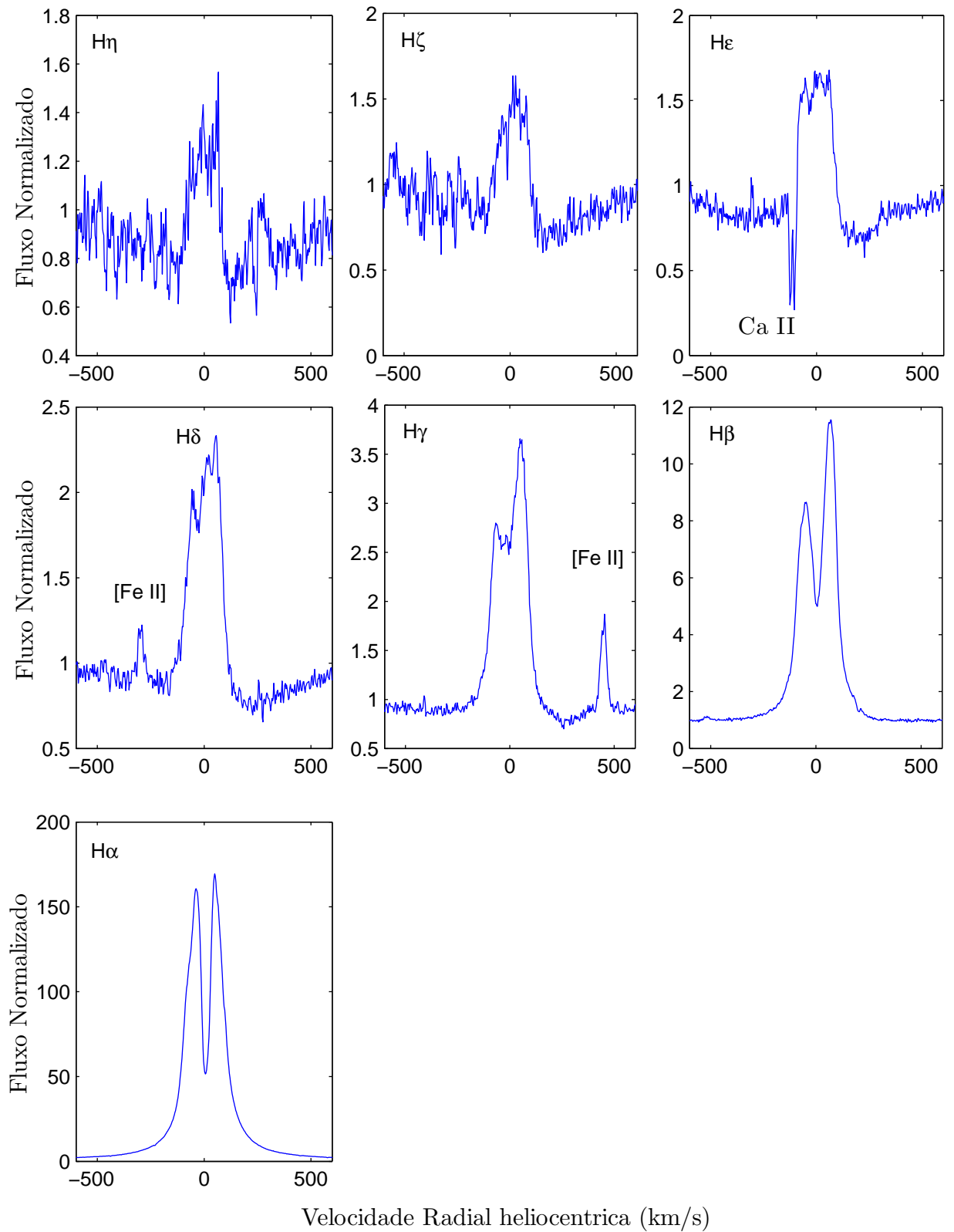


Figura 5.3.: Perfis de linhas da série de Balmer de MWC 939.

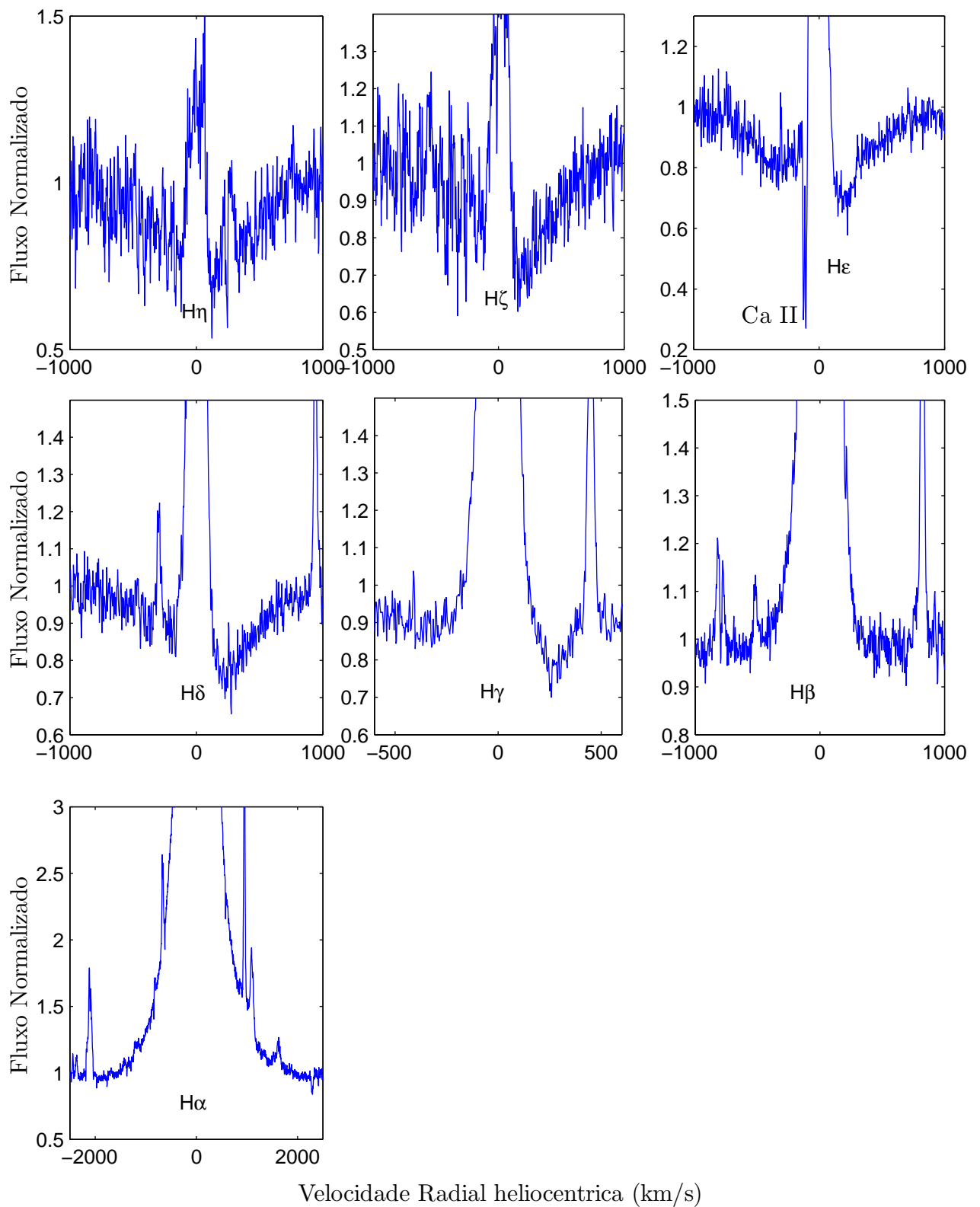


Figura 5.4.: Linhas da série de Balmer de MWC 939, com atenção especial às absorções foto-féricas.

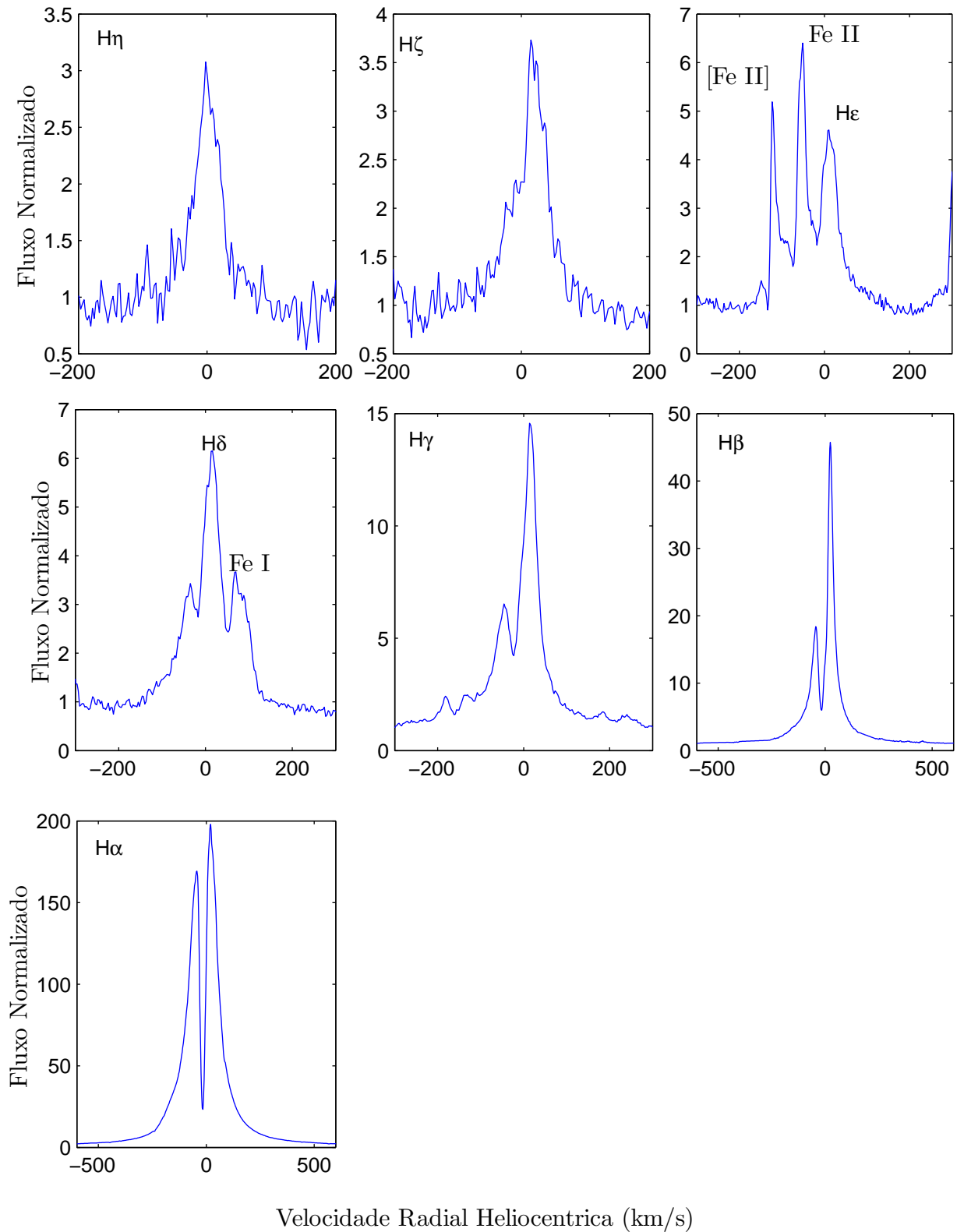


Figura 5.5.: Perfis de linhas da série de Balmer de Hen 3-1191.



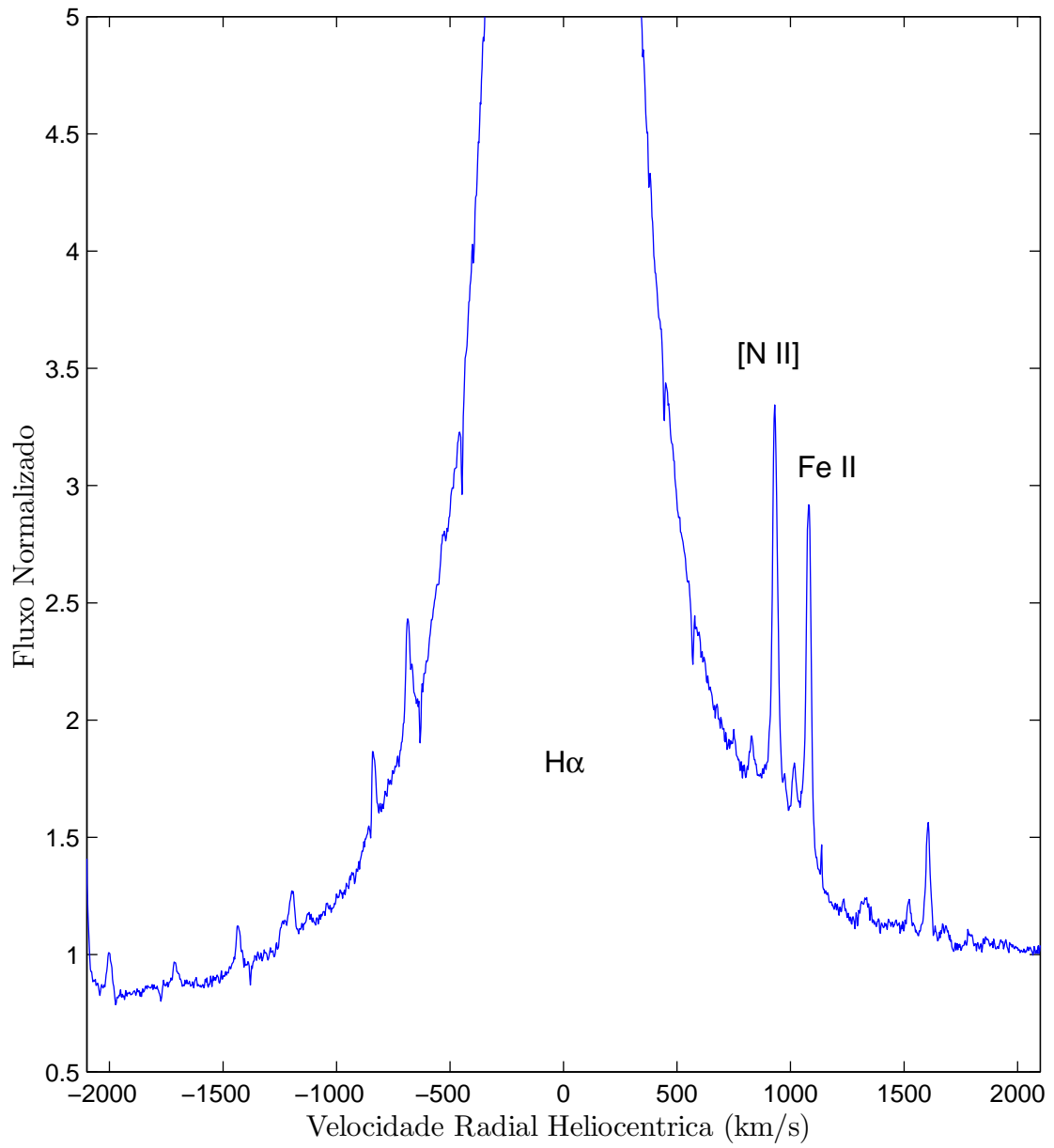


Figura 5.6.: Perfil da linha de  $H\alpha$  de Hen 3-1191.

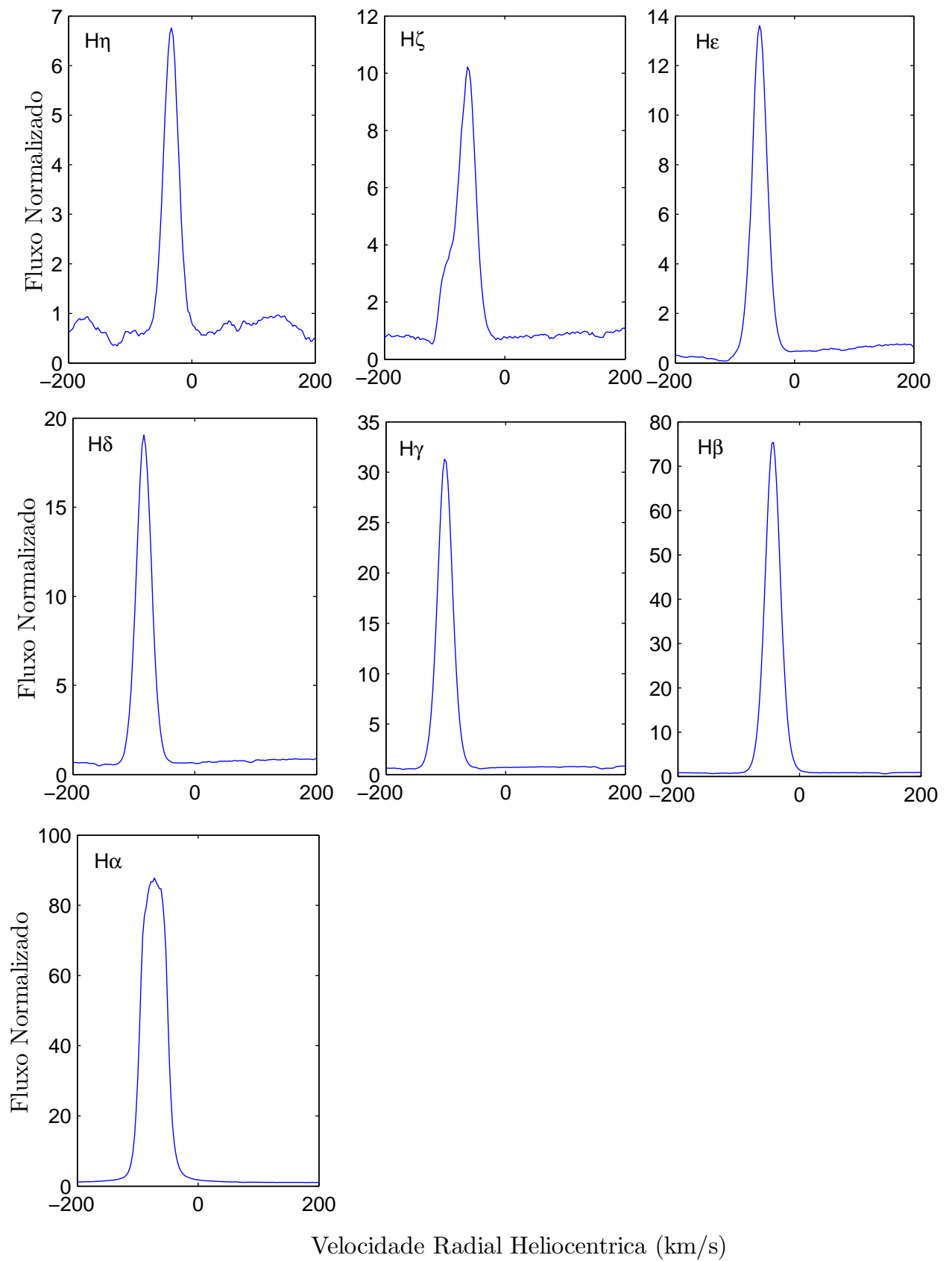


Figura 5.7.: Perfis de linhas da série de Balmer de Hen 3-1312.

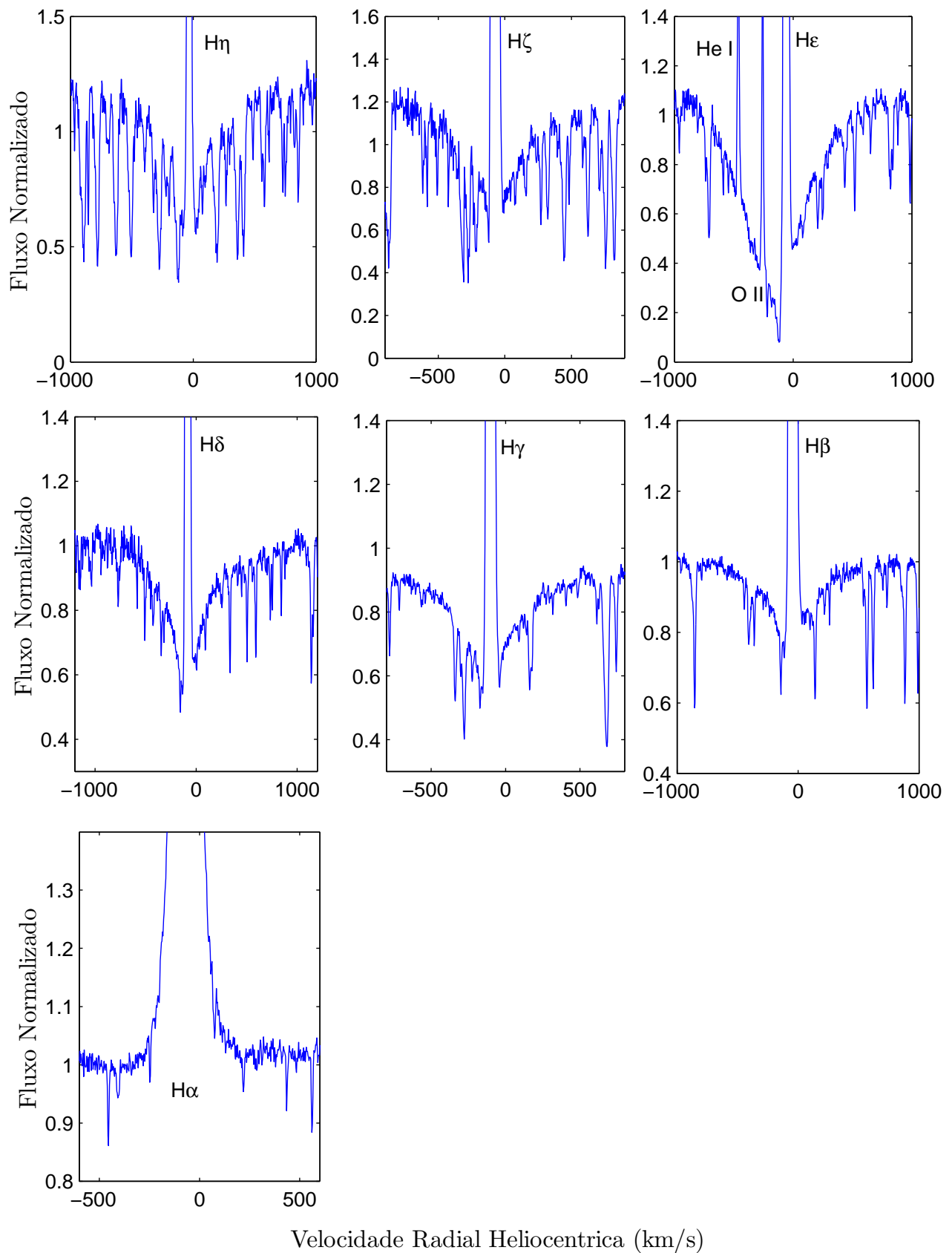


Figura 5.8.: Linhas da série de Balmer de Hen 3-1312, com atenção especial às absorções fotosféricas.

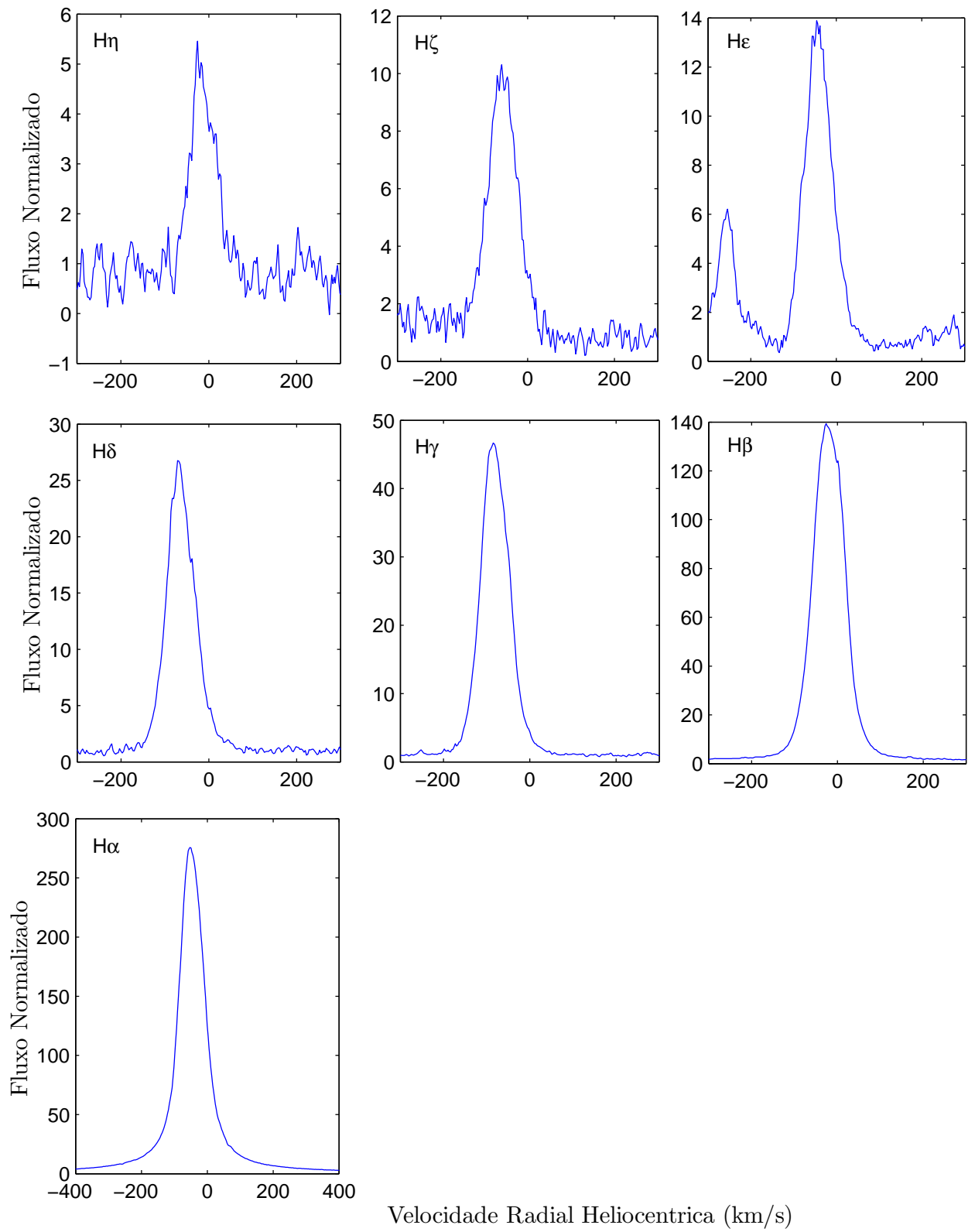


Figura 5.9.: Perfis de linhas da série de Balmer de V704 Cen.

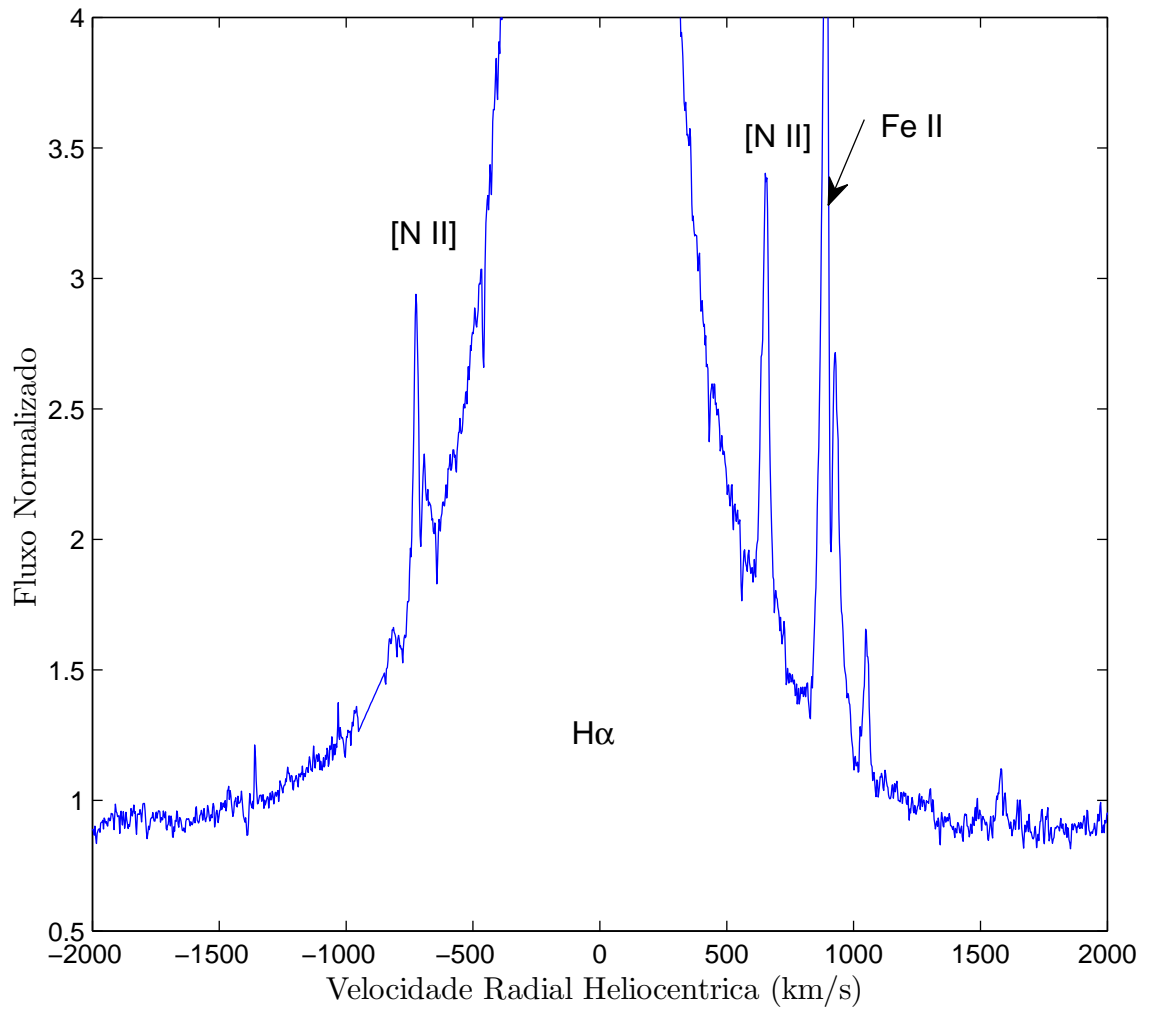


Figura 5.10.: Perfil de  $H\alpha$  de V704 Cen, onde se observam linhas em emissão de [N II] e Fe II.

### 5.1.2. Linhas do He I

Nas figuras 5.11, 5.12 e 5.13 mostramos os perfis da linha do He I em 5876Å e em 6678Å, presentes nos espectros de alta resolução de nossa amostra.

Como podemos observar essas linhas na Hen 3-938 (figura 5.11) apresentam perfis P-Cygni. As asas das componentes em absorção se estendem até em torno de  $-600 \text{ km s}^{-1}$  e estão centradas em  $\sim -200 \text{ km s}^{-1}$ . Já as asas das componentes em emissão de ambas as linhas se estendem até  $\sim 400\text{-}500 \text{ km s}^{-1}$ .

Por sua vez, MWC 939 parece apresentar essas linhas do He I em absorção com asas que estão entre  $-200 \text{ km s}^{-1}$  e  $200 \text{ km s}^{-1}$  (figura 5.12). Por outro lado, Hen 3-1191 não mostra linhas do He I no espectro FEROS.

Na figura 5.13 mostramos os perfis da linha do He I em 5876Å para Hen 3-1312 e V704 Cen. Em V704 Cen, esta linha apresenta um perfil em pico simples, com as asas se estendendo de  $-200 \text{ km s}^{-1}$  até  $100 \text{ km s}^{-1}$ . Já em Hen 3-1312, ela parece apresentar um perfil P Cygni, onde a asa da componente em absorção se estende até  $\sim -120 \text{ km s}^{-1}$  e a asa da componente em emissão vai até em torno de  $-10 \text{ km s}^{-1}$ . Em ambas as estrelas, essa linha está deslocada para o azul, com velocidades radiais de  $\sim -60 \text{ km s}^{-1}$  (Hen 3-1312) e  $\sim -50 \text{ km s}^{-1}$  (V704 Cen). Os nossos espectros FEROS apresentam um total de 10 linhas em emissão He I para Hen 3-1312 e 11 linhas para V704 Cen.

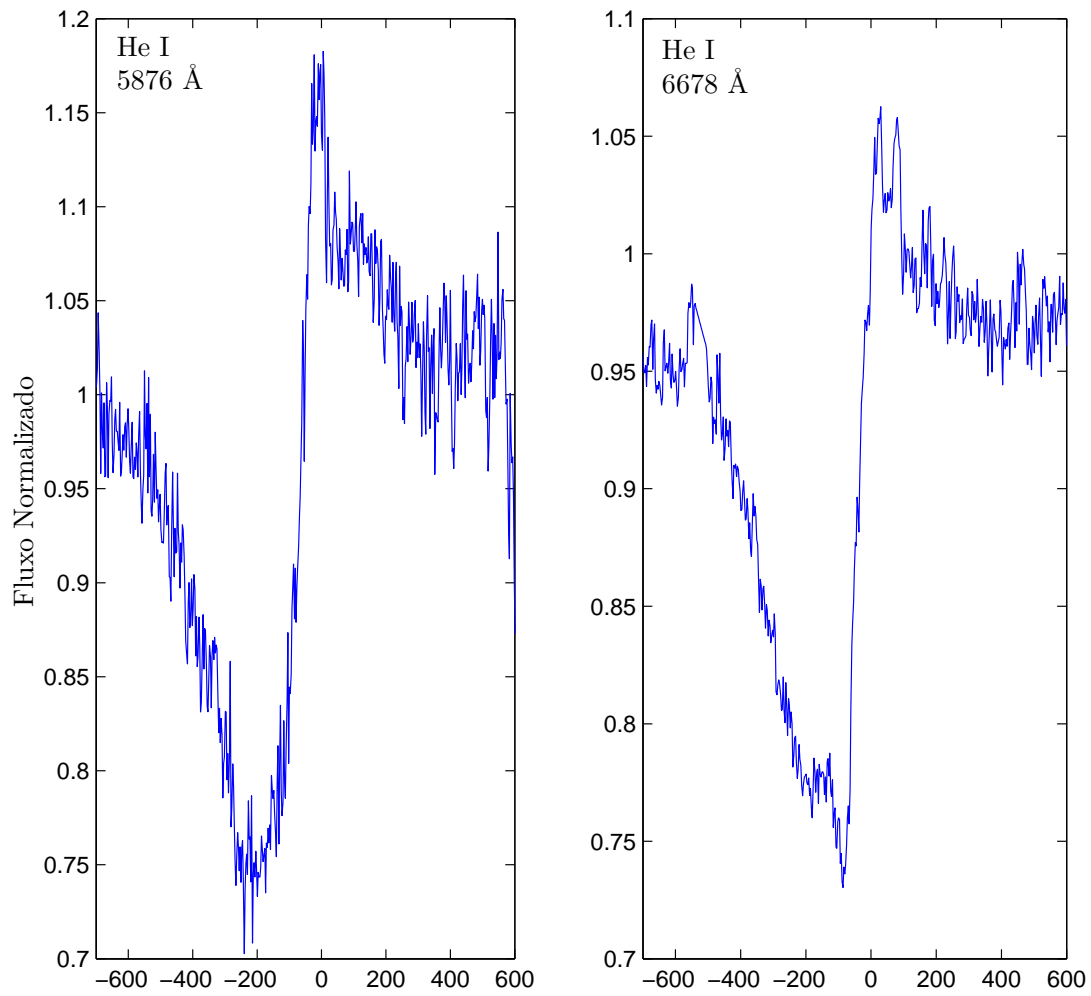


Figura 5.11.: Perfis das linhas do He I em 5876 e 6678Å de Hen 3-938.

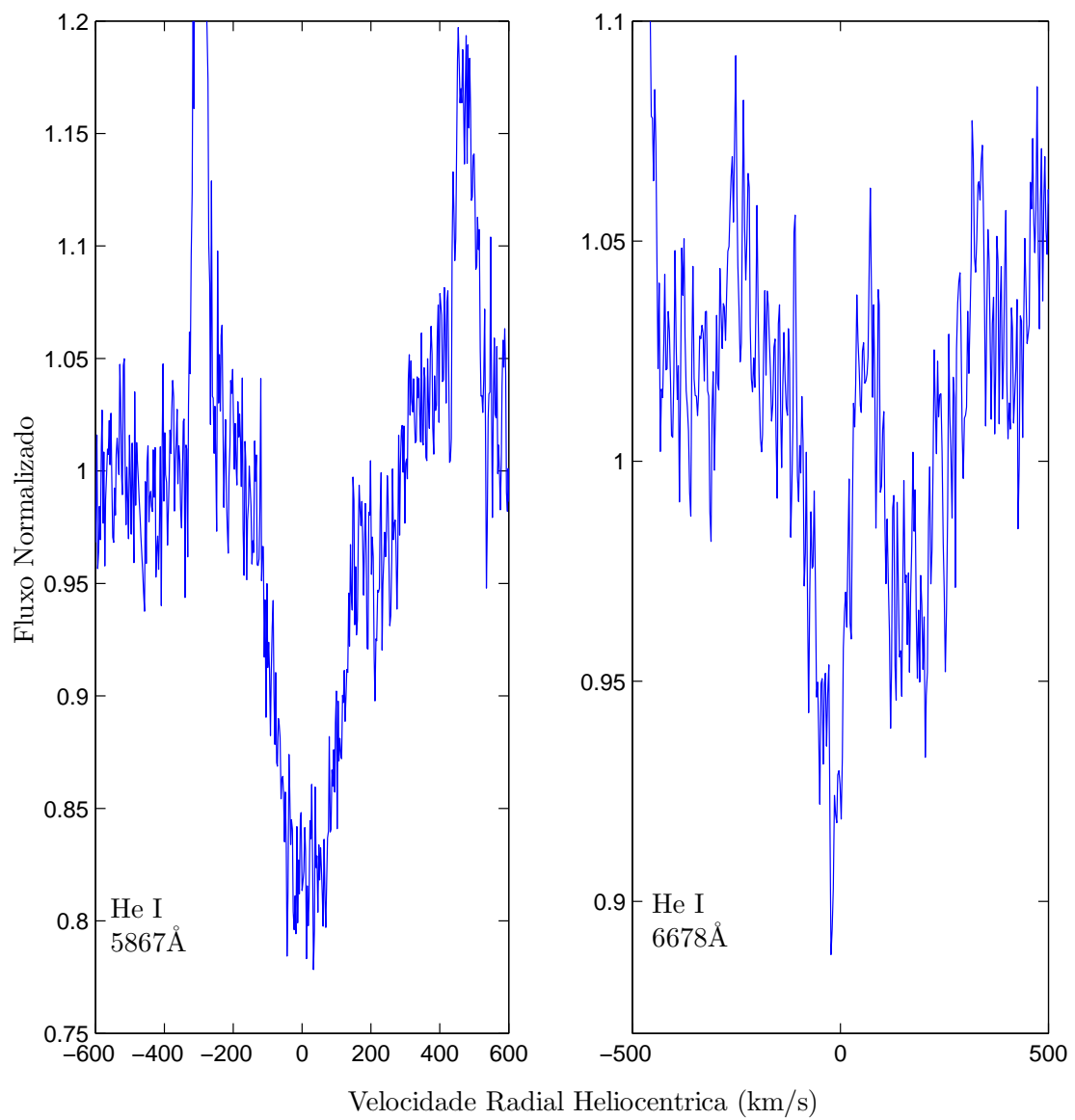


Figura 5.12.: Perfis das linhas do He I em 5876 e 6678Å de MWC 939.



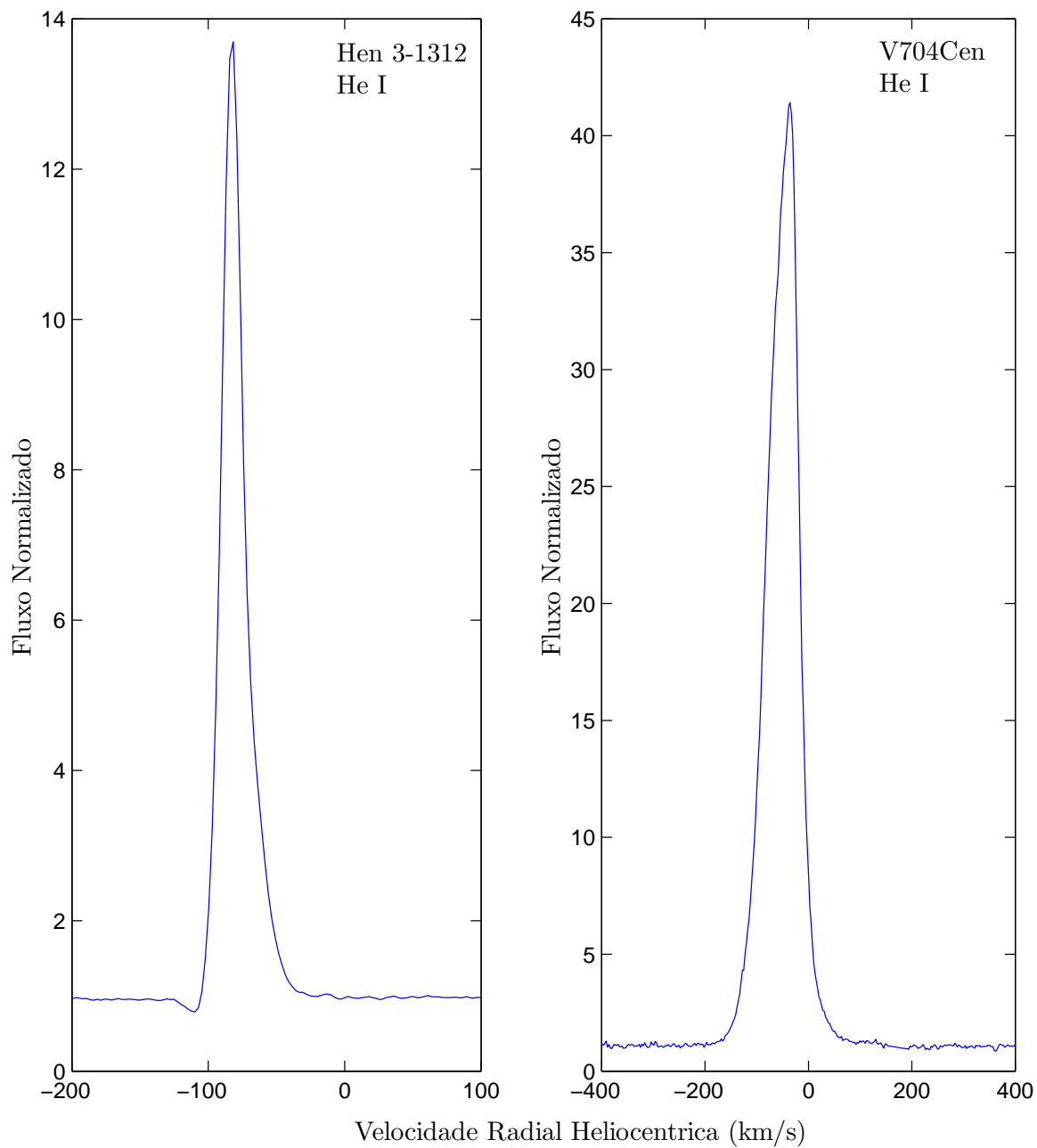


Figura 5.13.: Perfis de linhas em emissão do He I em  $5876\text{\AA}$  presentes em Hen 3-1312 e V704 Cen. Nesta figura podemos notar que Hen 3-1312 parece mostrar um perfil P-Cygni.

### 5.1.3. Linhas do Fe II

Nas figuras 5.14 e 5.15 mostramos as linhas do multipletto 42 do Fe II em 4923Å, 5018Å e 5169Å presentes nos espectros das estrelas da nossa amostra.

Na Figura 5.14, podemos observar que o espectro FEROS de Hen 3-938 apresenta perfis P-Cygni para as 3 linhas do multipletto 42 do Fe II. Neles, as asas das componentes em absorção se estendem até  $\sim -80 \text{ km s}^{-1}$  e as em emissão até  $\sim 200 \text{ km s}^{-1}$ . Linhas de outros multiplettos também estão presentes em emissão, mas não em perfil P-Cygni. Na realidade o nosso espectro FEROS é dominado por essas linhas, que são bastante numerosas, tendo cerca de 85 linhas em emissão do Fe II identificadas.

Na mesma figura, podemos notar que MWC 939 apresenta perfis em emissão com pico duplo nas linhas do multipletto 42 do Fe II, o mesmo ocorrendo em outras linhas do Fe II de diferentes multiplettos, indicando que este objeto possui um disco CS. No caso das linhas do multipletto 42, notamos que as asas em emissão se estendem desde  $-100 \text{ km s}^{-1}$  até  $\sim 110 \text{ km s}^{-1}$ , e apresentam um deslocamento para o vermelho com velocidades em torno de  $9\text{-}10 \text{ km s}^{-1}$  (figura 5.14).

Já Hen 3-1191 apresenta as linhas do multipletto 42 muito intensas e com perfis em emissão com pico simples (figura 5.14). Essas linhas têm um deslocamento para o azul em torno de  $-10 \text{ km s}^{-1}$  e as suas asas se estendem desde  $-190 \text{ km s}^{-1}$  até  $160 \text{ km s}^{-1}$ . Por outro lado, observamos que outras linhas do Fe II apresentam tanto perfis P-Cygni (4173, 4233, 4549Å) quanto picos duplos.

Hen 3-1312 é o único objeto da nossa amostra que apresenta as linhas do multipletto 42 em absorção (figura 5.15). As asas dessas linhas se estendem desde  $-120 \text{ km s}^{-1}$  até  $-25 \text{ km s}^{-1}$ , sendo que elas têm um deslocamento para o azul em torno de  $-65 \text{ km s}^{-1}$ . Entretanto, [Pereira \(2004\)](#) não menciona a presença de linhas em absorção deste multipletto no seu espectro de baixa resolução. É curioso também citar, que outras linhas do Fe II no nosso espectro estão em emissão com picos simples (como por exemplo 4713Å e 8829Å).

V704 Cen apresenta linhas de Fe II do multipletto 42 em emissão com perfis de pico simples (figura 5.15), onde as asas se estendem desde  $-80 \text{ km s}^{-1}$  até  $-5 \text{ km s}^{-1}$ . Além disso, também é notado um deslocamento para o azul com velocidade em torno de  $-35 \text{ km s}^{-1}$ . Outras linhas do Fe II no nosso espectro apresentam também perfis com picos simples.

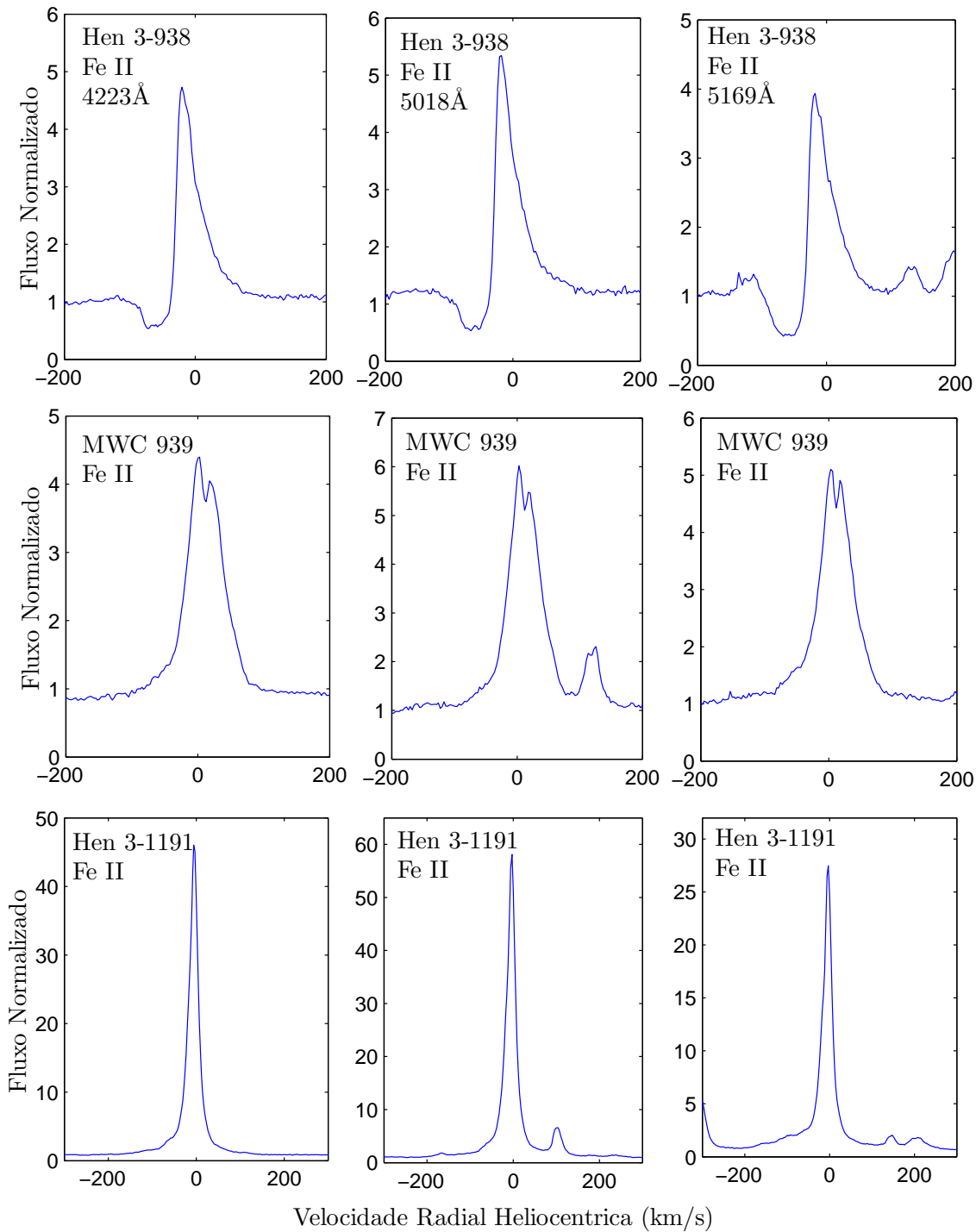


Figura 5.14.: Linhas do multipletto 42 do Fe II em 4923Å, 5018Å, 5169Å, presentes no espectro FEROS de Hen 3-938, MWC 939 e Hen 3-1191.

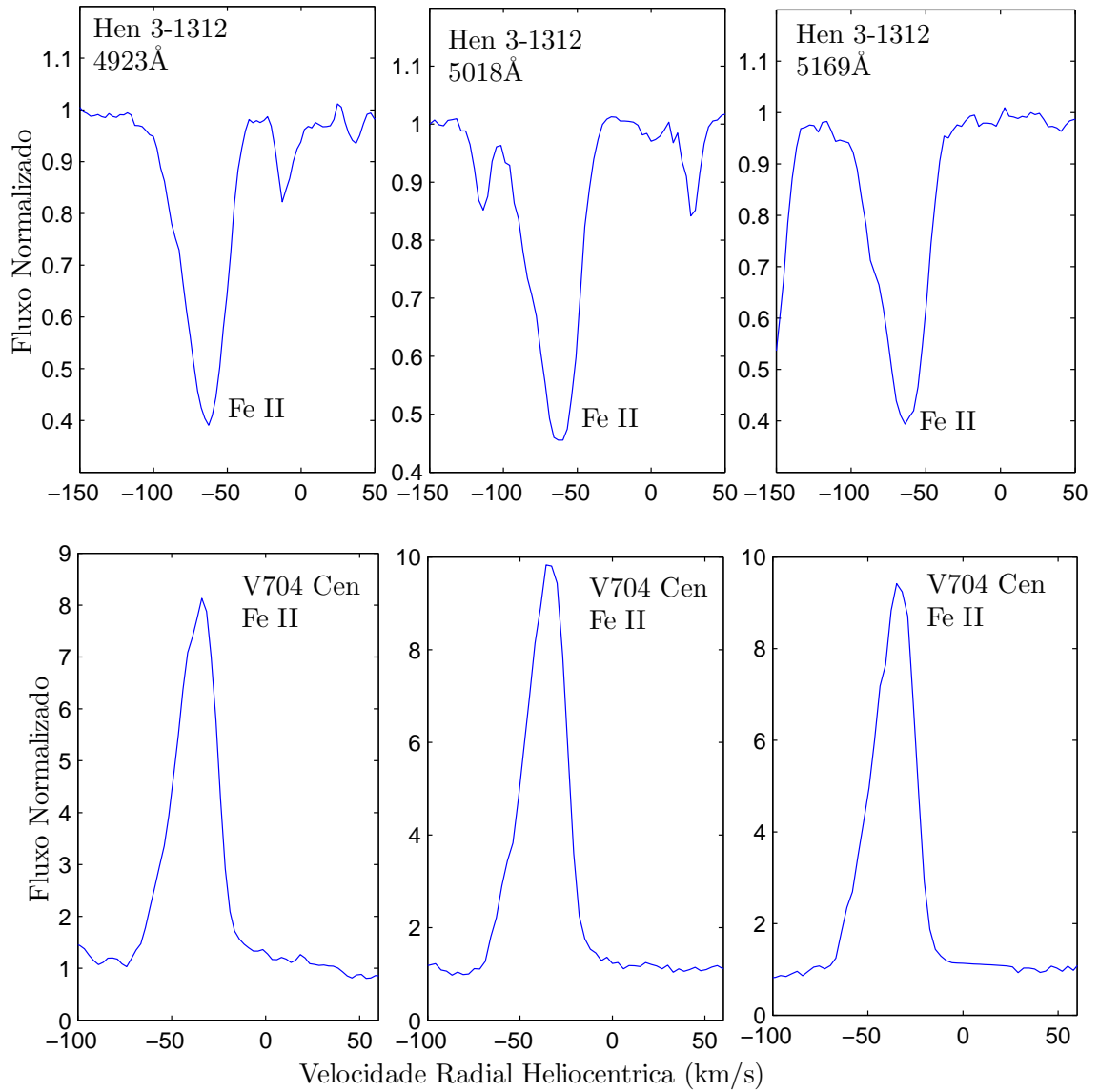


Figura 5.15.: Linhas do multiplete 42 do Fe II em 4923Å, 5018Å, 5169Å, presentes no espectro FEROS de Hen 3-1312 e V704 Cen.

### 5.1.4. Linhas do Na I

Na figura 5.16 apresentamos as linhas do duplete do Na I em  $5890\text{\AA}$  e  $5895\text{\AA}$ . Podemos notar que Hen 3-938, MWC 939, Hen 3-1191 e V704 Cen apresentam claramente além da absorção interestelar, uma componente em emissão e outra em absorção que são de origem CS. Já Hen 3-1312 apresenta além da absorção de origem interestelar, outras 3 componentes em absorção, que podem ser de origem CS.

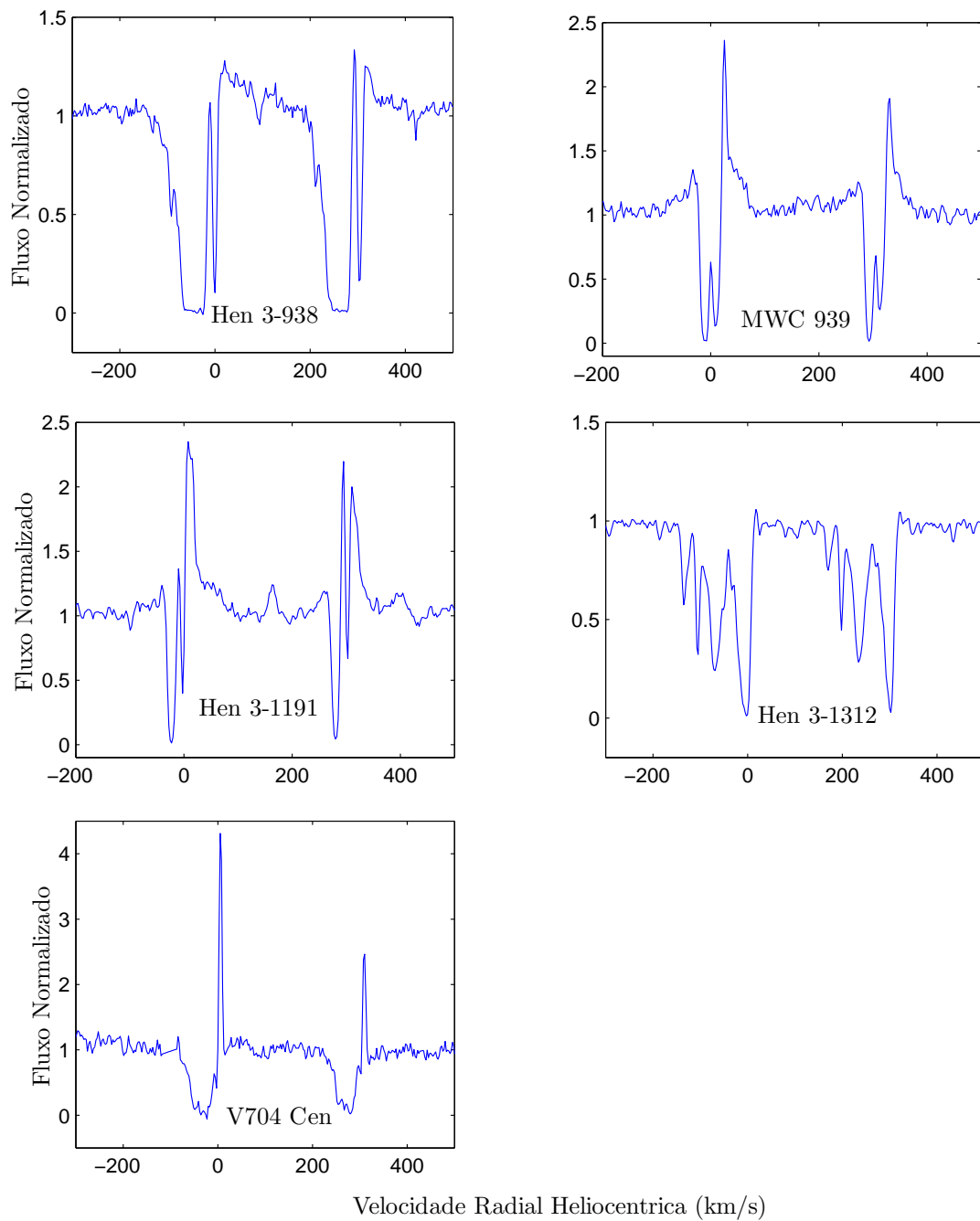


Figura 5.16.: Perfis das linhas de Na I em  $5890\text{\AA}$  e  $5895\text{\AA}$ , para as 5 estrelas da nossa amostra.

### 5.1.5. Linhas do [Fe II]

Na figura 5.17 apresentamos as linhas proibidas do [Fe II] em 7155Å presentes nos espectros da nossa amostra de objetos. A presença desta e de outras linhas proibidas do Fe II é uma das características definidoras dos objetos com fenômeno B[e].

No caso de Hen 3-938, esta linha está em emissão com pico simples, com um deslocamento para o azul em torno de  $-20 \text{ km s}^{-1}$  e com asas que se estendem de  $-60 \text{ km s}^{-1}$  até  $20 \text{ km s}^{-1}$  (figura 5.17). Vale citar que no espectro de baixa resolução descrito por Miroshnichenko et al. (1999), somente 2 linhas de [Fe II] foram identificadas, enquanto no nosso espectro FEROS, encontramos 24 linhas de [Fe II], todas estas apresentando perfis de pico simples.

Já em MWC 939, essa linha apresenta o perfil em pico duplo, com  $V/R < 1$ , e com um deslocamento para o vermelho em torno de  $10 \text{ km s}^{-1}$ . Esta linha apresenta asas em torno de  $-50 \text{ km s}^{-1}$  até  $100 \text{ km s}^{-1}$ . Outras linhas de [Fe II] também apresentam perfis com pico duplo (4177, 4276, 4358 e 5199Å, etc.), ao contrário do que citam outros autores, como Allen and Swings (1976), Vijapurkar et al. (1998) e Gauba et al. (2003), que também relataram a presença de intensas linhas em emissão de [Fe II], mas em pico simples, provavelmente devido a uma mais baixa resolução espectral.

Hen 3-1191, por sua vez, apresenta essa linha com um perfil com pico simples e bem intensa, em concordância com o citado por Allen and Swings (1976), Vijapurkar et al. (1998) e Gauba et al. (2003). Essa linha tem um deslocamento para o azul com uma velocidade de  $-7 \text{ km s}^{-1}$  e asas que se estendem de  $-150 \text{ km s}^{-1}$  a  $190 \text{ km s}^{-1}$ .

Para Hen 3-1312, vimos a presença desta linha em emissão com picos múltiplos. Entretanto, essa descrição é afetada pela baixa intensidade desta linha e pelo baixo S/N ruído do nosso espectro. Essa linha tem também um deslocamento para o azul com uma velocidade de  $\sim -60 \text{ km s}^{-1}$  e asas que se estendem de  $-90 \text{ km s}^{-1}$  a  $-30 \text{ km s}^{-1}$ . Outras 3 linhas do [Fe II] são vistas no nosso espectro FEROS e estão em emissão com pico simples em 3712Å, 5006Å e 8446Å.

Já V704 Cen apresenta essa linha com perfil em pico simples, estando deslocada para o azul, com uma velocidade radial de  $\sim -35 \text{ km s}^{-1}$ , e com asas que se estendem de  $-80 \text{ km s}^{-1}$  a  $-5 \text{ km s}^{-1}$ . Notamos também a presença de outras linhas de [Fe II], que estão também em emissão com pico simples (4276, 4357, 4889, 5111, 5333 e 5376Å).

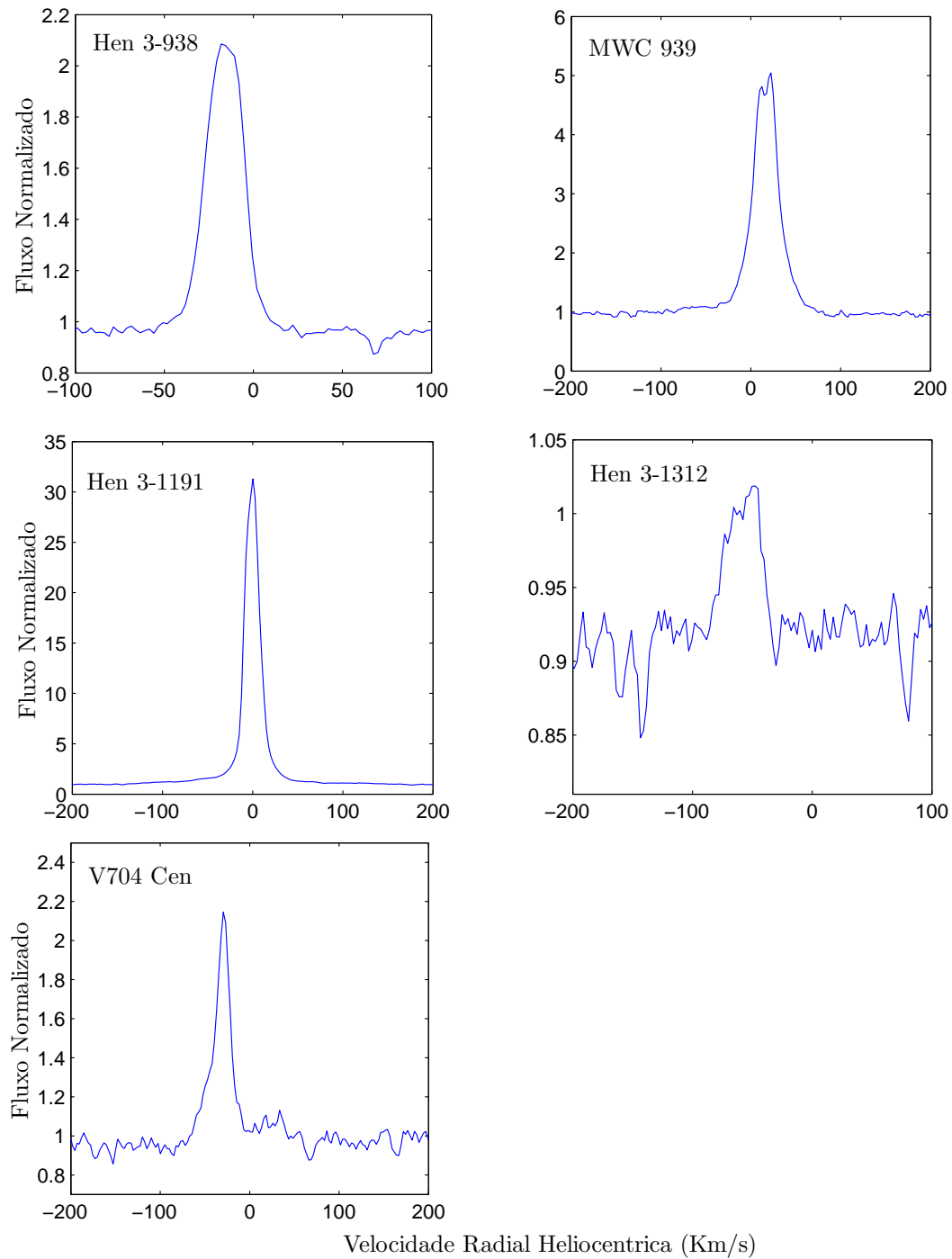


Figura 5.17.: Perfis da linha proibida do [Fe II] em 7155Å presentes nos espectros FEROS da nossa amostra de objetos.

### 5.1.6. Linhas do [O I]

Na figura 5.18 podemos ver que as linhas proibidas do O I estão presentes em todos os nossos objetos, confirmando uma das características espectrais mais definidoras das estrelas que apresentam o fenômeno B[e].

No caso de Hen 3-938, as linhas em 5577, 6300 e 6363 Å apresentam perfis em emissão com pico simples. No caso específico da linha em 6300 Å, as suas asas se estendem de  $\sim -100 \text{ km s}^{-1}$  a  $130 \text{ km s}^{-1}$ , com um deslocamento para o azul em torno de  $-10 \text{ km s}^{-1}$ .

MWC 939 apresenta intensas linhas do [O I], como também relatado por Gauba et al. (2003), em pico duplo com  $V/R \sim 1$  e com as asas se estendendo de  $-60 \text{ km s}^{-1}$  a  $120 \text{ km s}^{-1}$ .

Na mesma figura podemos ver que Hen 3-1191 apresenta as linhas do [O I] com perfis em pico simples também muito intensos. No caso da linha em 6300 Å, as asas estão em torno de  $-140 \text{ km s}^{-1}$  a  $170 \text{ km s}^{-1}$ , com um deslocamento para o vermelho em torno de  $15 \text{ km s}^{-1}$ .

Hen 3-1312 apresenta a linha em 6300 Å com um perfil de pico duplo, onde  $V/R < 1$ , asas que se estendem de  $-90 \text{ km s}^{-1}$  a  $-10 \text{ km s}^{-1}$ , e com uma absorção central em  $-65 \text{ km s}^{-1}$ . Esta linha tem um deslocamento para o azul em torno de  $-50 \text{ km s}^{-1}$ . Nesse objeto só observamos a presença de uma única outra linha de [O I] em 6363Å.

Finalmente no caso de V704 Cen, a linha de [O I] em 6300 Å apresenta um perfil com pico simples, onde as asas estão em torno de  $-70 \text{ km s}^{-1}$  e  $40 \text{ km s}^{-1}$ . Esta linha tem um deslocamento para o azul em torno de  $-40 \text{ km s}^{-1}$ .



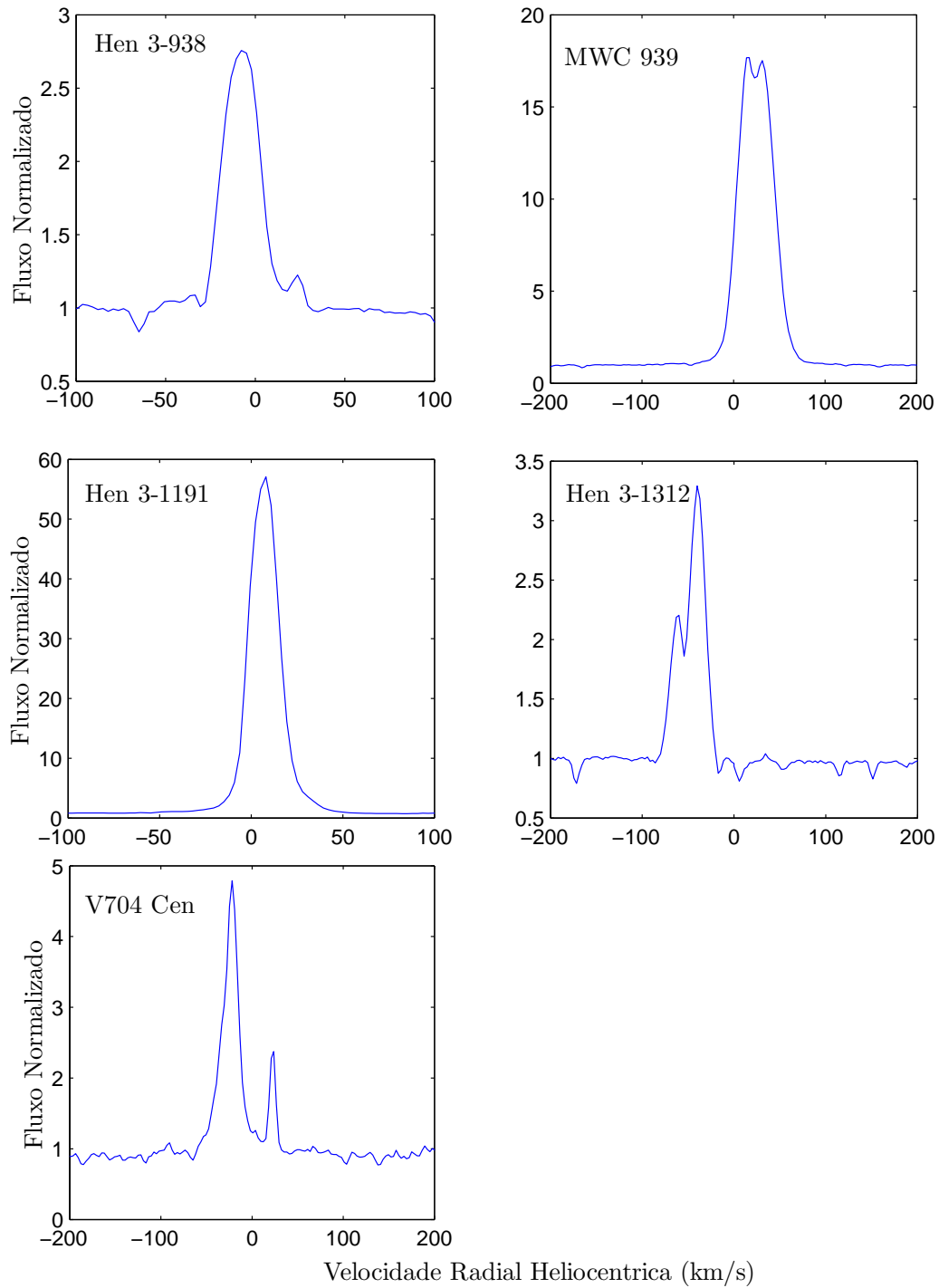


Figura 5.18.: Linhas do [O I] em 6300Å presente nos espectros dos objetos da nossa amostra.

### 5.1.7. Linhas do [N II]

A linha de [N II] em 5755 Å está presente nos objetos MWC 939, Hen 3-1191, Hen 3-1312 e V704 Cen, como podemos ver na figura 5.19.

MWC 939 apresenta esta linha aparentemente com perfil de picos múltiplos. Entretanto, essa descrição é incerta devido à baixa intensidade desta linha e ao baixo S/N do nosso espectro. As asas desta linha se estendem desde  $-75 \text{ km s}^{-1}$  a  $70 \text{ km s}^{-1}$ , com um leve deslocamento para o azul, em torno de  $\sim -5 \text{ km s}^{-1}$ . Essa é a única linha do [N II] presente no nosso espectro FEROS.

Já o perfil da linha de [N II] presente em Hen 3-1191 é caracterizado por um pico simples, com um deslocamento para o azul em torno de  $-30 \text{ km s}^{-1}$ . Já as asas se estendem desde  $-150 \text{ km s}^{-1}$  até  $50 \text{ km s}^{-1}$ . Também observamos a presença de outras linhas de [N II] em 6548Å e 6583Å.

A linha em 5755 Å presente na Hen 3-1312 também mostra um pico simples, apresentando claramente um deslocamento para o azul em torno de  $-75 \text{ km s}^{-1}$ . As asas desta linha vão desde  $-140 \text{ km s}^{-1}$  até  $-40 \text{ km s}^{-1}$ . Nessa estrela também observamos outras duas linhas do [N II] em 6548 e 6583Å.

Nas figura 5.19 observamos também o perfil da linha de [N II] visto em V704 Cen: pico simples. Essa linha também apresenta um deslocamento para o azul, com velocidade de  $-70 \text{ km s}^{-1}$ . Enquanto as asas vão desde  $-100 \text{ km s}^{-1}$  até  $-50 \text{ km s}^{-1}$ . As linhas de [N II] em 6548 Å e 6583 Å também são vistas.

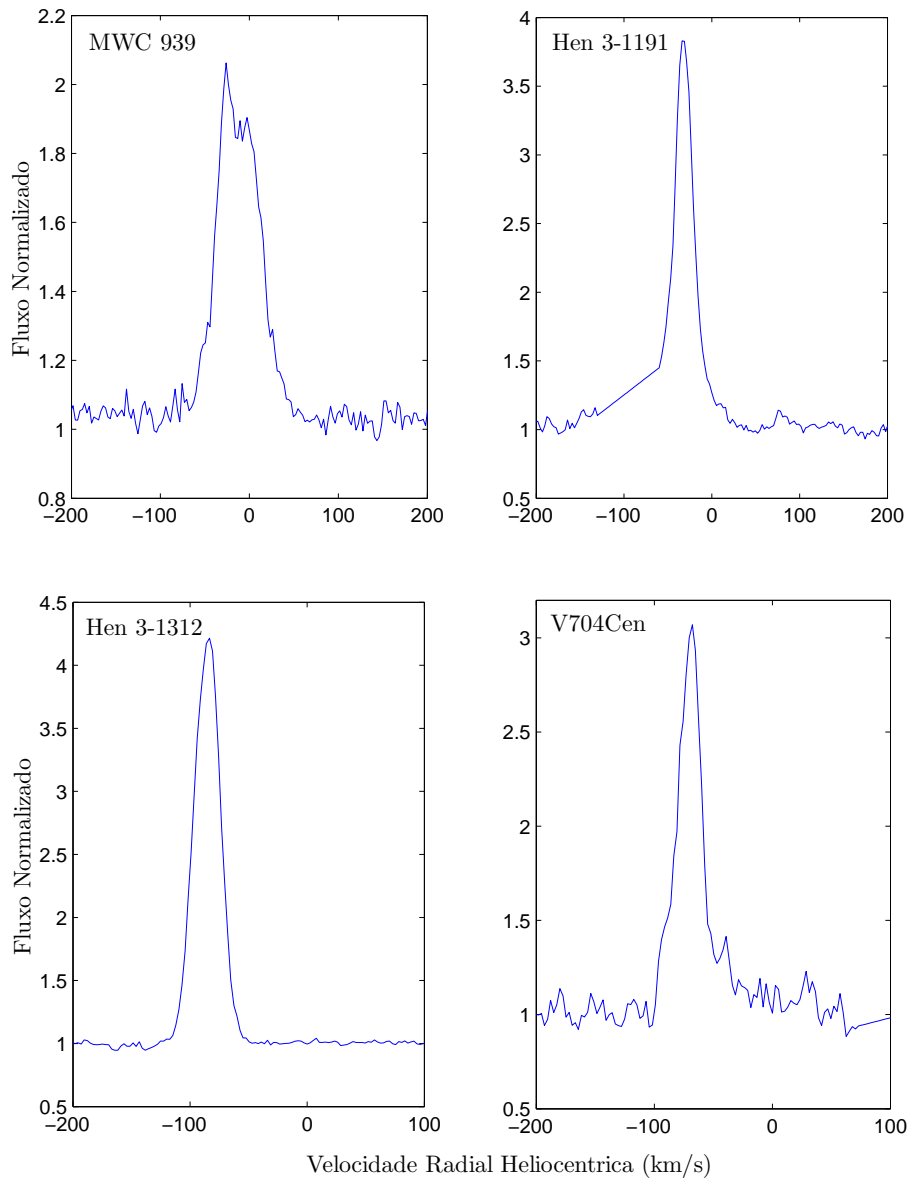


Figura 5.19.: Perfis da linha do [N II] em 5755Å, presentes na nossa amostra de objetos.

### 5.1.8. Linhas do [N III]

Na figura 5.20, vemos a linha de alta ionização do [N III] em  $6312\text{\AA}$ , que está em emissão em dois objetos: Hen 3-1312 e V704 Cen.

Esta linha apresenta perfil com pico simples em ambos os objetos, com um deslocamento para o azul em torno de  $\sim -80\text{ km s}^{-1}$  (Hen 3-1312) e  $\sim -50\text{ km s}^{-1}$  (V704 Cen). Já as asas desta linha em Hen 3-1312 se estendem de  $-100\text{ km s}^{-1}$  a  $-20\text{ km s}^{-1}$ , e em V704 Cen de  $-150\text{ km s}^{-1}$  a  $100\text{ km s}^{-1}$ .

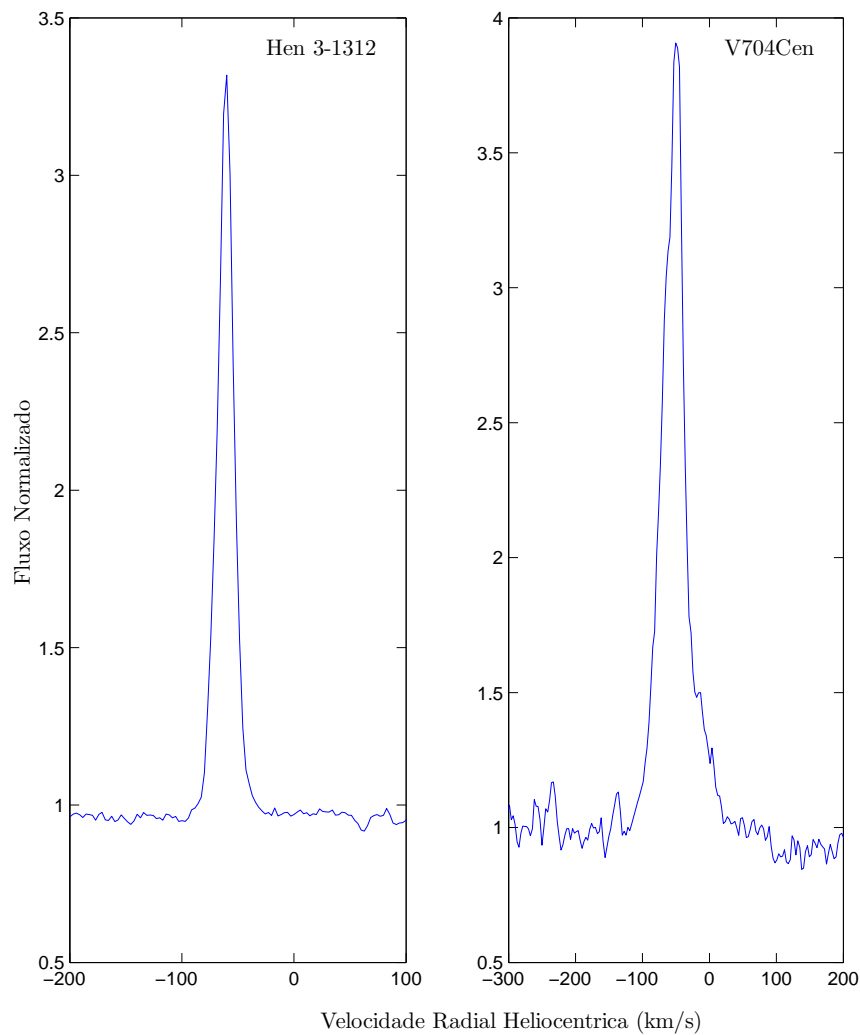


Figura 5.20.: Perfis da linha de alta ionização do [N III] em  $6312\text{\AA}$  presente na Hen 3-1312 e na V704 Cen.

### 5.1.9. Linhas do [O III]

Nas figuras 5.21 e 5.22 podemos observar as linhas de alta ionização em emissão do [O III] presentes nos espectros de Hen 3-1312 e V704 Cen em 4959Å e 5007Å.

As linhas do [O III] de Hen 3-1312 (figura 5.21) apresentam perfis com pico simples muito intensos, deslocados para o azul com velocidades de  $\sim -70 \text{ km s}^{-1}$  para ambas as linhas.

Na figura 5.22 vemos que as linhas presentes em V704 Cen em 4959Å e 5007Å, possuem perfis em picos duplos, com  $V/R > 1$ , deslocados para o azul com velocidades de  $\sim -75 \text{ km s}^{-1}$ . Por outro lado, as asas vão desde  $-220 \text{ km s}^{-1}$  até  $120 \text{ km s}^{-1}$  com uma absorção central em  $-35 \text{ km s}^{-1}$ .

Ambas as estrelas também apresentam a linha do [O III] em 4363 Å com perfis similares ao das outras 2 linhas citadas acima.

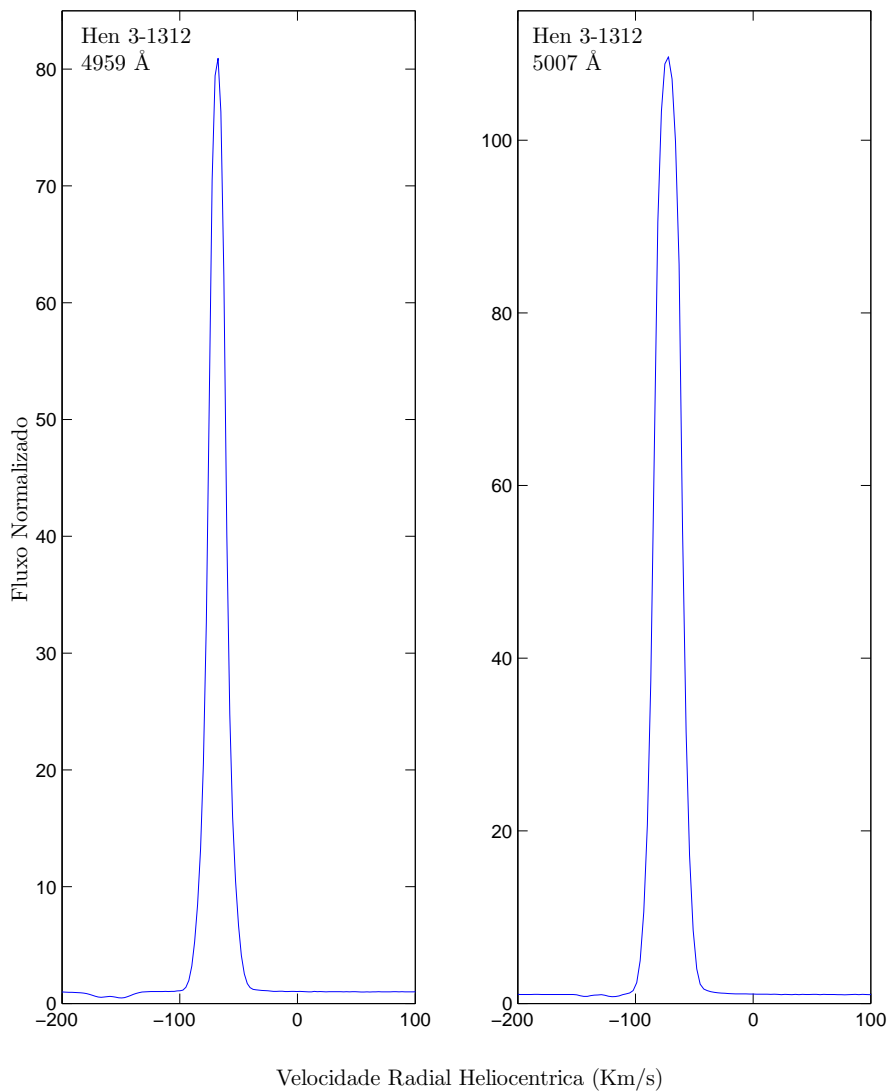


Figura 5.21.: Perfis das linhas do [O III] em 4959Å e 5007Å vistos na Hen 3-1312.

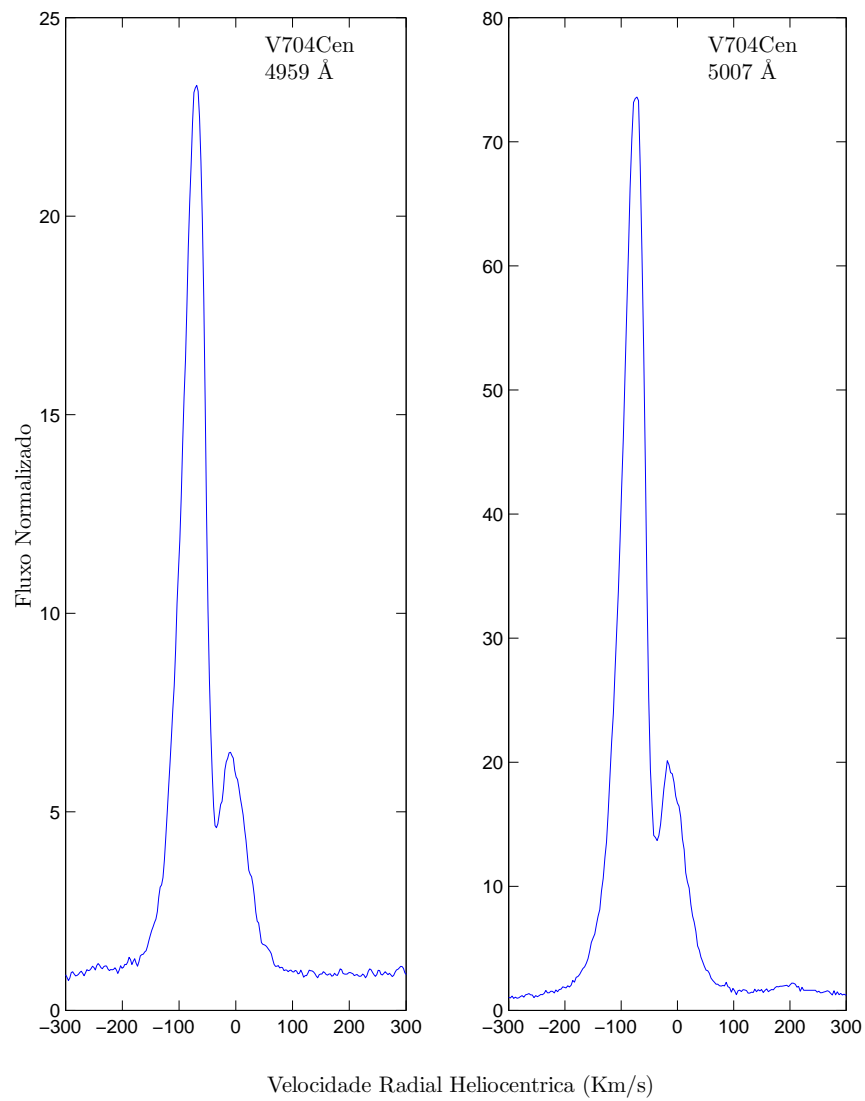


Figura 5.22.: Perfis das linhas do [O III] em 4959Å e 5007Å vistos em V704 Cen.

### 5.1.10. Linhas em Absorção

#### Linhas do N II

Nos espectros FEROS também observamos linhas em absorção do N II, sendo que a linha em  $6533\text{\AA}$  está presente em 3 de nossos objetos: Hen 3-938, Hen 3-1191 e V704 Cen (figura 5.23).

Para Hen 3-938, as asas estão entre  $-35\text{ km/s}$  e  $-10\text{ km/s}$ , com um deslocamento para o azul em torno de  $-20\text{ km/s}$ . Já para Hen 3-1191, podemos observar que existe um deslocamento de  $\sim -10\text{ km/s}$ , com as asas entre  $-20\text{ km/s}$  até  $-5\text{ km/s}$ . Para V704 Cen, esta linha está misturada com outra linha, apresentando um deslocamento de  $-30\text{ km/s}$ .

Por outro lado, para Hen 3-1312 não observamos essa linha do N II em  $6533\text{\AA}$ , mas observamos outras linhas deste íon, como por exemplo em  $4654\text{\AA}$  e  $5012\text{\AA}$ . Já para MWC 939 não observamos nenhuma linha em absorção do N II.

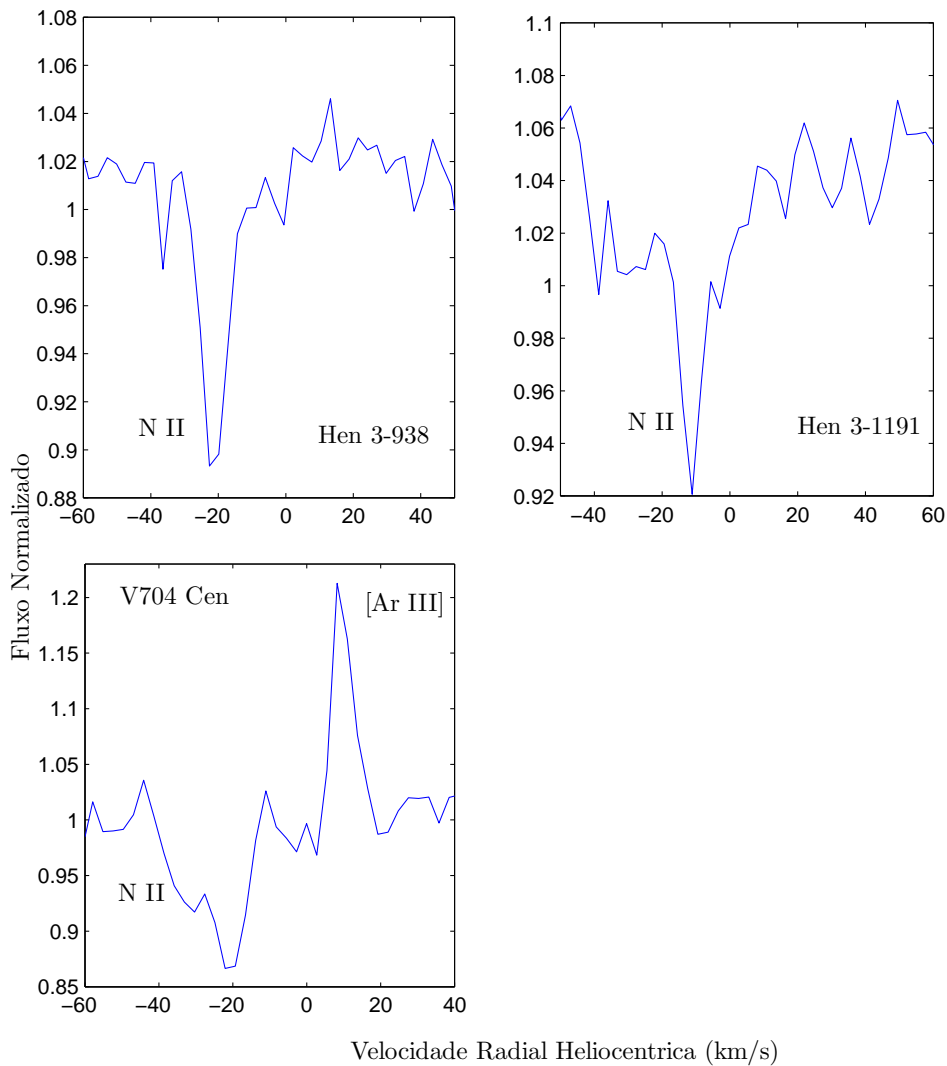


Figura 5.23.: Linha em absorção do N II em  $6533\text{\AA}$ , presentes nos nossos objetos.

## Linhas de Ca I

Na figura 5.24 mostramos uma das linhas em absorção do Ca I, a do multiplete 30 em 7148Å, presente nos espectros dos objetos da nossa amostra.

Essa linha presente em Hen 3-938 apresenta uma velocidade radial de -15 km/s. Por outro lado as suas asas estão entre -30 km/s até 1 km/s. Já MWC 939 mostra essa linha deslocada para o vermelho em torno de 5 km/s. As asas desta linha se estendem desde -5 km/s até 15 km/s. No caso de Hen 3-1191, essa linha tem uma velocidade radial que está em torno de -5 km/s, com asas que se estendem desde -20 km/s até 10 km/s. Já essa linha na V704 Cen tem uma velocidade radial de -15 km/s, com as asas indo desde -25 km/s até -5 km/s.

Hen 3-1312 também apresenta essa linha do Ca I, que está deslocada de  $\sim -65$  km/s e com asas que se estendem desde -85 até -50 km/s. Vale citar também, que essa estrela apresenta outras linhas em absorção, como citado por [Pereira \(2004\)](#). Assim sendo, realizamos uma comparação das larguras equivalentes das linhas observadas nos nossos espectros, com aquelas vistas nos espectros, também FEROS, do trabalho de [Pereira \(2004\)](#), vide tabela 5.1. Na figura 5.25 notamos que os espectros observados em diferentes datas, 2000 ([Pereira 2004](#)) e 2005 (nosso trabalho), não apresentam grande variação.



Tabela 5.1.: Medidas das larguras equivalentes de Hen 3-1312 para as linhas em absorção provenientes do nosso trabalho ( $eqw^1$ ) e publicadas por [Pereira \(2004\)](#) ( $eqw^2$ ). Onde  $\lambda_0$  é o comprimento de onda medido em laboratório para cada linha.

$\lambda_0(\text{\AA})$	elementos	$eqw^1(m\text{\AA})$	$eqw^2(m\text{\AA})$
5380.31	C I	36	41
7111.48	C I	27.2	30
7113.18	C I	39.4	42
7115.19	C I	28.5	34
7116.99	C I	46.8	39
7119.66	C I	24.6	20
8683.40	NI	153.1	144
8686.15	NI	103.4	100
8711.70	NI	94.5	98
6160.80	Na I	8	10
8717.833	Mg I	42	47
8736.04	Mg I	41	53
5665.6	Si I	16	15
5708.44	Si I	45.4	34
5948.54	Si I	65.1	50
8693.96	S I	42.2	38
8694.64	S I	66.3	91
5581.97	Ca	28.8	32
5588.76	Ca I	92.2	89
5590.12	Ca I	26.8	25
5594.47	Ca I	80	73
6102.72	Ca I	61.9	57
6122.22	Ca I	128	117
6493.78	Ca I	65	62
4810.53	Zn I	47	43
4810.53	Zn I	52	47
6496.9	Ba II	168.4	161

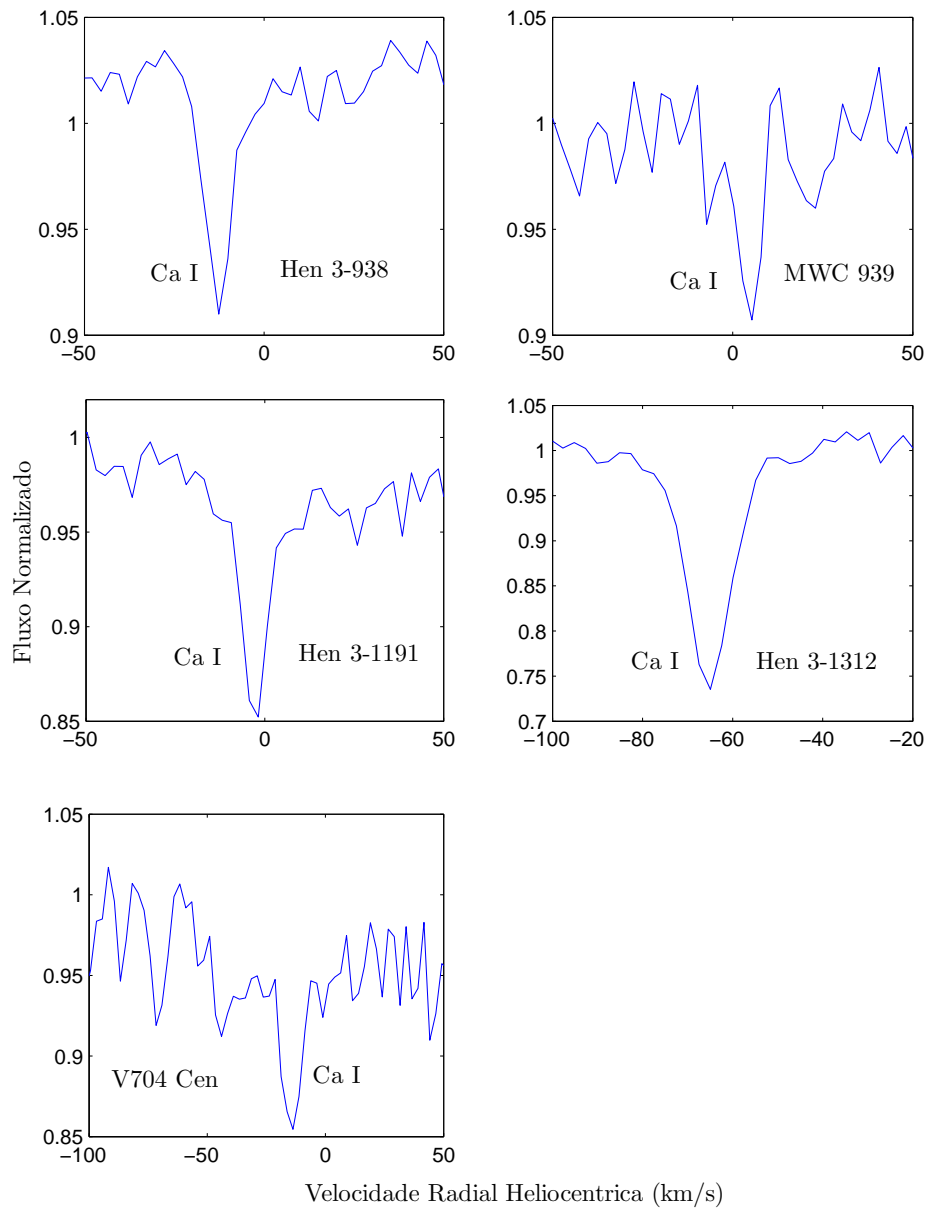


Figura 5.24.: Linhas em absorção do Ca I em 7148Å, presente nos objetos da nossa amostra.

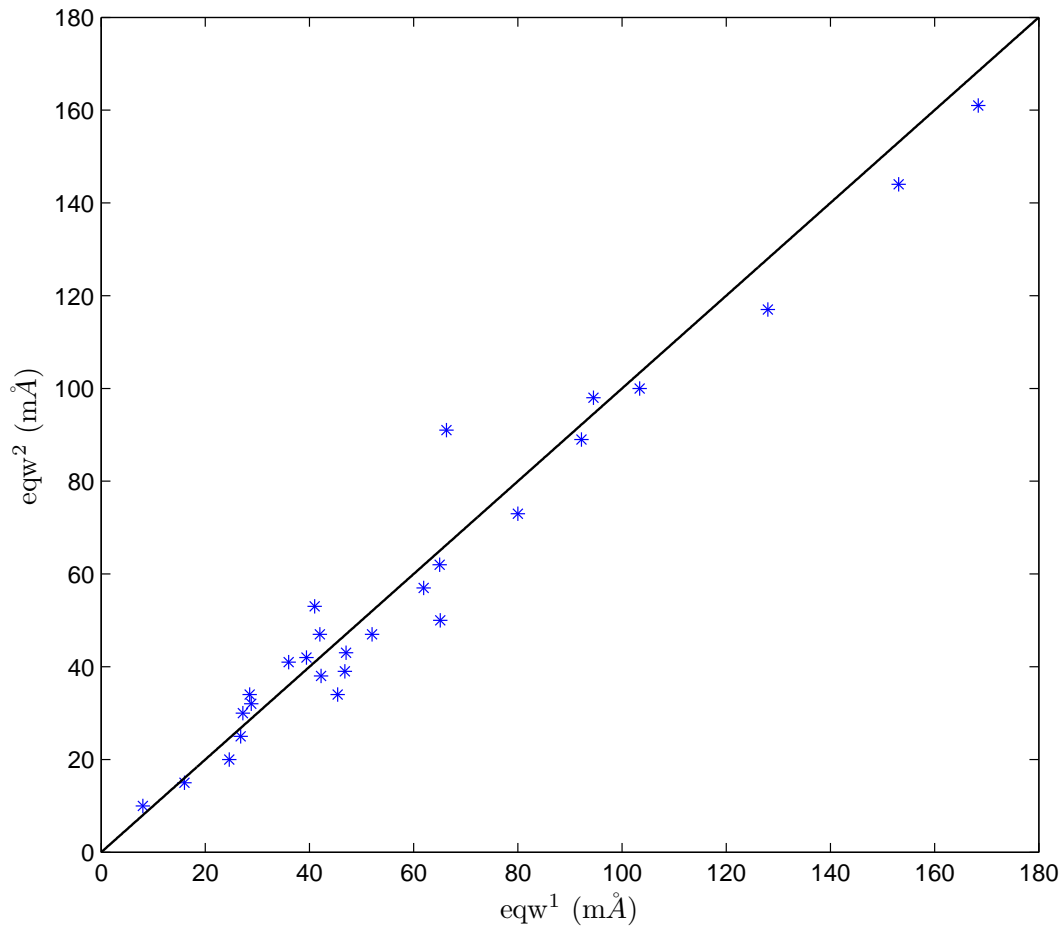


Figura 5.25.: Comparação entre as medidas das larguras equivalentes de linhas em absorção provenientes do nosso trabalho ( $eqw^1$ ) com as publicadas por [Pereira \(2004\)](#) ( $eqw^2$ ) de Hen 3-1312. As larguras equivalentes estão em mÅ.

## 5.2. Espectros no IV

Nesta seção apresentamos as bandas e linhas em emissão presentes nos espectros Spitzer e ISO da nossa amostra. Cabe ressaltar que não temos dados espectrais para Hen 3-938.

- MWC 939

Como podemos observar na figura 5.26, este objeto apresenta no seu espectro Spitzer bandas do silicato em  $9.3\mu\text{m}$ , silicato-enstatita em  $20.77\mu\text{m}$ , forestita-enstatita em  $27.55\mu\text{m}$  e uma banda em emissão não identificada em  $33.28\mu\text{m}$ . Também existem duas possíveis bandas em emissão, cujos comprimentos de onda se assemelham aos de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) em  $14.39$  e  $16.14\mu\text{m}$ . Se esta classificação for correta, isso poderia indicar a presença de uma química dupla\* para este objeto. Entretanto, outras identificações para essas duas bandas não podem ser descartadas e somente uma modelização detalhada destas bandas poderá determinar a sua origem.

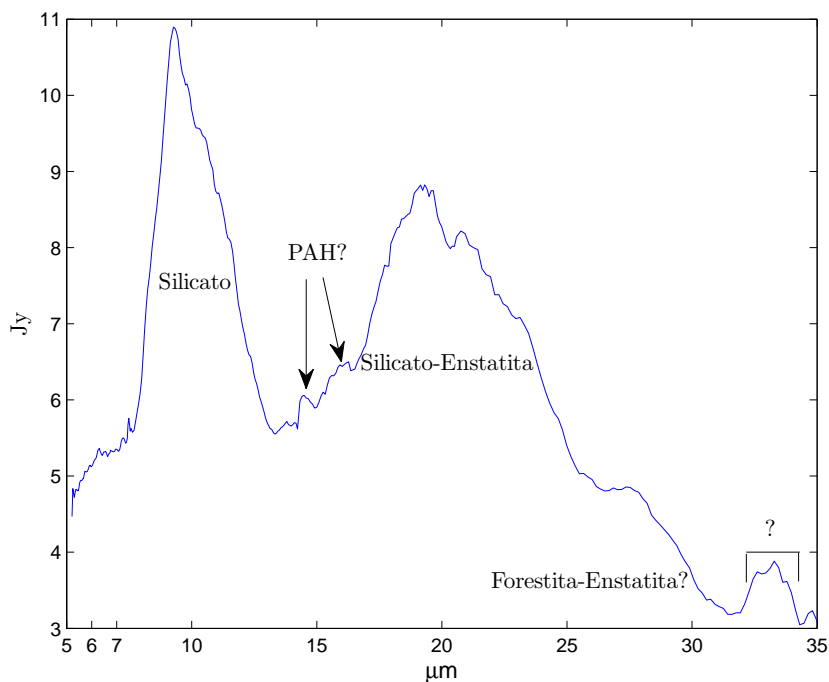


Figura 5.26.: Espectro Spitzer de MWC 939, onde observamos bandas em emissão de PAHs e silicatos.

\* Presença em um mesmo objeto de poeira rica em carbono e rica em oxigênio.

- Hen 3-1191

O espectro ISO de Hen 3-1191 apresenta linhas em emissão possivelmente de PAHs em 3.35, 6.25, 7.92, 8.64 e 11.29 $\mu\text{m}$  (figura 5.27), como relatado por [Acke et al. \(2004\)](#) e [Lachaume et al. \(2007\)](#). Além disso, também notamos a presença de linha em emissão do [Si II] em 33.81 $\mu\text{m}$  e de bandas do silicato amorfo com picos em 11.52 $\mu\text{m}$ , como mencionado também por [Acke et al. \(2004\)](#), e em 21.9 $\mu\text{m}$  (forestita e enstatita). Entretanto, da mesma forma que para MWC939, preferimos ter cuidado antes de indicarmos uma possível química dupla, sem antes realizarmos a devida modelização desse espectro no IV.

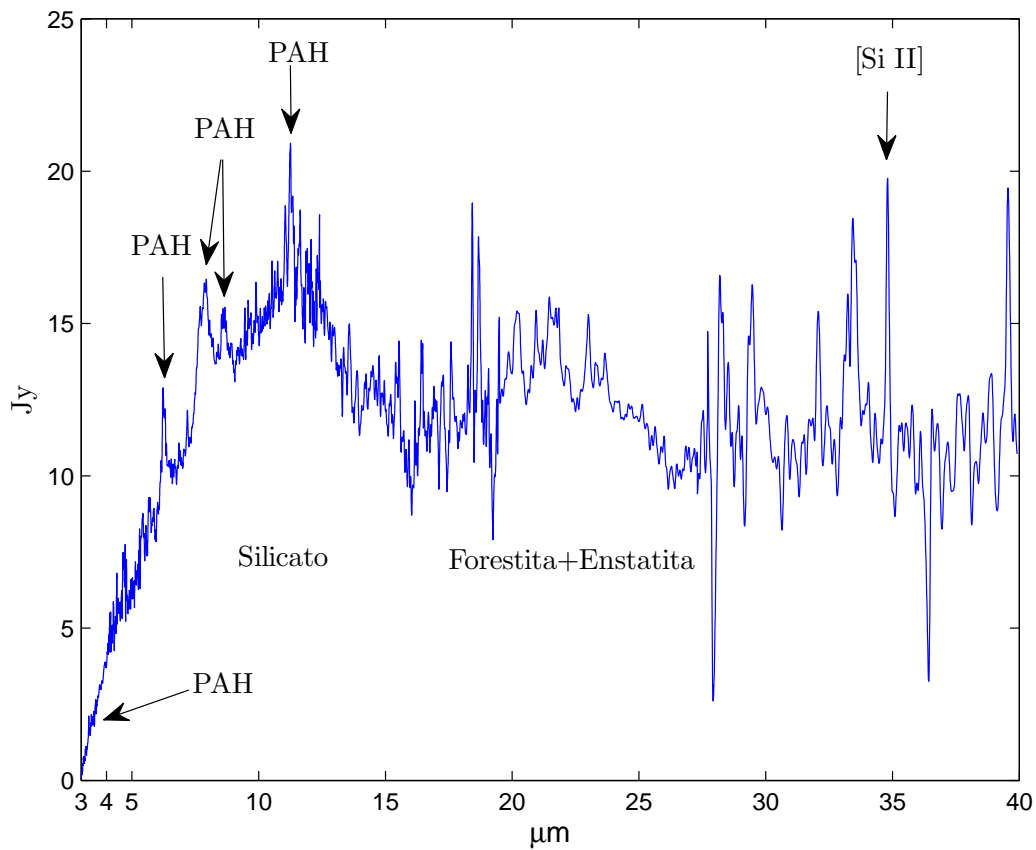


Figura 5.27.: Espectro ISO de Hen 3-1191, onde observamos várias bandas em emissão de PAHs e silicatos, e uma linha do [Si II].

- Hen 3-1312

Como observamos na figura 5.28, o espectro Spitzer de Hen 3-1312 apresenta linhas em emissão não identificadas em 6.97, 7.47, 8.97, 10.52 e 12.35  $\mu\text{m}$  e linhas em emissão possivelmente de PAHs em 12.71 e 15.56  $\mu\text{m}$ . Também podemos observar uma linha em emissão em 18.72 $\mu\text{m}$  que provavelmente é de um PAH ou [S III]. Já em 33.9 $\mu\text{m}$ , este objeto apresenta uma linha em emissão de [S III]. Além disso, ele apresenta também bandas de silicato (forestita e enstatita), indicando uma possível química dupla.

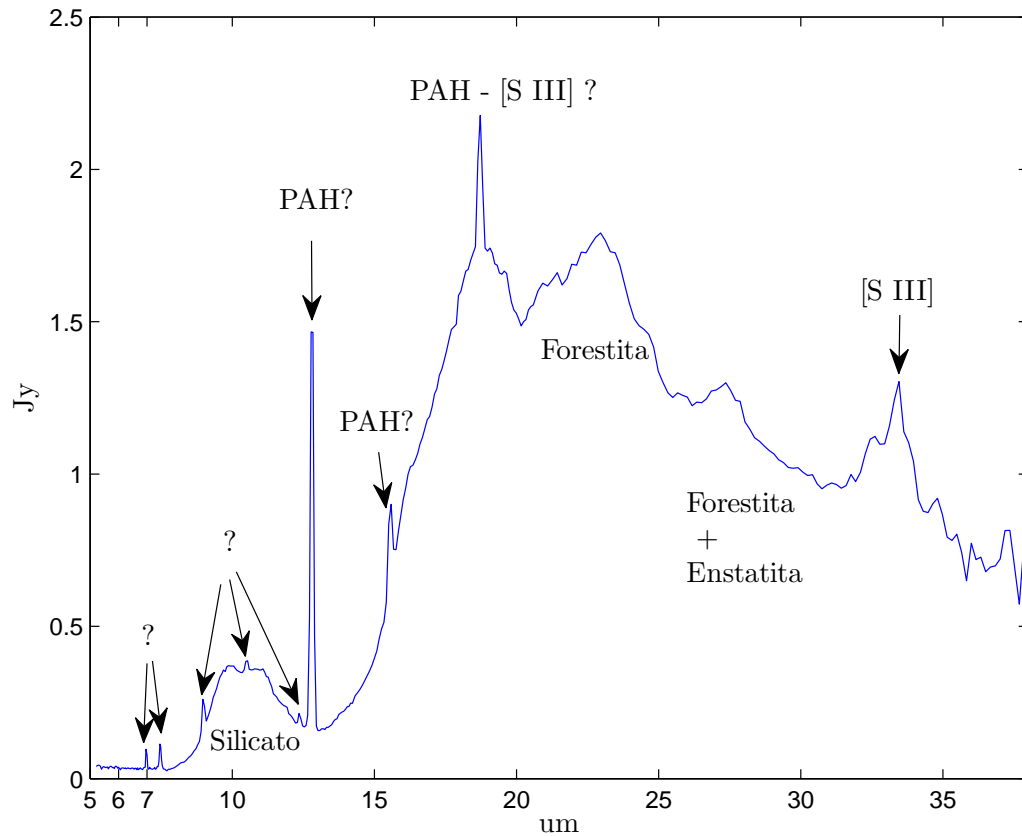


Figura 5.28.: Espectro Spitzer de Hen 3-1312, onde observamos várias bandas em emissão de PAHs e de silicatos.

- V704 Cen

O espectro Spitzer de V704 Cen é bem ruidoso, mas parece apresentar indicações da emissão de PAHs em  $10.54$  e  $11.96\mu\text{m}$ , e também em  $12.42$ ,  $12.81$  e  $15.55\mu\text{m}$ . Em  $19.23\mu\text{m}$  existe uma linha em emissão que provavelmente é de [S III] ou PAH.

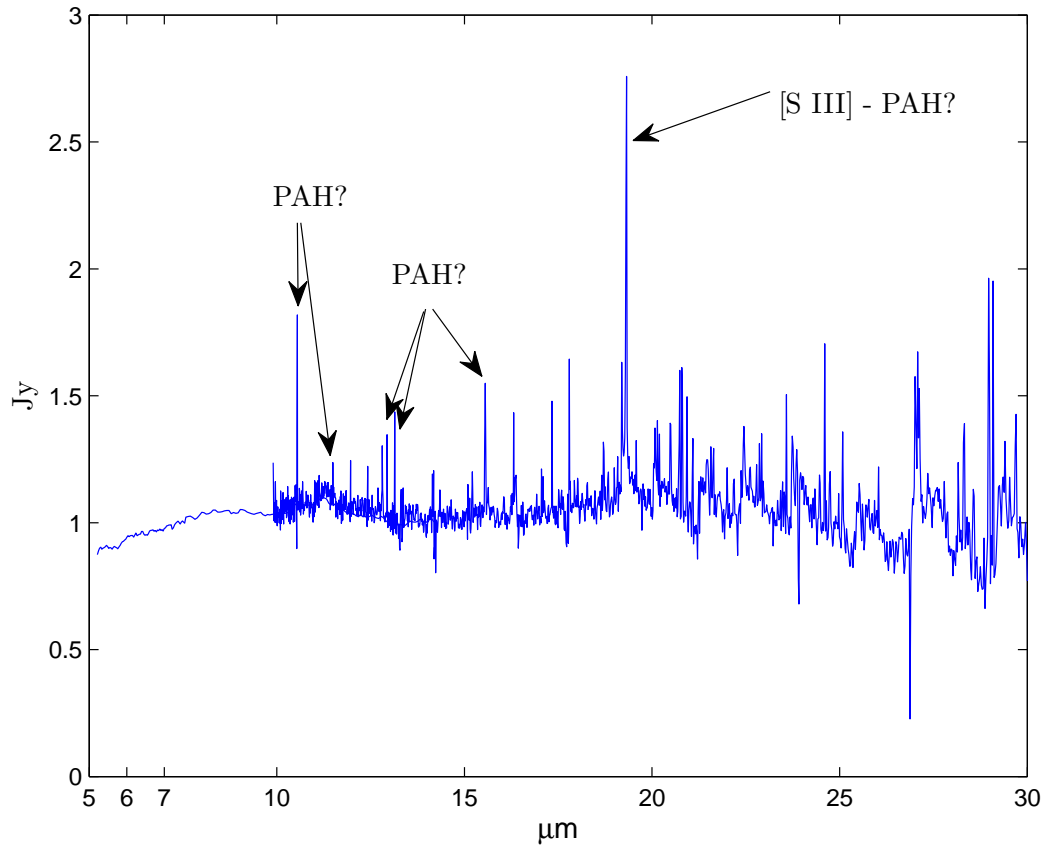


Figura 5.29.: Espectro Spitzer de V704 Cen, onde observamos possíveis bandas em emissão de PAHs.

## 6 Resultados: Parâmetros Físicos

---

Com base na descrição que realizamos no capítulo anterior sobre a metodologia aplicada no nosso trabalho, apresentamos os resultados relativos aos parâmetros físicos, que obtivemos para a nossa amostra de objetos.

### 6.1. Extinção

Nesta seção apresentamos os valores obtidos para a extinção total, interestelar e circunstelar.

#### 6.1.1. Extinção total

Como já foi dito no capítulo 4, os valores da extinção total apresentados aqui foram calculados usando o método descrito por [Borges Fernandes et al. \(2009\)](#). Através das tabelas de Schmidt-Kaler (1982), estimamos a magnitude absoluta ( $M_V$ ) e a temperatura efetiva ( $T_{eff}$ ) dos nossos objetos.



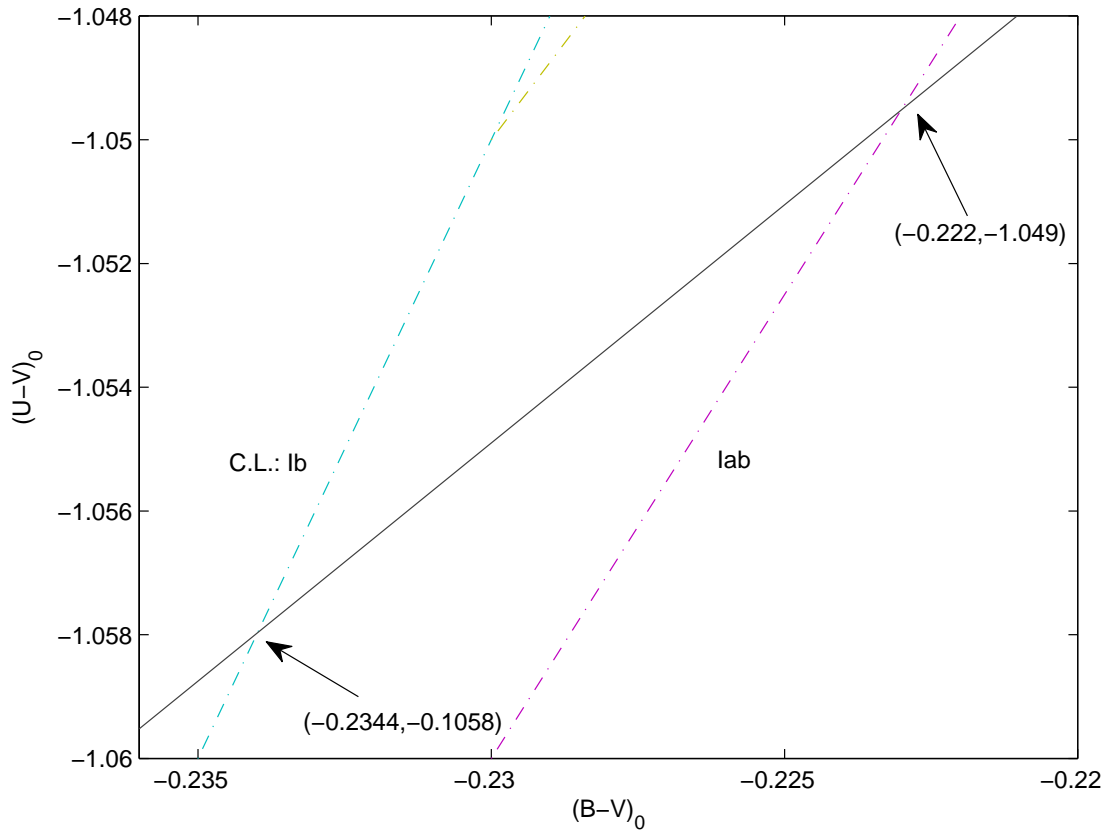


Figura 6.1.: Índices de cor intrínsecos para a estrela Hen 3-938. Onde as linhas tracejadas representam os índices de cor intrínsecos com base nas tabelas de Schmidt-Kaler (1982) para diferentes classes de luminosidades (C. L.) e a linha sólida, os índices de cor observados para o nosso objeto. Os pontos de intersecção indicam os possíveis índices de cor intrínsecos, e consequentemente o tipo espectral e a classe de luminosidade para Hen 3-938.

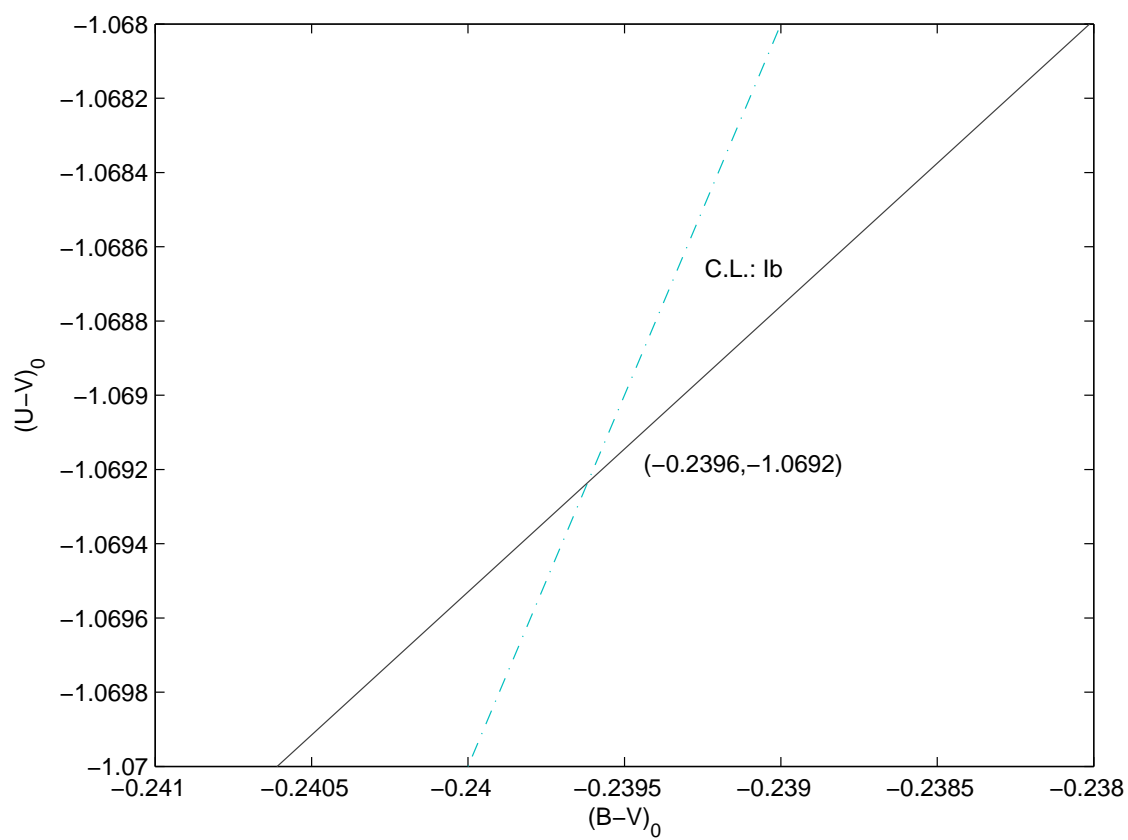


Figura 6.2.: O mesmo como descrito para a figura 6.1, mas para a estrela MWC 939.

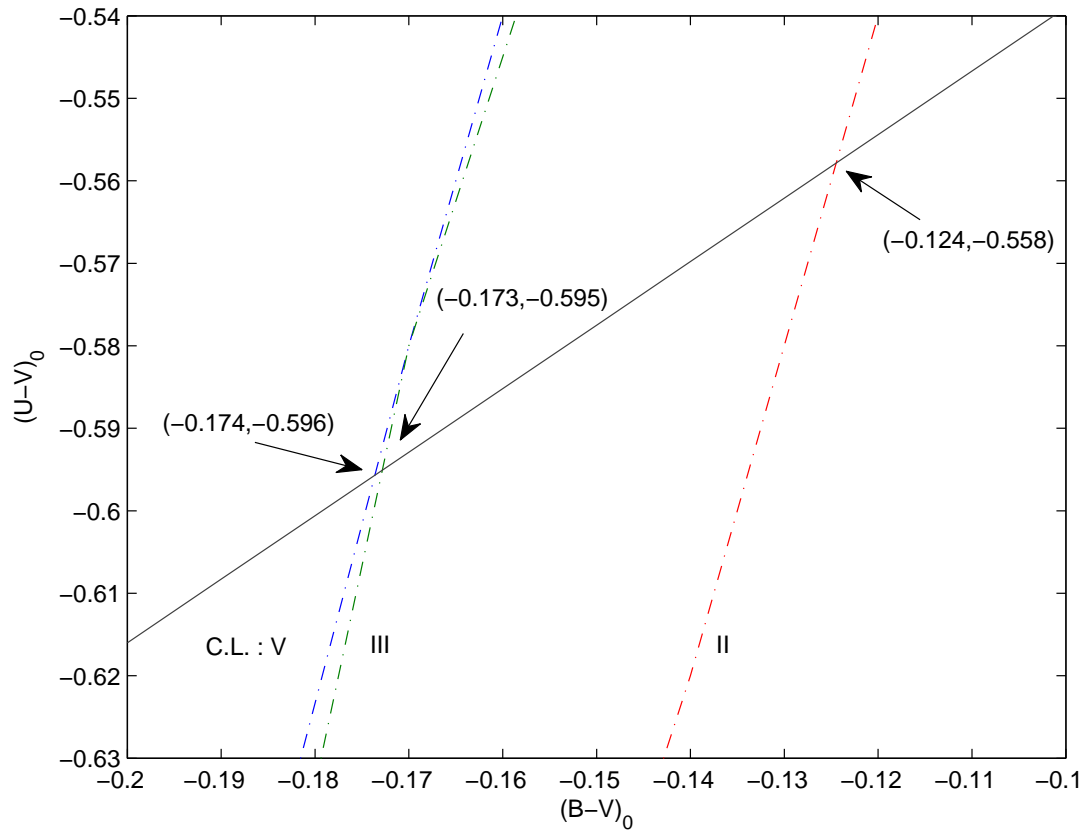


Figura 6.3.: O mesmo como descrito para a figura 6.1, mas para a estrela Hen 3-1191.

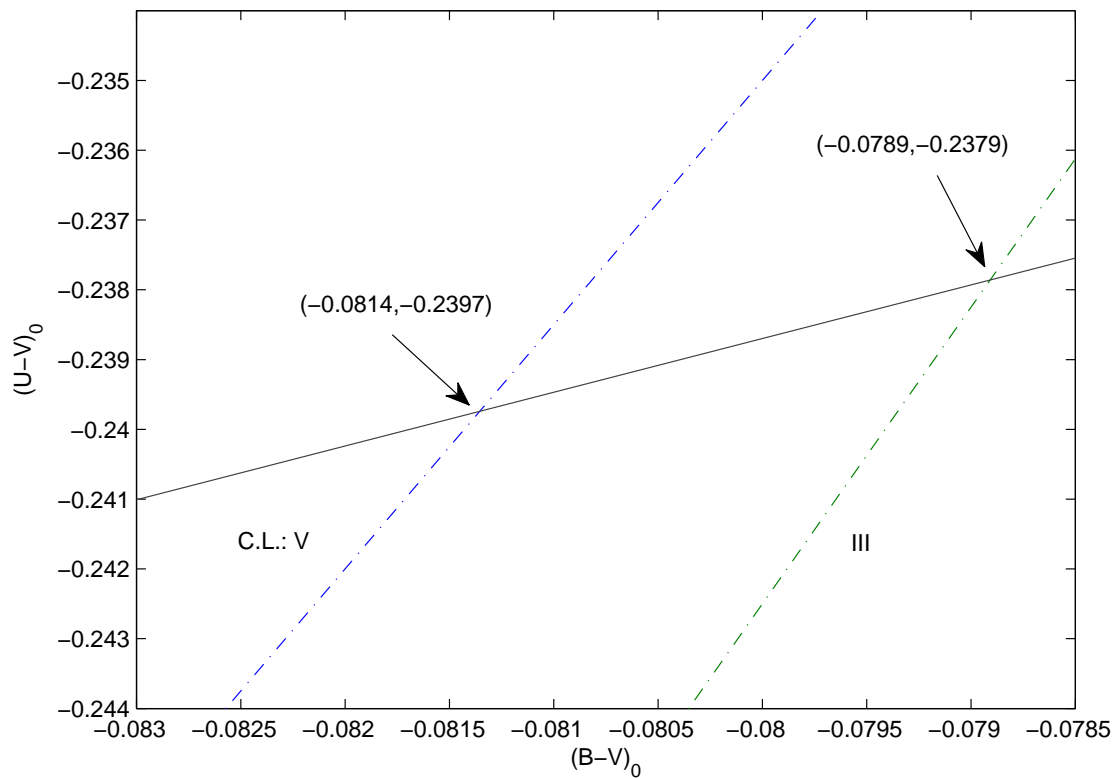


Figura 6.4.: O mesmo como descrito para a figura 6.1, mas para a estrela Hen 3-1312.

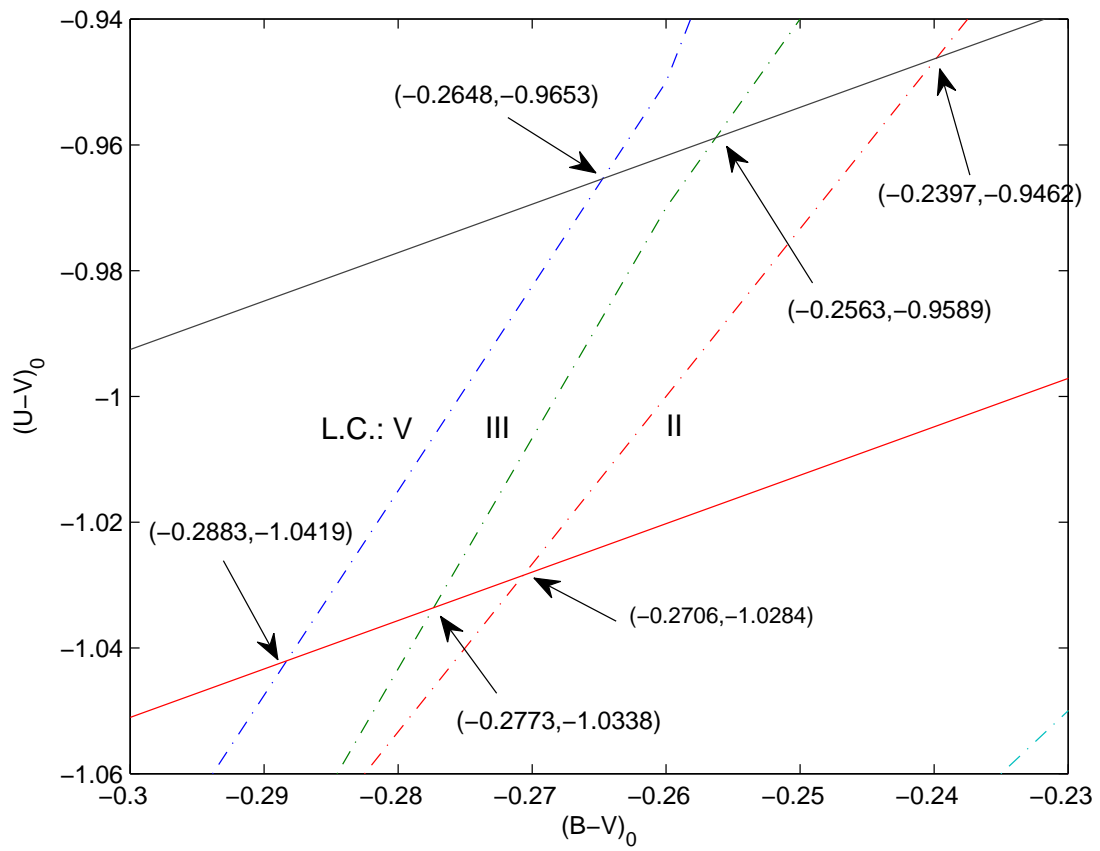


Figura 6.5.: O mesmo como descrito para a figura 6.1, mas para a estrela V704 Cen.

Como visto nas figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5, podemos estimar os índices de cor intrínsecos para cada um dos objetos da nossa amostra, assumindo uma faixa de classes de luminosidades de acordo com o citado na literatura. Esses valores podem ser vistos na tabela 6.1, onde apresentamos não somente a classe de luminosidade (*C.L.*), o tipo espectral e o índice de cor intrínseco  $(B - V)_0$ , mas também o excesso de cor total  $E(B - V)_T$  (obtido através da equação 4.1), a magnitude absoluta  $M_V$  e a temperatura efetiva  $T_{eff}$ , que foram ambas obtidas também através das tabelas de Schmidt-Kaler (1982).

É importante citar, que o método para a determinação dos parâmetros físicos descrito em [Borges Fernandes et al. \(2009\)](#) deve ser visto com cuidado, porque ele é válido para estrelas quentes com pouco material circunstelar. Isso porque a lei de extinção interestelar é bem diferente daquela para a extinção circunstelar. Essa última depende muito se temos gás ou poeira como material principal. Então se não conhecemos a composição química do material circunstelar e se esse é muito importante, usamos esse método somente por não ter outra opção para determinar os parâmetros dos objetos da nossa amostra, obtendo portanto somente uma estimativa pouco precisa dos mesmos.

Tabela 6.1.: Classe de luminosidade (*C.L.*), tipo espectral,  $(B - V)_0$ , excesso de cor total ( $E(B - V)_T$ ),  $M_V$ , e  $T_{eff}$  para as estrelas da nossa amostra.

Objeto	C.L.	Tipo espectral	$(B - V)_0$	$E(B-V)_T$	$M_V$	$T_{eff}$ (K)
Hen 3-938	Ib/Ia	B0-B1	-0.22±0.01	1.75±0.02	-6.42±0.47	23400±2600
MWC 939	Ib	B0	-0.24±0.01	0.75±0.01	-6.10±0.20	26000±3000
Hen 3-1191	V	B3-B5	-0.19±0.02	0.87±0.02	-1.40±0.20	17000±2000
Hen 3-1312	V	B8-B9	-0.09±0.02	0.86±0.02	-0.05±0.25	11200±700
	III	B8-B9	-0.09±0.02	0.86±0.02	-0.90±0.30	11700±700
V704 Cen	V	B0-B1	-0.28±0.02	1.32±0.02	-3.60±0.40	27700±2300
	III/II	B1-B2	-0.25±0.02	1.29±0.04	-4.60±0.40	22200±2000

A classe de luminosidade e tipo espectral que obtivemos para Hen 3-938, indicam que este objeto é uma sgB[e] de tipo espectral B0-B1 e tem uma temperatura efetiva de 23400±2600K. Esse resultado concorda com o obtido por [Miroshnichenko et al. \(1999\)](#), que também sugeriu um tipo espectral B0 e uma temperatura  $\geq 20000$ K. Por outro lado, [Vieira et al. \(2003\)](#) obtiveram um tipo espectral O9 para esse objeto.

Para MWC 939 os valores que obtivemos, indicam que este objeto também é uma supergigante de classe de luminosidade Ib e tipo espectral B0, com uma temperatura efetiva de 26000K. Outros autores também afirmam que este objeto poderia ser uma estrela de alta massa do tipo B, como [Parthasarathy et al. \(2000\)](#) que sugeriram que este objeto seja uma B5 e [Gaubá et al. \(2003\)](#), que encontraram uma temperatura efetiva de 20000K, com base na modelização da SED.

Os nossos resultados para Hen 3-1191 indicam que este objeto tem tipo espectral B3-B5. Entretanto, na literatura, [Valenti et al. \(2003\)](#) e [Hamaguchi et al. \(2004\)](#) citaram um tipo espectral

B0.

Com relação a Hen 3-1312 e V704 Cen, a classe de luminosidade e o tipo espectral não foram bem definidos pela nossa análise, sendo B8-9III/V (Hen 3-1312) e B0-1V ou B1-2II/III (V704 Cen). Isso talvez decorra do fato de que Hen 3-1312 é provavelmente um sistema binário (Pereira 2004), e que V704 Cen é um sistema simbiótico (Allen and Glass (1974), Cieslinski et al. (1994), Pereira et al. (1998)). Entretanto vale notar, que os valores da extinção total não tem uma grande variação, considerando essas diferentes classificações. Sendo assim decidimos utilizar o valor médio do excesso de cor para representar a extinção destes dois objetos:  $0.86 \pm 0.02$  (Hen 3-1312) e  $1.31 \pm 0.02$  (V704 Cen).

### 6.1.2. Extinção interestelar e circunstelar

Para determinar a extinção interestelar fizemos uso das DIBs em  $5780\text{\AA}$  e  $5797\text{\AA}$ , presentes nos espectros de cada um de nossos objetos (figura 6.6).

Com base nas relações empíricas descritas no capítulo 4 (Herbig 1960), os nossos resultados para  $E(B - V)_{IS}$  podem ser vistos na tabela 6.2.

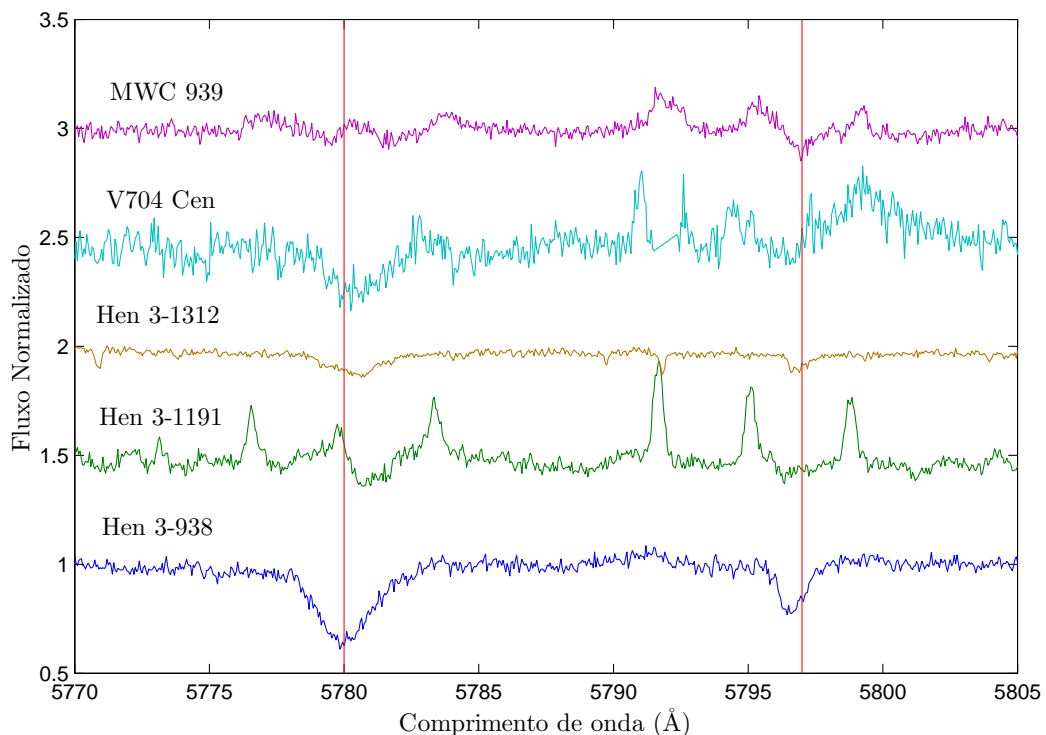


Figura 6.6.: Perfis das DIBs de nossa amostra em  $5780\text{\AA}$  e  $5797\text{\AA}$ .

Tabela 6.2.: Valores da extinção interestelar para os objetos da nossa amostra, utilizando as funções lineares descritas por [Herbig \(1960\)](#). Onde  $eqw$  é a largura equivalente e  $E(B-V)_{IS}$  é o excesso de cor interestelar.

Objeto	eqw (Å)		$E(B-V)_{IS}$	
	5780Å	5797Å	5780Å	5797Å
Hen 3-938	0.84	0.26	1.63±0.01	1.77±0.02
MWC 939	0.08	0.14	0.17±0.01	0.68±0.09
Hen 3-1191	0.19	0.10	0.39±0.01	0.63±0.09
Hen 3-1312	0.22	0.07	0.44±0.01	0.39±0.01
V704 Cen	0.63	0.18	1.23±0.02	1.18±0.04

Como se pode ver na tabela 6.2, os valores de  $E(B - V)_{IS}$  obtidos para as duas linhas diferem. Por este motivo, decidimos utilizar os valores provenientes das DIBs, que possuem os perfis mais bem definidos. No caso onde as duas DIBs são bem definidas, decidimos tomar o valor médio. Assim na tabela 6.3 estão os valores de  $E(B - V)_{IS}$  usados e de  $A_V^*$ .

Tabela 6.3.: Valores do excesso de cor interestelar,  $E(B - V)_{IS}$ , e da extinção em magnitudes,  $A_V$ , obtidos neste trabalho.

Objeto	$E(B - V)_{IS}$	$A_V$
Hen 3-938	1.63±0.01	5.05±0.03
MWC 939	0.68±0.06	2.11±0.04
Hen 3-1191	0.63±0.09	1.95±0.06
Hen 3-1312	0.42±0.03	1.30±0.01
V704 Cen	1.21±0.03	3.75±0.04

Uma vez tendo a extinção (excesso de cor) total e interestelar, nós calculamos a extinção devido ao material circunstelar,  $E(B - V)_{CS}$ , dos nossos objetos (vide tabela 6.4), utilizando a seguinte relação:

$$E(B - V)_T = E(B - V)_{IS} + E(B - V)_{CS} \quad (6.1)$$

Tabela 6.4.: Valores de extinção (excesso de cor) total, interestelar e circunstelar, obtidos neste trabalho.

Objeto	$E(B - V)_T$	$E(B - V)_{IS}$	$E(B - V)_{CS}$
Hen 3-938	1.75±0.01	1.63±0.01	0.12±0.02
MWC 939	0.75±0.01	0.68±0.06	0.07±0.07
Hen 3-1191	0.87±0.01	0.63±0.09	0.24±0.1
Hen 3-1312	0.86±0.02	0.42±0.03	0.44±0.05
V704 Cen	1.31±0.01	1.21±0.03	0.10±0.04

\*  $A_V = \mathfrak{R}E(B - V)_{IS}$  e  $\mathfrak{R} = 3.1$

Sartori et al. (2010), utilizando a relação  $E(B - V) = E(V - I)/1.6$ , determinaram a extinção ( $A_V$ ) de Hen 3-938, obtendo um valor de 2.5, o que é quase um fator de 2 menor do que o valor que encontramos, de 5.05. Já Vieira et al. (2011) determinaram o excesso de cor interestelar, obtendo um valor de 1.56, tendo assim uma boa concordância com o nosso resultado, de 1.63.

Vale citar que Gauba et al. (2003) também determinaram a extinção total de MWC 939, a partir da diferença entre os índices de cor observados e intrínsecos, assumindo  $(B-V)_0 = -0.20$ , e obtendo  $E(B - V)_T = 0.71$ , que é similar ao nosso valor de  $0.75 \pm 0.01$ .

Já a extinção interestelar que determinamos para Hen 3-1191, utilizando o método das DIBs, tem um valor de  $0.63 \pm 0.09$ , em concordância com Pereira et al. (2003), que através das linhas proibidas do Fe II e do método de Pagel (1969), obtiveram um valor de  $0.68 \pm 0.33$ .

Para Hen 3-1312, a extinção interestelar que obtivemos é de  $0.42 \pm 0.03$ , em boa concordância com Pereira (2004), que baseado nas linhas de recombinação de H I, obteve um valor de  $0.37 \pm 0.03$ . É interessante notar que esse é o objeto da nossa amostra com a maior contribuição circunstelar para a extinção total,  $0.44 \pm 0.05$ .

## 6.2. Velocidade radial e velocidade de rotação projetada do disco CS

- *Velocidade radial.*

Para a determinação da velocidade radial de uma estrela, geralmente se utiliza as linhas de Balmer, porque elas são observadas com facilidade nos espectros de diferentes objetos. Entretanto, estas linhas nos objetos de nossa amostra apresentam perfis com pico duplo não simétricos, não sendo recomendável determinar a velocidade radial através delas.

Sendo assim, decidimos utilizar as linhas proibidas do [Fe II] e [O II] para determinar a velocidade radial de cada um dos nossos objetos. Estas linhas por apresentarem perfis simétricos e por serem em geral bastante numerosas nos nossos espectros, nos permitiram obter uma média para a velocidade radial.

Para MWC 939 e Hen 3-1312 por exemplo, decidimos utilizar as linhas proibidas de [O II], porque temos uma maior amostra destas linhas do que das de [Fe II].

Tabela 6.5.: Velocidade radial média ( $v_{rad}$ ) dos objetos da nossa amostra.

Objeto	$v_{rad}$ (Kms <sup>-1</sup> )	linhas utilizadas
Hen 3-938	$-23.01 \pm 2.42$	[Fe II]
MWC 939	$9.66 \pm 0.98$	[O II]
Hen 3-1191	$-8.23 \pm 0.84$	[Fe II]
Hen 3-1312	$-60.58 \pm 3.06$	[O II]
V704 Cen	$-41.32 \pm 3.45$	[Fe II]



Vale citar, que [Beaulieu et al. \(1999\)](#) obtiveram uma velocidade radial para Hen 3-1312 de  $-77 \text{ kms}^{-1}$ , enquanto nós obtivemos um valor de  $60.58 \pm 3.06 \text{ Kms}^{-1}$ . Já para Hen 3-1191, obtivemos  $v_{rad} = -8.23 \pm 0.84 \text{ kms}^{-1}$ , enquanto [Le Bertre et al. \(1989\)](#) determinaram uma velocidade de  $\sim 9.1 \text{ kms}^{-1}$ .

- *Velocidade de rotação projetada do disco.*

Além de determinar a velocidade radial dos nossos objetos, também estimamos para aqueles objetos que apresentam a possível presença de um disco circunstelar, devido a observação de picos duplos, a velocidade de rotação projetada deste disco. Para isso, utilizamos a seguinte equação:

$$v_{rot}seni = \frac{|v_1| + |v_2|}{2} \quad (6.2)$$

Onde  $v_{rot}seni$  é a velocidade de rotação projetada do disco,  $v_1$  e  $v_2$  são as velocidades do primeiro e segundo pico vistos nas linhas em emissão. Nós decidimos por utilizar as linhas que apresentavam mais claramente picos duplos em nossos espectros, escolhendo assim linhas de Balmer ou linhas proibidas, e para uma das nossas estrelas, MWC 939, utilizamos ambas (figura 6.7).

Tabela 6.6.: Velocidades de rotação projetada dos discos possivelmente presentes nos objetos da nossa amostra. Onde os índices “a” indica que foram utilizadas as linhas de Balmer e “b”, as linhas proibidas.

Objeto	$v_{rot}seni \text{ (kms}^{-1}\text{)}^a$	$v_{rot}seni \text{ (kms}^{-1}\text{)}^b$
MWC 939	$58.1 \pm 1.4$	$9.6 \pm 2.1$
Hen 3-1191	$33.0 \pm 0.3$	-
Hen 3-1312	-	$58.8 \pm 5.5$
V704 Cen	-	$51.2 \pm 16.2$

Somente Hen 3-938 não apresenta linhas com picos duplos. Por outro lado, é interessante notar que, com base na tabela 6.6, a velocidade de rotação projetada do disco para MWC 939 utilizando as linhas de Balmer é mais alta do que aquela obtida com as linhas proibidas. Como estas últimas são formadas em uma região bem mais afastada da estrela central, isto indicaria que a princípio teríamos um disco kepleriano, e não em expansão. Entretanto, uma melhor discussão sobre este ponto, só será possível através da análise mais detalhada de espectros com maior S/N e também através da reprodução dos perfis de linhas.

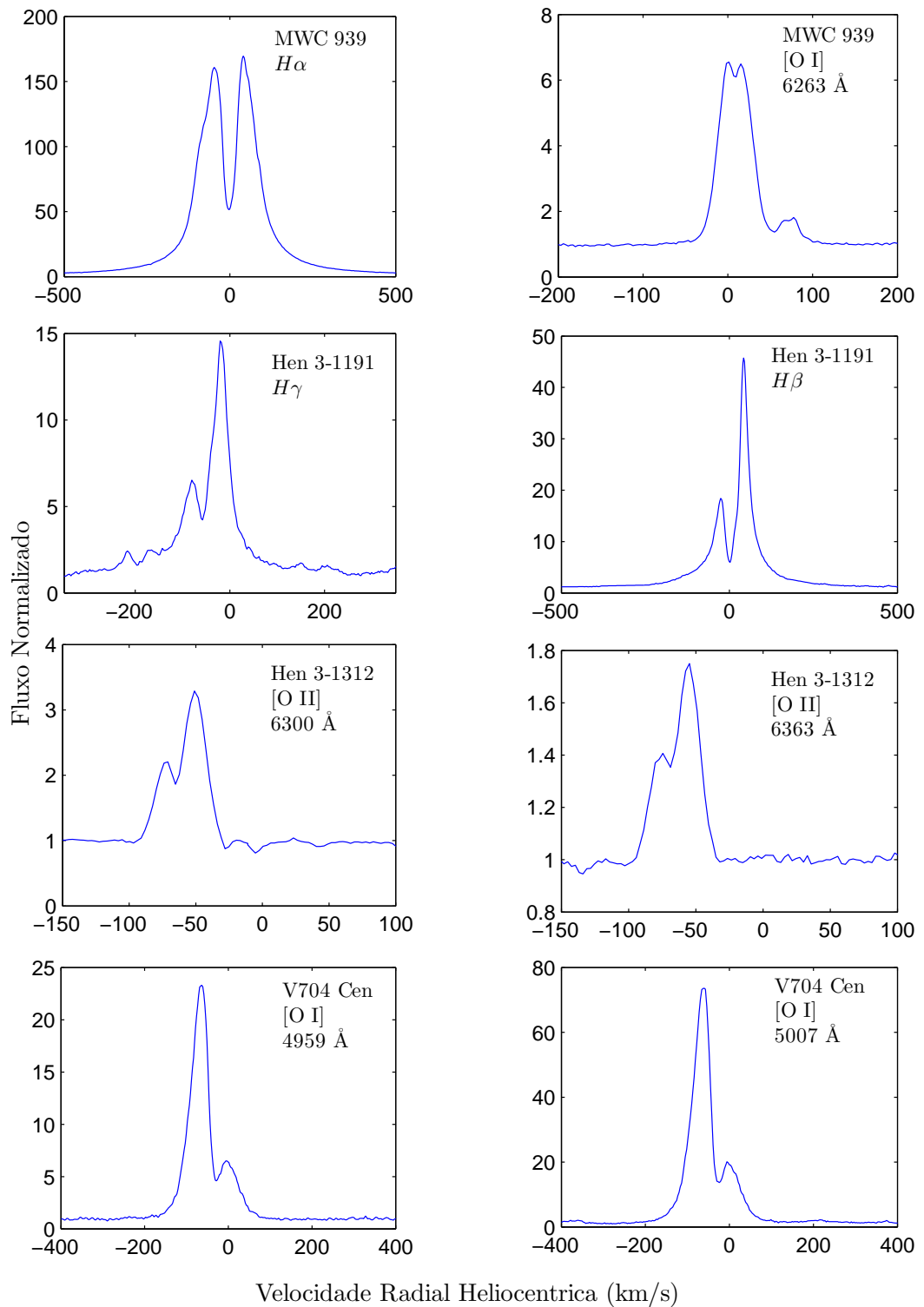


Figura 6.7.: Perfis das linhas que apresentam pico duplo e que permitiram o cálculo da velocidade de rotação projetada para 4 objetos da nossa amostra.

### 6.3. Modelagem da SED com o código Cloudy

Obtivemos modelos com o código Cloudy para tentar reproduzir a distribuição espectral de energia (SED) de dois dos nossos objetos, Hen 3-1191 e Hen 3-1312, que apresentam características de nebulosas planetárias.

- *Modelagem da SED para Hen 3-1191*

O espaço de parâmetros utilizado é com base nos nossos resultados e naqueles de [Lachaume et al. \(2007\)](#) (tabela 6.7).

Tabela 6.7.: Espaço de parâmetros dos modelos obtidos com o Cloudy para Hen 3-1191.

Parâmetro	Valor
temperatura	11000-27000K
luminosidade	$(1.26 \times 10^3 - 9 \times 10^3)L_{\odot}$
<b>Geometria</b>	
$R_{int}$	$4 \times 10^{14} - 5 \times 10^{15}$ cm
$R_{ext}$	$4 \times 10^{15} - 9 \times 10^{15}$ cm
<b>Parâmetros do gás</b>	
abundância	Solar, nebulosa planetária, ism
<b>Parâmetros da poeira</b>	
silicato	$0.01 \mu m - 6 \mu m$
grafite	$0.01 \mu m - 4 \mu m$
PAHs	$0.01 \mu m - 1.5 \mu m$

O melhor modelo que obtivemos para este objeto tem os parâmetros que estão citados na tabela 6.8. Nela, as abundâncias são descritas em termos de abundâncias absolutas, que proporcionam a abundância de um elemento com relação ao hidrogênio<sup>†</sup>, e são próximas à solar.

<sup>†</sup>  $\epsilon(x) = 12 + \log(n(x)/n(H))$ , onde x é o elemento químico,  $n(x)/n(H)$  é a sua abundância relativa ao hidrogênio.

Tabela 6.8.: Parâmetros do melhor modelo obtido para Hen 3-1191.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
temperatura	$2.5 \times 10^4$ (K)
luminosidade	$2.499 \times 10^{36}$ ( $ergs^{-1}$ )
densidade ( $\log \rho_H$ )	6.1
<b>Geometria</b>	
raio ( $R_{int}$ )	$3.5 \times 10^{15}$ (cm)
raio ( $R_{ext}$ )	-
distância (kpc)	4 (kpc)
<b>Parâmetros do gás</b>	
Abundâncias	
hélio	11.00
carbono	8.57
nitrogênio	8.04
oxigênio	8.00
neon	8.04
magnésio	7.57
silício	7.77
enxofre	7.20
argônio	5.57
ferro	5.60
<b>Parâmetros do grão</b>	
grafite (50%) /PAHs (50%)	$0.01 \mu m - 1.5 \mu m$

Como podemos observar na figura 6.8, na região do visível só algumas linhas em emissão são reproduzidas, como  $H\alpha$ , mas não as suas intensidades. O mesmo ocorre no IV, onde poucas bandas ou linhas são reproduzidas. Entretanto, o contínuo pôde ser razoavelmente reproduzido em ambas as regiões espectrais, indicando um bom ajuste especialmente para a temperatura efetiva da estrela e para a densidade do vento.

- *Modelagem da SED para Hen 3-1312*

Para este objeto, realizamos o mesmo procedimento que foi feito para a modelagem de Hen 3-1191, mas não tivemos resultados satisfatórios. Assim sendo, decidimos fazer a modelagem da SED por partes, uma para a região do visível e outra para a região do IV. O espaço de parâmetros usado nos nossos modelos foram mais uma vez escolhidos, com base nos resultados deste trabalho e naqueles da literatura. Na tabela 6.9 estão os parâmetros dos modelos para as duas regiões, visível e IV. Já na tabela 6.10 temos os parâmetros dos nossos melhores ajustes. Uma vez mais as abundâncias usadas nestes melhores modelos também são similares a solar.

Cabe destacar que também realizamos a modelagem com as abundâncias determinadas por [Pereira \(2004\)](#), mas não encontramos bons resultados.

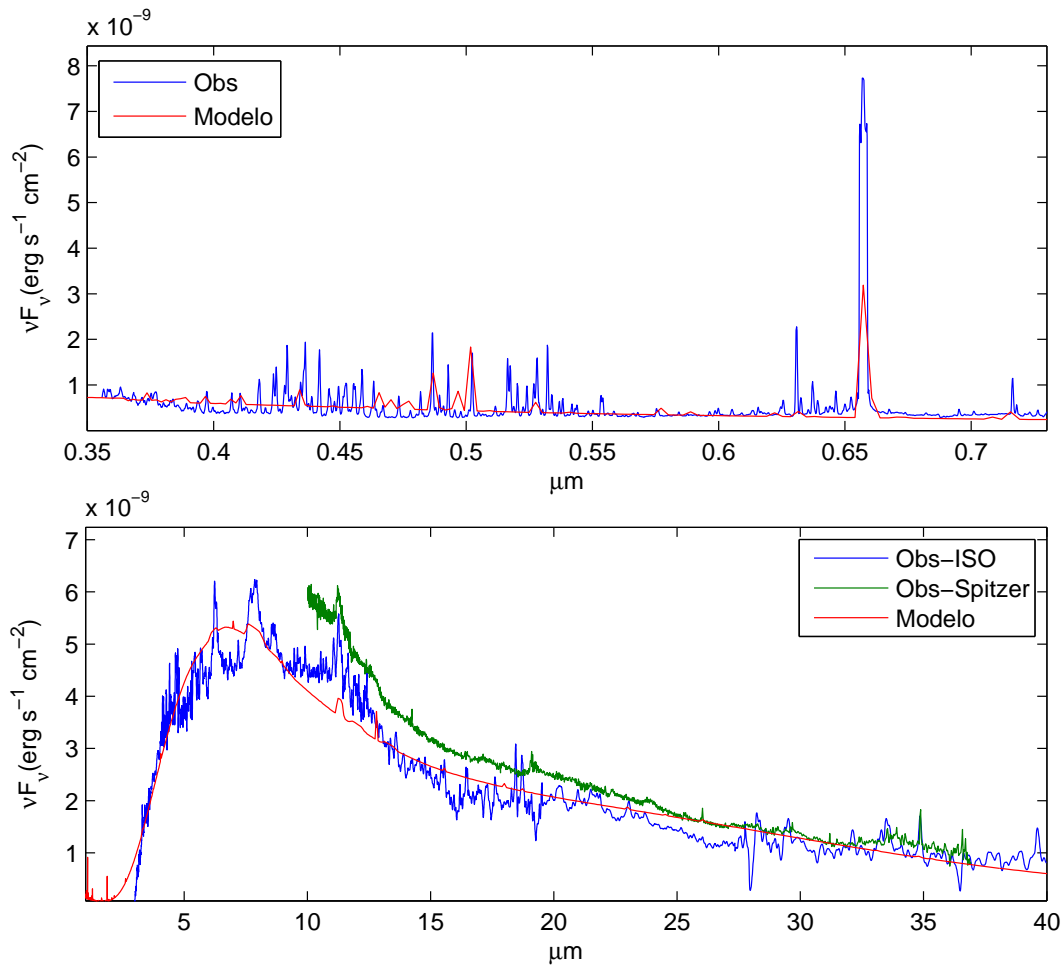


Figura 6.8.: Comparação dos espectros de Hen 3-1191 obtidos no óptico e no IV, com B&C, ISO e Spitzer, com o melhor modelo obtido com o Cloudy.

Tabela 6.9.: Espaço de parâmetros utilizado nos modelos para Hen 3-1312 para a região do visível e no IV utilizando o Cloudy.

Parâmetro	valor
temperatura	6000K - 25000K
luminosidade	$(1.26 \times 10^3 - 9 \times 10^3) L_\odot$
<b>Geometria</b>	
$R_{int}$	$1 \times 10^{12} - 5 \times 10^{15} \text{cm}$
$R_{ext}$	$1 \times 10^{15} - 9 \times 10^{18} \text{cm}$
<b>Parâmetros do gás</b>	
abundância	Solar, nebulosa planetária, ism
<b>Parâmetros da poeira</b>	
silicato	$0.01 \mu\text{m} - 6 \mu\text{m}$
grafite	$0.01 \mu\text{m} - 4 \mu\text{m}$
PAHs	$0.01 \mu\text{m} - 1.5 \mu\text{m}$

Tabela 6.10.: Parâmetros dos melhores modelos obtidos para Hen 3-1312 no visível e no IV

	<b>Visível</b>	<b>infravermelho</b>
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
temperatura	$1.3 \times 10^4$ (K)	$2.01 \times 10^4$ (K)
luminosidade	$3.16 \times 10^{37}$ ( <i>ergs</i> <sup>-1</sup> )	$1.58 \times 10^{37}$ ( <i>ergs</i> <sup>-1</sup> )
densidade ( $\log \rho_H$ )	6.1	5.55
<b>Geometria</b>		
raio ( $R_{int}$ )	$8.91 \times 10^{14}$ (cm)	$8.91 \times 10^{15}$ (cm)
raio ( $R_{ext}$ )	-	-
distância (kpc)	4(kpc)	4(kpc)
<b>Parâmetros do gás</b>		
Abundâncias		
hélio	11.00	11.22
carbono	5.58	8.58
nitrogênio	8.04	8.04
oxigênio	7.90	8.90
neon	8.04	7.04
magnésio	8.07	8.07
silício	7.54	7.54
enxofre	7.20	7.20
argônio	6.57	7.57
ferro	7.45	7.75
titânio	-	6.72
manganês	8.00	5.88
cálcio	-	6.36
<b>Parâmetros da poeira</b>		
silicato (50%) /PAHs (50%)	$1\mu m$	$0.5\mu m$

Nas figura 6.9 e 6.10 podemos ver os resultados da modelagem da distribuição espectral de energia no visível e no IV para Hen 3-1312 respectivamente. Com base na figura 6.9, podemos observar que o primeiro modelo reproduz razoavelmente apenas o contínuo na região do visível, enquanto é bem ruim no IV. Já na figura 6.10 podemos ver que por outro lado, os parâmetros do modelo no IV, só reproduzem razoavelmente o IV próximo e parte do IV distante, falhando tanto na reprodução do óptico quanto do IV médio.

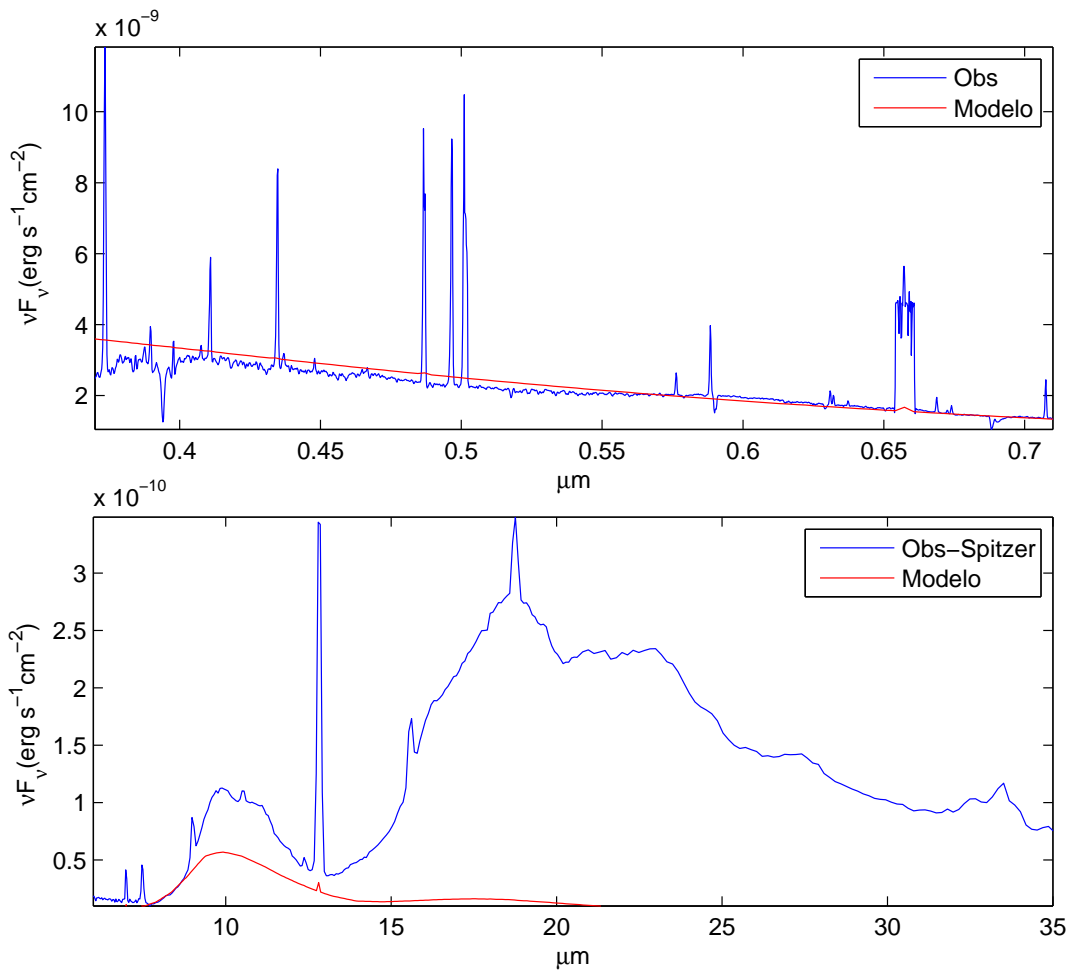


Figura 6.9.: Comparação dos espectros de Hen 3-1312 observados no óptico e no IV, com o melhor modelo obtido com o Cloudy, assumindo os parâmetros para o ajuste do espectro óptico, visto na tabela 6.10.

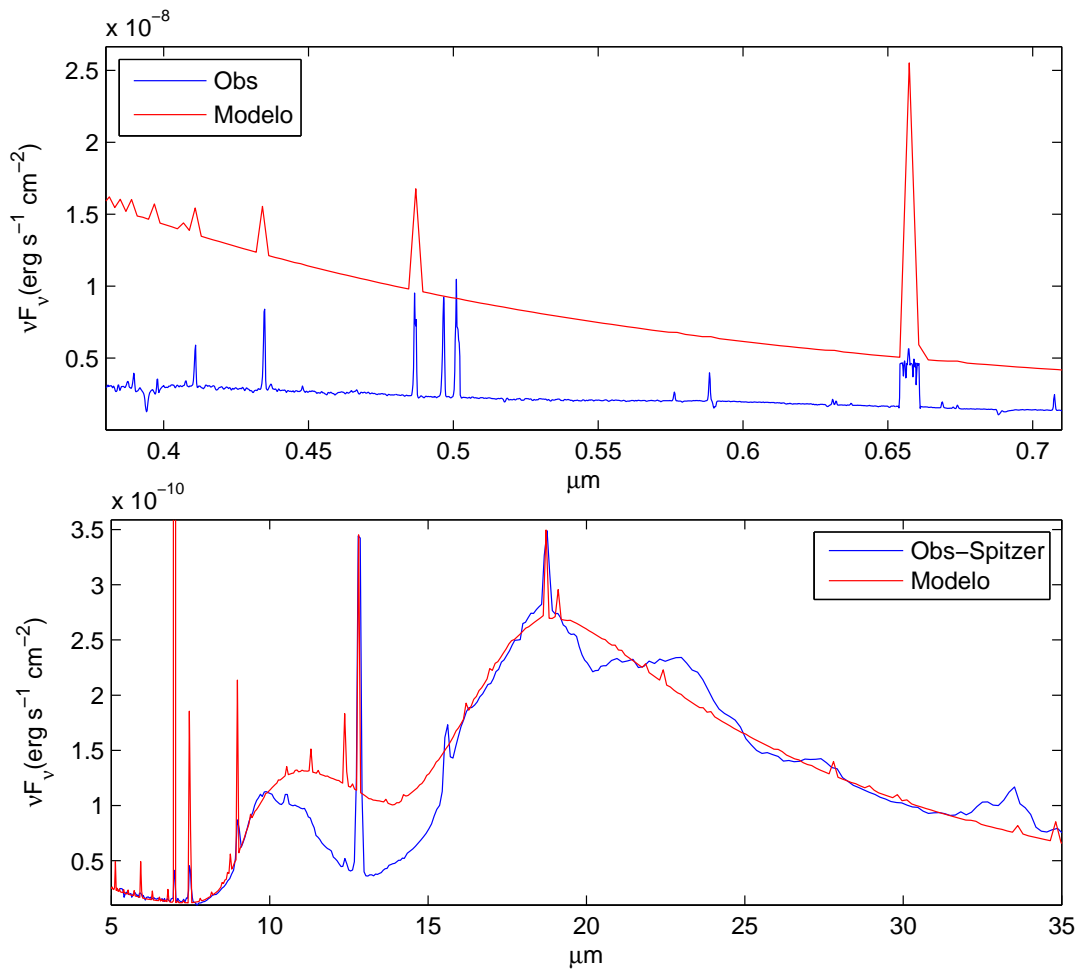


Figura 6.10.: Comparação dos espectros observados no óptico e no IV, com o melhor modelo obtido com o Cloudy, assumindo os parâmetros para o ajuste do espectro IV, visto na tabela 6.10.



Vale citar, que este “melhor” modelo não reproduz as linhas do [O III], características deste objeto, assim sendo, resolvemos também incluir os parâmetros do modelo, que melhor mostra a presença dessas linhas de alta ionização (vide tabela 6.11). Os resultados deste modelo podem ser vistos na figura 6.11 onde observamos que na região do visível são reproduzidas a maioria das linhas em emissão, mas não o contínuo. Já no IV podemos observar que também algumas linhas são reproduzidas, mas o contínuo é bem mais intenso.

Tabela 6.11.: Parâmetros do melhor modelo obtido que reproduz as linhas do [O III] vistas em Hen 3-1312.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
temperatura	$2.65 \times 10^4$ (K)
luminosidade	$1.544 \times 10^{35}$ ( $ergs^{-1}$ )
densidade ( $\log \rho_H$ )	5.5
<b>Geometria</b>	
raio ( $R_{int}$ )	$3.16 \times 10^{14}$ (cm)
raio ( $R_{ext}$ )	-
distância (kpc)	4 (kpc)
<b>Parâmetros do gás</b>	
Abundâncias	
hélio	11.05
carbono	8.57
nitrogênio	8.24
oxigênio	9.21
neon	8.04
magnésio	7.57
silício	7.54
enxofre	7.20
argônio	6.57
ferro	6.89
titânio	7.70
magnésio	6.45
<b>Parâmetros do grão</b>	
grafite (50%) /PAHs (50%)	$1\mu m/0.5\mu m$

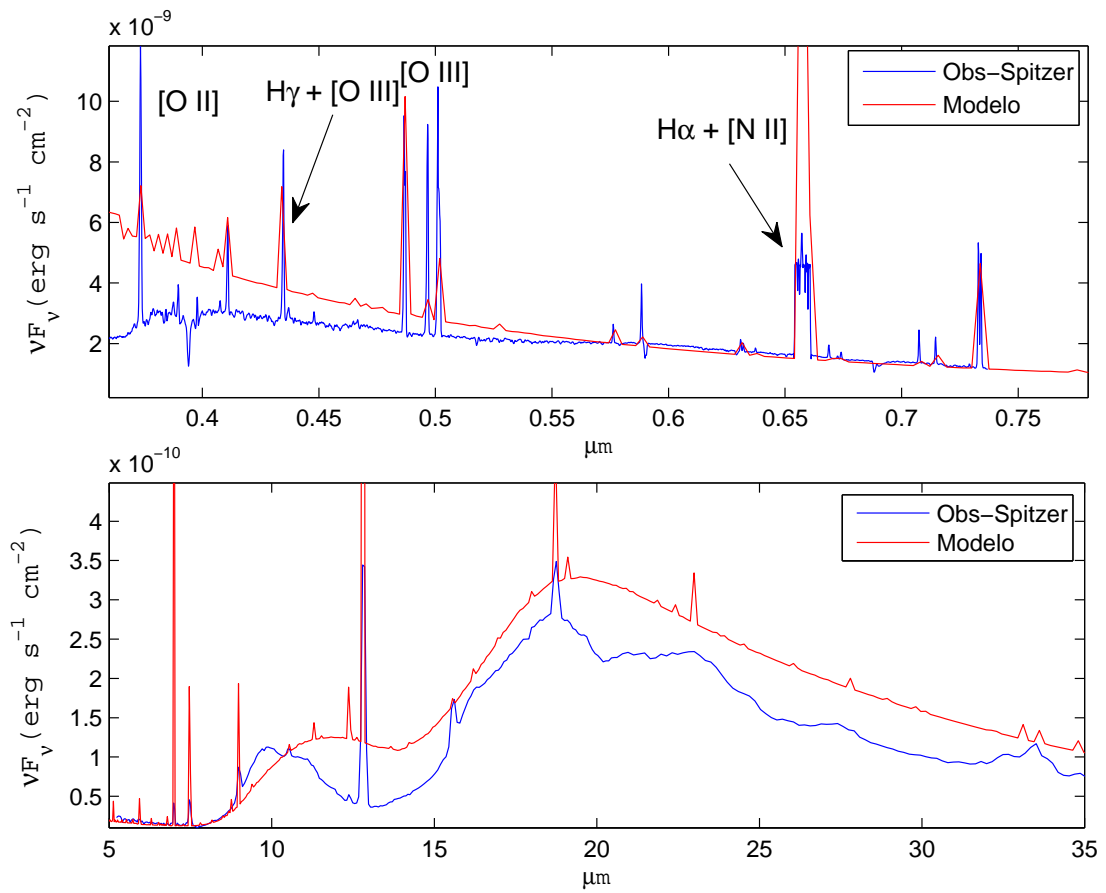


Figura 6.11.: Comparação dos espectros observados de Hen 3-1312 no óptico e no IV, com o modelo que apresenta algumas linhas de alta ionização.

## 6.4. Corpo Negro

Uma vez que os modelos produzidos com o Cloudy não reproduziram bem os espectros observados de Hen 3-1191 e Hen 3-1312, provavelmente devido as limitações do código com a geometria CS esférica assumida, nós também decidimos realizar o exercício de simplesmente estimar a temperatura da poeira responsável pela emissão no IV, através do ajuste da emissão de corpo negro. Nós decidimos expandir esse exercício também para as outras estrelas da nossa amostra. Para isso, determinamos a temperatura da poeira ( $T_p$ ), através da lei de Wien ( $\lambda_{max} = 2898/T_p$ ).

- *Hen 3-938*

Para este objeto não temos dados dos satélites Spitzer nem do ISO, então somente utilizamos os dados fotométricos disponíveis na literatura. Com isso, encontramos dois componentes de poeira, um no IV próximo com  $T_p \sim 1347K$  e outro no IV médio com  $T_p \sim 630 K$  (figura 6.12).

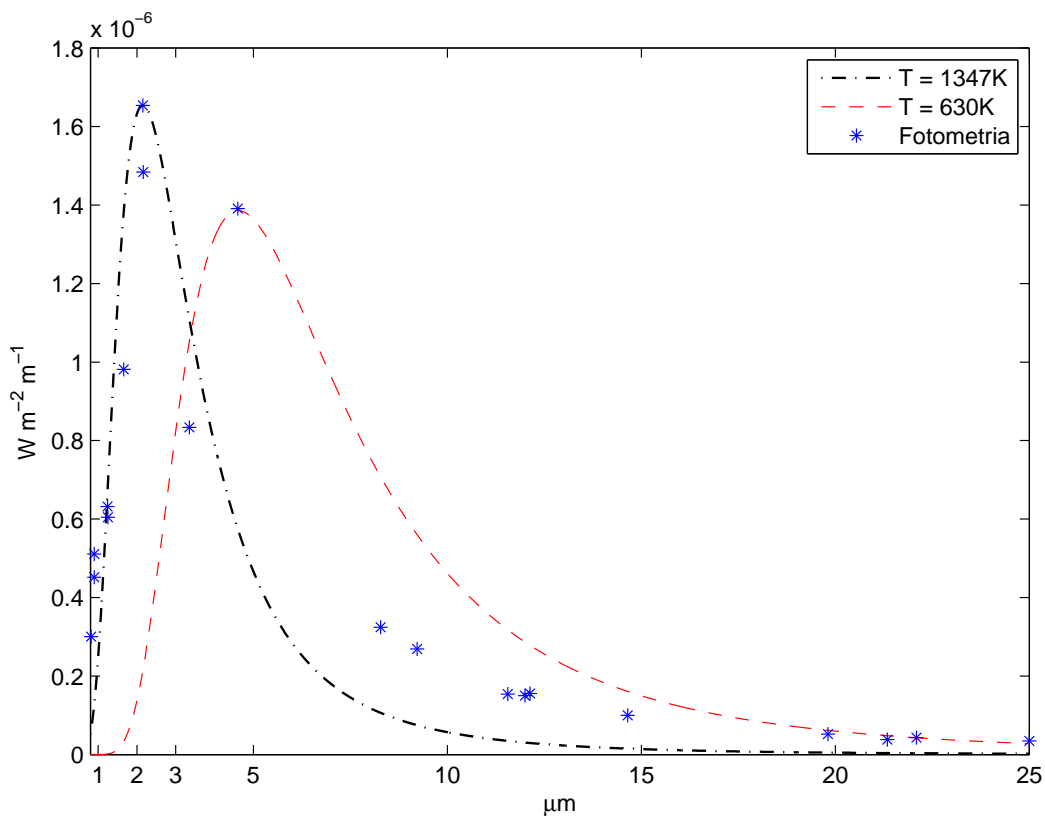


Figura 6.12.: Ajuste da SED no IV de Hen 3-938, onde temos claramente dois picos, relativos a poeira quente e morna. Os asteriscos representam os dados fotométricos obtidos da literatura e as linhas tracejadas representam a emissão de dois corpos negros com temperatura de 1347 K (preta) e 630 K (vermelha).

- *MWC 939*

Na figura 6.13, apresentamos o ajuste da radiação de corpo negro para o espectro do satélite Spitzer e para dados fotométricos obtidos na literatura. O ajuste mostra duas componentes, uma no IV próximo correspondente a  $T_p \sim 865$  K, e a outra no IV médio com  $T_p \sim 317$  K. Este resultado difere do obtido por Gauba et al. (2003), que encontrou a presença de poeira quente com uma temperatura de 1200 K.

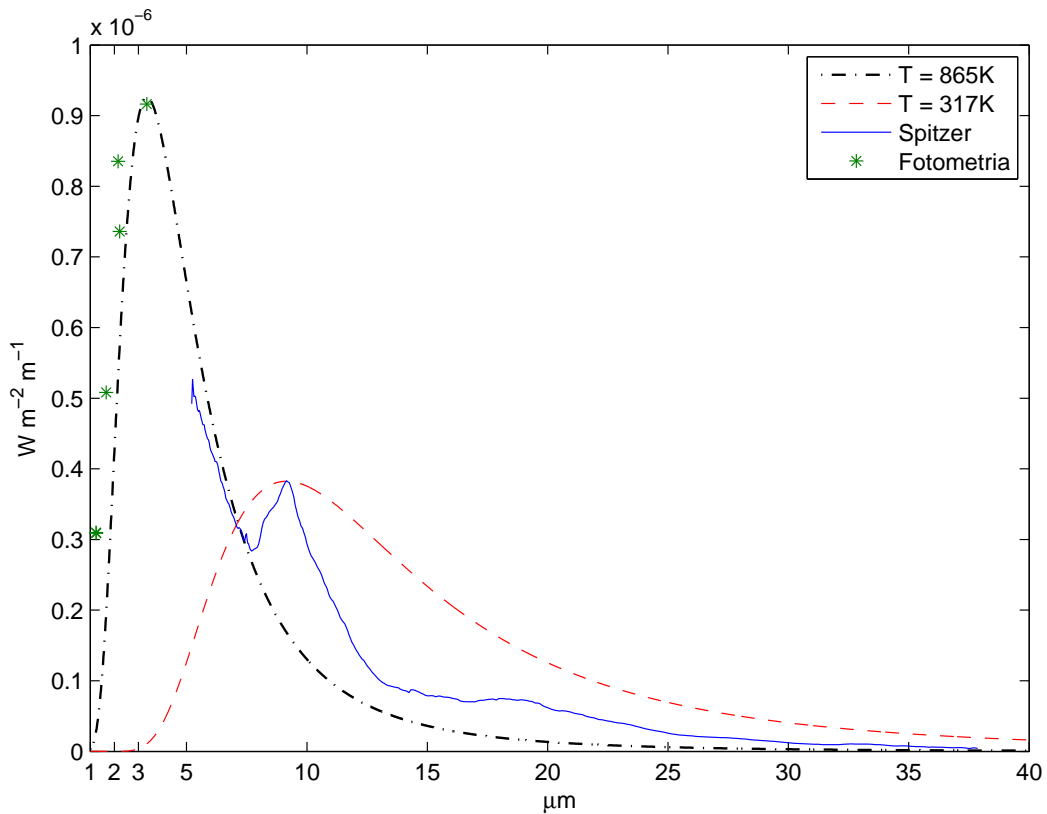


Figura 6.13.: Ajuste da SED no IV de MWC 939, onde temos claramente dois picos, relativos a poeira quente e morna. Os asteriscos representam os dados fotométricos obtidos da literatura, a linha sólida é o espectro Spitzer, e as linhas tracejadas representam a emissão de dois corpos negros com temperatura de 865 K (preta) e 317 K (vermelha).

- *Hen 3-1191*

Para este objeto temos dados dos satélites Spitzer e ISO, mas achamos conveniente só utilizarmos os dados do ISO, porque cobre uma maior região espectral. O ajuste mostra que a temperatura da poeira deste objeto está em torno de 546 K no IV médio (figura 6.14).

É interessante citar, que usando dados fotométricos no IV próximo, de Winter et al. (1994) determinaram uma temperatura de 950 K para Hen 3-1191 (figura 6.15). Entretanto, com os dados fotométricos disponíveis nos arquivos públicos, não conseguimos reproduzir esse resultado e obtivemos uma temperatura mais baixa, de 650 K (figura 6.16).

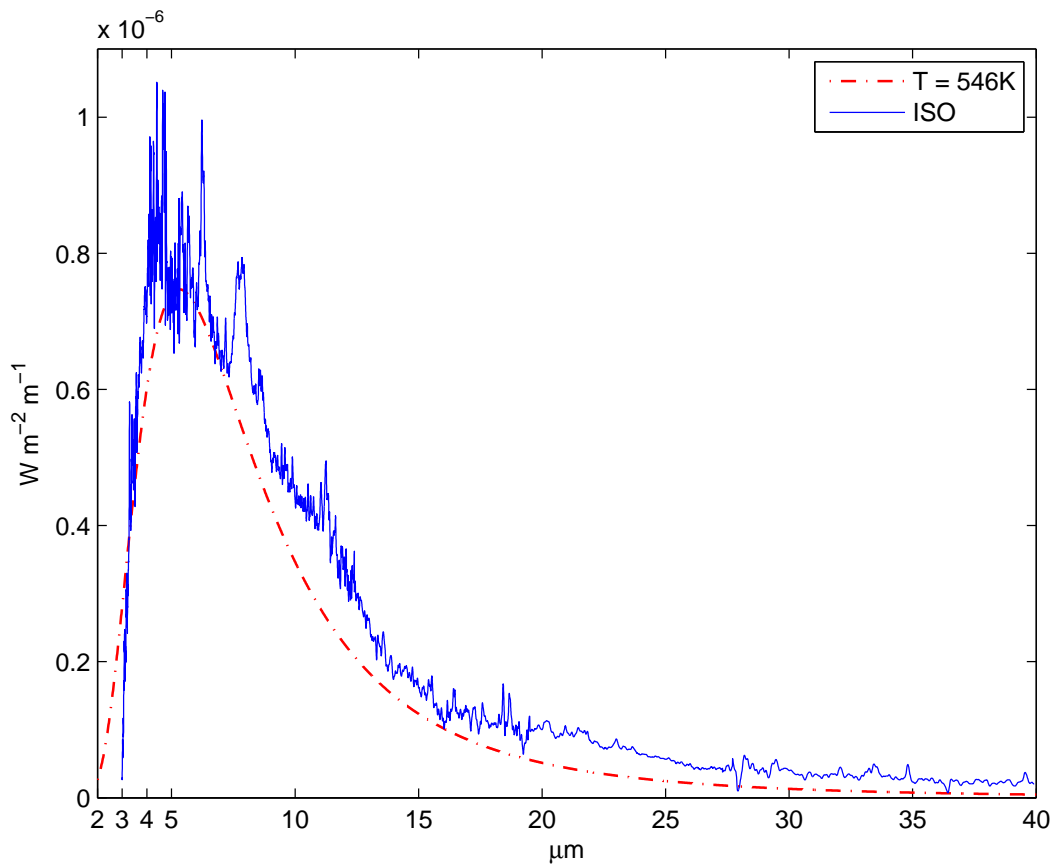


Figura 6.14.: Ajuste a radiação de corpo negro para Hen 3-1191. Onde a linha sólida é o espectro ISO e a linha tracejada-pontilhada vermelha é o ajuste para a radiação de corpo negro, com  $T_p = 546$  K.

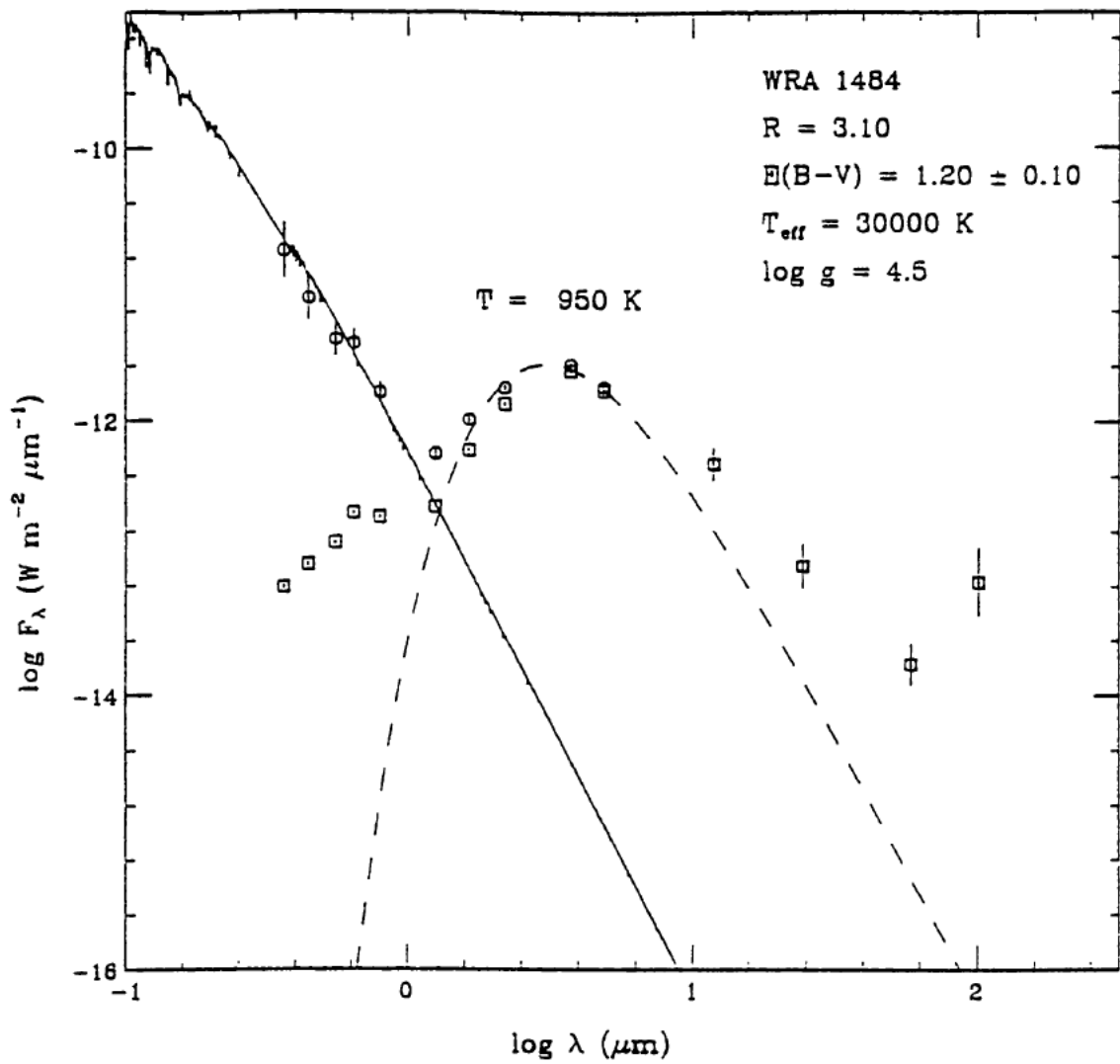


Figura 6.15.: Distribuição espectral de energia de Hen 3-1191 obtida por de Winter et al. (1994), onde a linha contínua é o ajuste para a radiação estelar, assumindo uma  $T_{\text{eff}} = 30000 \text{ K}$ , e a linha tracejada é o ajuste para a região do IV, assumindo uma  $T_p = 950 \text{ K}$ .

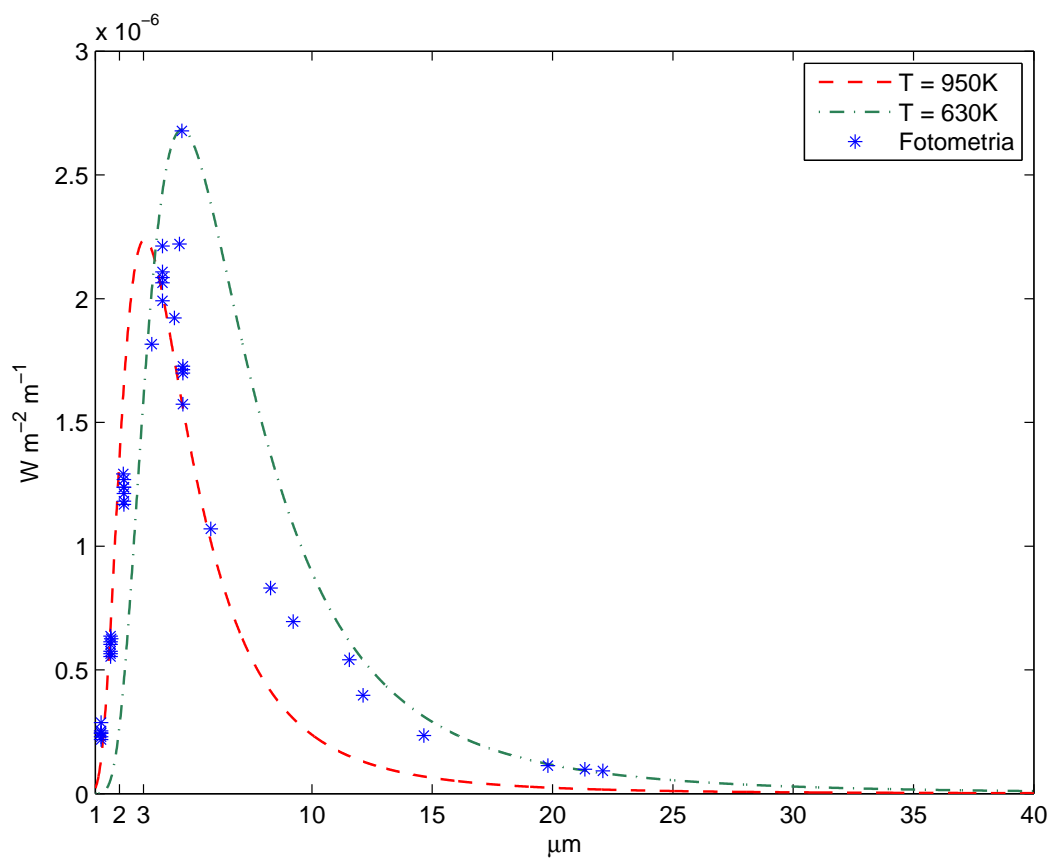


Figura 6.16.: Distribuição espectral de energia para Hen 3-1191 com dados fotométricos obtidos da literatura (asteriscos), onde vemos o ajuste da emissão de um corpo negro com  $T_p = 950$  K, como obtido por [de Winter et al. \(1994\)](#) (linha tracejada vermelha), e o melhor ajuste assumindo  $T_p = 630$  K (linha tracejada-pontilhada verde).

- *Hen 3-1312*

Na figura 6.17 podemos observar o ajuste de um corpo negro para o espectro Spitzer de Hen 3-1312 no IV médio, com  $T_p \sim 276$  K (linha grossa contínua) e distante  $T_p \sim 143$  K (linha tracejada-pontilhada). Vale citar, que [Stanghellini et al. \(2012\)](#) também determinaram a temperatura da poeira através do ajuste de um corpo negro, obtendo uma temperatura de  $133 \pm 11$  K.

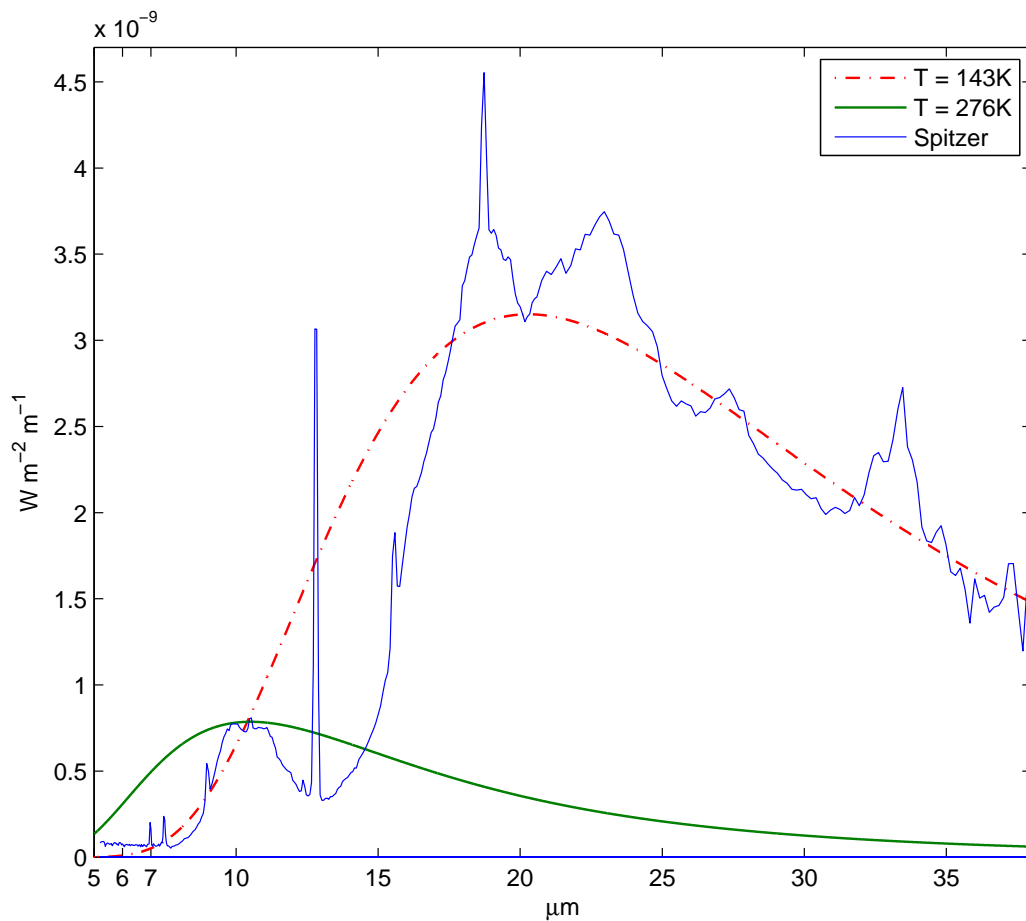


Figura 6.17.: Ajuste a radiação de corpo negro para Hen 3-1312. Onde a linha contínua (azul) é o espectro obtido por o satélite Spitzer, a linha grossa contínua (verde) é o ajuste para a radiação de corpo negro para  $T = 276$ K, e a linha tracejada-pontilhada (vermelha) é o ajuste para  $T = 143$ K.



- *V704 Cen*

Para este objeto temos dados do satélite Spitzer e dados fotométricos encontrados na literatura. Como pode ser visto na figura 6.18, podemos modelar somente uma só componente no IV próximo com  $T_p \sim 865$  K.

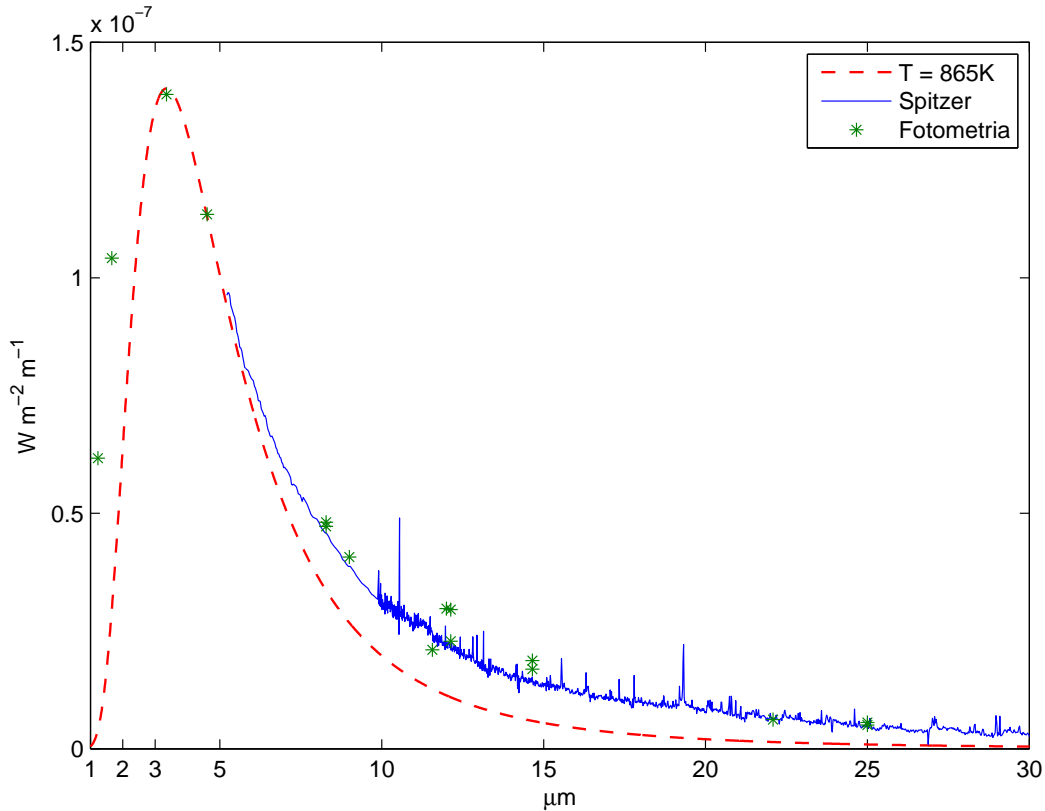


Figura 6.18.: Ajuste a radiação de corpo negro para V704 Cen. Onde os asteriscos são dados fotométricos obtidos da literatura, a linha sólida azul é o espectro Spitzer, e a linha tracejada (vermelha) é o ajuste para a radiação de corpo negro com  $T_p \sim 865$  K.

## 6.5. Diagramas diagnóstico

Nesta seção veremos que a possível natureza de alguns dos nossos objetos, pode ser estimada através de alguns diagramas diagnóstico.

- *Diagrama diagnóstico de densidade eletrônica-excitação (Intensidade)*

Construímos esse diagrama, através das medidas da razão de intensidade das linhas de  $I(H\alpha)/I[SII_{6717}]$  e de  $I(H\alpha)/I([NII]_{6584})$  para Hen 3-1312 (obtidos nos espectros B&C) e para 551 nebulosas planetárias e candidatas do catálogo de “Strasbourg catalogue of Galactic Planetary Nebulae” (Riesgo & López 2006). Considerando uma confiabilidade de  $\sigma=0.85$  (85%), vide elipse em azul na figura 6.19, notamos que Hen 3-1312 tem a sua classificação como nebulosa planetária duvidosa com uma probabilidade de 15%.

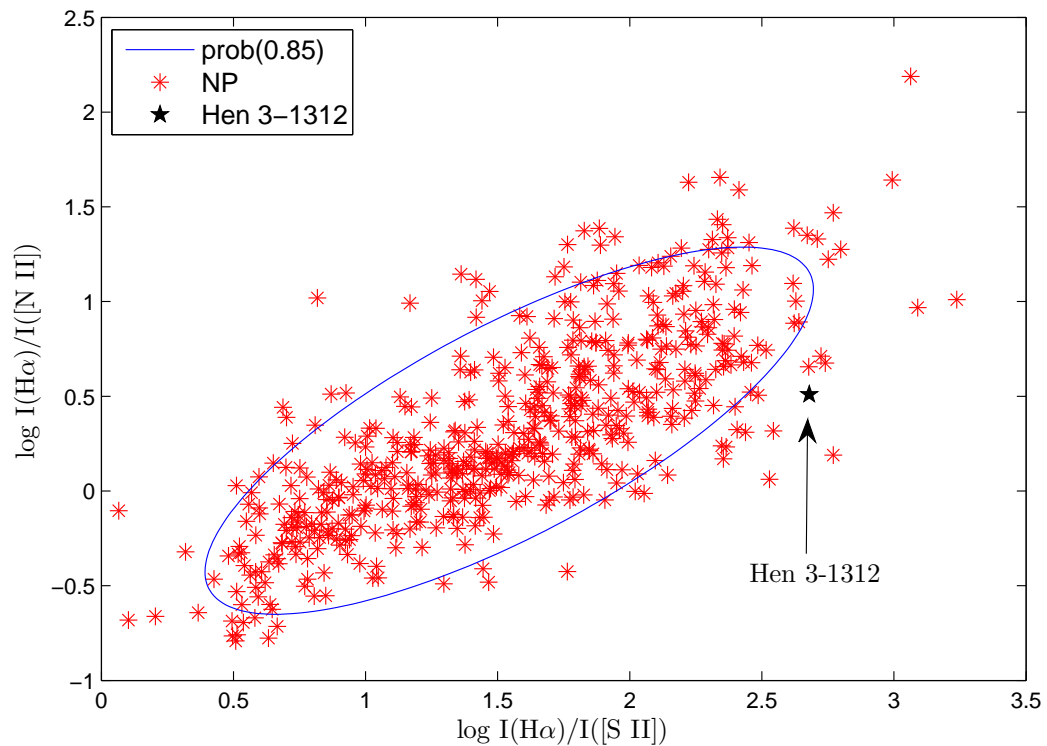


Figura 6.19.: Diagrama diagnóstico com dados de “Strasbourg catalogue of Galactic Planetary” Nebulae (551 objetos), com a elipse de confiabilidade em azul, referente a  $\sigma=0.85$ . A posição de Hen 3-1312 é vista como uma estrela (★).

- *2MASS para simbióticas*

Na figura 6.20 apresentamos o diagrama cor-cor, com cores 2MASS, para estrelas simbióticas confirmadas (Mikolajewska (2002)) e onde incluímos Hen 3-1312 e V704 Cen. Com base nesse gráfico, notamos que Hen 3-1312 está próximo da posição das simbióticas do tipo D', e V704 Cen das simbióticas do tipo D.

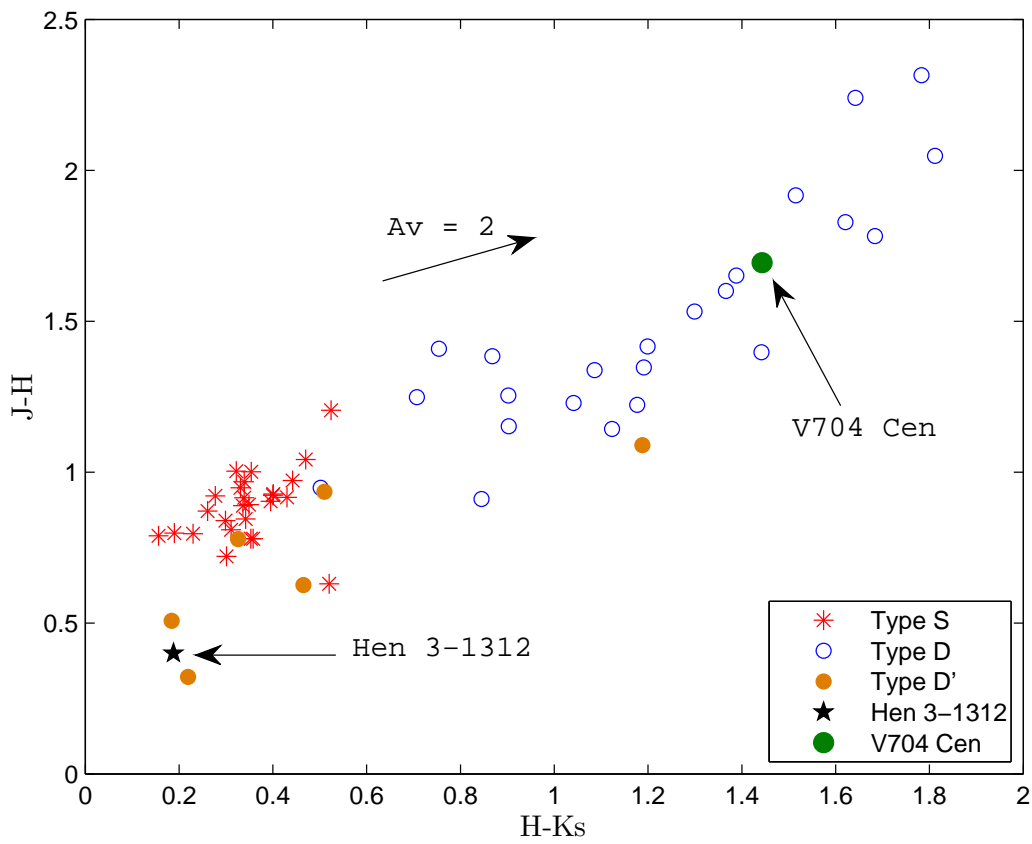


Figura 6.20.: Diagrama cor-cor com cores 2 MASS para estrelas simbióticas confirmadas, onde vemos a presença de Hen 3-1312 (estrela) e V704 Cen (círculo verde).

## 7 Natureza dos Nossos Objetos: Conclusões e Perspectivas

---

Neste trabalho de mestrado realizamos a análise de uma amostra de 5 objetos da Galáxia que apresentam o fenômeno B[e], mas que não têm o estágio evolutivo bem definido, sendo então considerados como estrelas B[e] não classificadas. Isso ocorre, porque esses objetos não apresentam linhas fotosféricas nos seus espectros e existem muitas dúvidas com relação especialmente às suas distâncias. Dessa forma, somos obrigados a nos valer de métodos indiretos para determinar a natureza destes objetos.

Sendo assim, através de espectros de alta resolução do ESO e de telescópios espaciais, obtivemos um atlas espectral para cada objeto da nossa amostra, que confirmou a presença do fenômeno B[e]. Obtivemos uma caracterização da natureza da poeira no IV próximo e médio, e foi possível também estimar a velocidade radial de todos os objetos da nossa amostra. Para alguns deles, a presença de um disco CS é sugerida e a sua velocidade de rotação projetada foi estimada. Através dos índices de cor observados, determinamos o avermelhamento destes objetos e estimamos os seus tipos espectrais e classes de luminosidade. Além disso, utilizamos o Cloudy para tentar modelizar a SED, o que não foi bem sucedido, devido às limitações do código com relação a geometria CS. Por fim, ajustamos a emissão de corpo negro para estimar a temperatura da poeira circunstelar e utilizamos diagramas diagnósticos para tentar classificar alguns dos nossos objetos.

Portanto, nesse capítulo discutiremos os nossos resultados e apresentaremos as nossas conclusões para uma melhor compreensão da possível natureza destes objetos, assim como as perspectivas futuras deste trabalho.

### 7.1. Natureza dos Objetos: Conclusões

Para uma melhor compreensão, discutiremos os resultados de cada objeto separadamente. São eles:

### 7.1.1. Hen 3-938

Na literatura existem dúvidas com relação a natureza desta estrela, seja como um objeto jovem, HAeB[e], ou seja como uma sgB[e], ou até mesmo como uma pós-AGB. Através dos nossos espectros, notamos a presença de perfis P Cygni nas linhas da série de Balmer, assim como em linhas do He I e FeII, indicando uma forte perda de massa, especialmente na direção da linha de visada, como o esperado para as sgB[e]. Esse fato é corroborado com o tipo espectral, a classe de luminosidade e a alta extinção, obtidos através da nossa análise dos índices de cor observados (vide tabelas 6.1 e 6.3).

Por outro lado, comparando os nossos espectros com os da literatura, é possível notar uma variação no perfil e na largura equivalente de  $H\alpha$ , que poderia favorecer à uma natureza jovem para esse objeto. Entretanto, devido à menor resolução dos espectros da literatura e à falta de um acompanhamento temporal por nossa parte, essa afirmação necessita ser confirmada. Além disso, como esse objeto não apresenta perfis P Cygni inversos, indicando a acreção de matéria, e não está associado à nenhuma região de formação estelar, uma classificação como HAeB[e] é bem prejudicada.

Da mesma forma, a ausência de linhas de elementos altamente ionizados, não favorece a classificação de Hen 3-938, como uma pós-AGB ou como proto-nebulosa planetária. Além disso, com base na temperatura efetiva obtida por nós e na luminosidade proveniente de Schmidt-Kaler (1982), vide tabela 7.1, notamos que a posição no diagrama HR de Hen 3-938 parece corresponder a fase de supergigante, como uma sgB[e], sendo originária de uma estrela com  $M_{ZAMS}$  acima de  $25 M_{\odot}$  (figura 7.2).

### 7.1.2. MWC 939

O estágio evolutivo de MWC939 é bem incerto, mas alguns artigos sugerem que ela possa ser uma pós-AGB. Entretanto, o nosso espectro FEROS não apresenta linhas de elementos altamente ionizados, característicos desse tipo de estrela. Já o espectro Spitzer de MWC 939 apresenta uma possível química dupla, com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e silicatos, o que é visto também em alguns objetos evoluídos como pós-AGBs.

Identificamos muitas linhas em emissão do Fe II, [Fe II] e Ti II, sendo várias delas, especialmente as do Fe II, com perfis em pico duplo no nosso espectro, o que sugere a presença de um disco circunstelar. Foi possível então, estimar a velocidade de rotação projetada deste disco, através das linhas da série de Balmer e das proibidas. Como as linhas de Balmer forneceram uma velocidade mais alta do que as proibidas, que são formadas em uma região mais distante da estrela, parece haver a presença de um disco kepleriano, e não em expansão.

Por outro lado, através da nossa análise encontramos que ela pode ser uma B0 Ib, cujos parâmetros vistos na tabela 7.1 e sua posição no diagrama HR (figura 7.2), favoreceriam à uma natureza de sgB[e], com  $M_{ZAMS}$  acima de  $25 M_{\odot}$ .

### 7.1.3. Hen 3-1191

Esse objeto foi classificado na literatura como uma provável pós-AGB ou proto-nebulosa planetária. O que não pôde ser confirmado pelo nosso espectro FEROS, devido à ausência de linhas de elementos altamente ionizados. Por outro lado, os espectros Spitzer e ISO de Hen 3-1191 apresentam claramente uma química dupla, favorecendo um estágio evoluído para esse objeto.

Imagens com o ESO/EFOCS mostraram a presença de uma nebulosa bipolar ao redor de Hen 3-1191. Através de medidas interferométricas foi resolvido a presença de um disco CS, fato esse depois visto por medidas polarimétricas. O mesmo foi confirmado por nós, pela presença de linhas em emissão com picos duplos, onde estimamos a velocidade de rotação projetada.

Com relação a posição no diagrama HR, vemos que essa estrela seria uma B3-5 V, no final da sequência principal ou em uma possível fase de nebulosa planetária, o que não pode ser confirmado devido aos modelos de [Georgy et al. \(2013\)](#) terem sido computados somente até a fase de “early AGB” para estrelas de massa intermediária. Apesar disso, podemos estimar uma  $M_{ZAMS}$  entre 5 e 7  $M_{\odot}$  para este objeto (figura 7.2). Entretanto, esse resultado deve ser visto com muita cautela, uma vez que através da nossa análise dos índices de cor, determinamos um alto avermelhamento circunstelar ( $E(B - V)_{CS} = 0.24$ , o segundo maior da nossa amostra).

### 7.1.4. Hen 3-1312

Essa estrela foi inicialmente considerada como uma nebulosa planetária compacta de muito baixa excitação. Mais tarde, com base em dados FEROS e ESO/B&C, [Pereira \(2004\)](#) sugeriu que ela seria na realidade um sistema binário, obtendo os parâmetros para a componente fria.

O nosso trabalho, através da análise de dados FEROS obtidos 5 anos após aqueles de [Pereira \(2004\)](#), não encontrou variações temporais significativas. Buscamos então, valorizar a descrição do rico espectro com linhas em emissão deste objeto. Nele encontramos a presença de linhas de elementos altamente ionizados, como [O III] e [N III], confirmando a presença de uma componente quente no sistema, ou simplesmente de um objeto evoluído como uma proto-nebulosa planetária.

Através da análise dos índices de cor observados e das DIBs, obtivemos tanto a extinção interestelar quanto a CS, confirmando a grande contribuição da última ( $E(B - V)_{CS} = 0.44$ , a maior da nossa amostra). Esse fato, da mesma forma que para Hen 3-1191, exige uma cautela maior quanto aos parâmetros obtidos para este objeto, que seria de uma B8-9 II/III - V. Entretanto mesmo assim, considerando a posição de Hen 3-1312 no diagrama HR, utilizando os nossos parâmetros, vemos que esta estrela encontra-se em uma fase de subgigante, ou como Hen 3-1191 em uma possível fase de nebulosa planetária, o que não pode ser confirmado como explicado acima. Nesse caso, esse objeto tem uma  $M_{ZAMS}$  entre 4 e 5  $M_{\odot}$  (figura 7.2).

Por outro lado é interessante citar, que considerando Hen 3-1312 como uma simbiótica, a posição da sua componente fria no diagrama HR (figura 7.1), com base nos parâmetros obtidos por [Pereira \(2004\)](#) e em comparação com componentes frias de estrelas simbióticas confir-

madras, não parece indicar que ela seja uma gigante vermelha. Isso também pode ser confirmado pela ausência em nossos espectros de bandas do TiO. Por outro lado, em comparação com a literatura, notamos uma variação da velocidade radial, que poderia ser devido à binaridade. Ao utilizarmos um diagrama diagnóstico com cores 2MASS (vide figura 6.20), vemos que Hen 3-1312 pode ser uma simbiótica do tipo D'.

Tabela 7.1.: Valores da extinção em magnitudes ( $A_v$ ), magnitude aparente ( $m_v$ ), a magnitude absoluta ( $M_v$ ), temperatura efetiva ( $T_{eff}$ ) e luminosidade (em termos de  $L_\odot$ ), com base nos nossos resultados e de Schmidt-Kaler (1982).

Objetos	$A_v$	$m_v$	$M_v$	$T_{eff}$ (K)	$L_\star/L_\odot$
Hen 3-938	5.05	13.5	-6.40±0.22	23400±2600	205000±5000
MWC 939	2.11	12.37	-6.10±0.30	26000±3000	260000 ±110000
Hen 3-1191	1.95	15.515	-1.40±0.20	17000±2000	1370±535
Hen 3-1312	1.30	11.247	-0.05±0.23	11200±700	138±42
	1.30	11.247	-0.90±0.30	11700±700	580±120
V704 Cen	3.75	14.06	-3.60±0.40	27700±2300	34000±18000
	3.75	14.06	-4.62±0.47	22200±2000	28000±11000

### 7.1.5. V704 Cen

Esse é mais um objeto da nossa amostra, que foi previamente classificado na literatura como uma proto- ou nebulosa planetária, especialmente com base na presença de linhas de elementos altamente ionizados, tipicamente nebulares. Fato esse, que foi confirmado pelo nosso atlas espectral.

Além disso, através da presença de linhas proibidas com picos duplos, pudemos estimar a velocidade de rotação projetada de um possível disco CS. Já no espectro Spitzer deste objeto não encontramos evidências de silicatos, mas sim possivelmente de PAHs.

Através da nossa análise com os índices de cor, encontramos que esse objeto seria bem quente, com temperatura efetiva entre 22000 e 27000 K, sendo uma B0-1 V ou uma B1-2 II/III e cuja posição no diagrama HR, indica uma fase de pós-sequência principal (talvez de sub-gigante ou gigante) com uma  $M_{ZAMS}$  entre 10 e 15  $M_\odot$  (figura 7.2).

Por outro lado, através do diagrama diagnóstico com as cores 2MASS, vimos que essa estrela pode ser na realidade do tipo D, diferentemente do sugerido por [Pereira et al. \(1998\)](#), de que V704 Cen poderia ser uma simbiótica do tipo S. Entretanto, em nossos espectros também não identificamos bandas do TiO.

## 7.2. Perspectivas

Ficou claro no nosso estudo a complexidade dos objetos da nossa amostra e a nossa dificuldade, devido à ausência de linhas fotosféricas e de uma melhor determinação da distância, para obter-

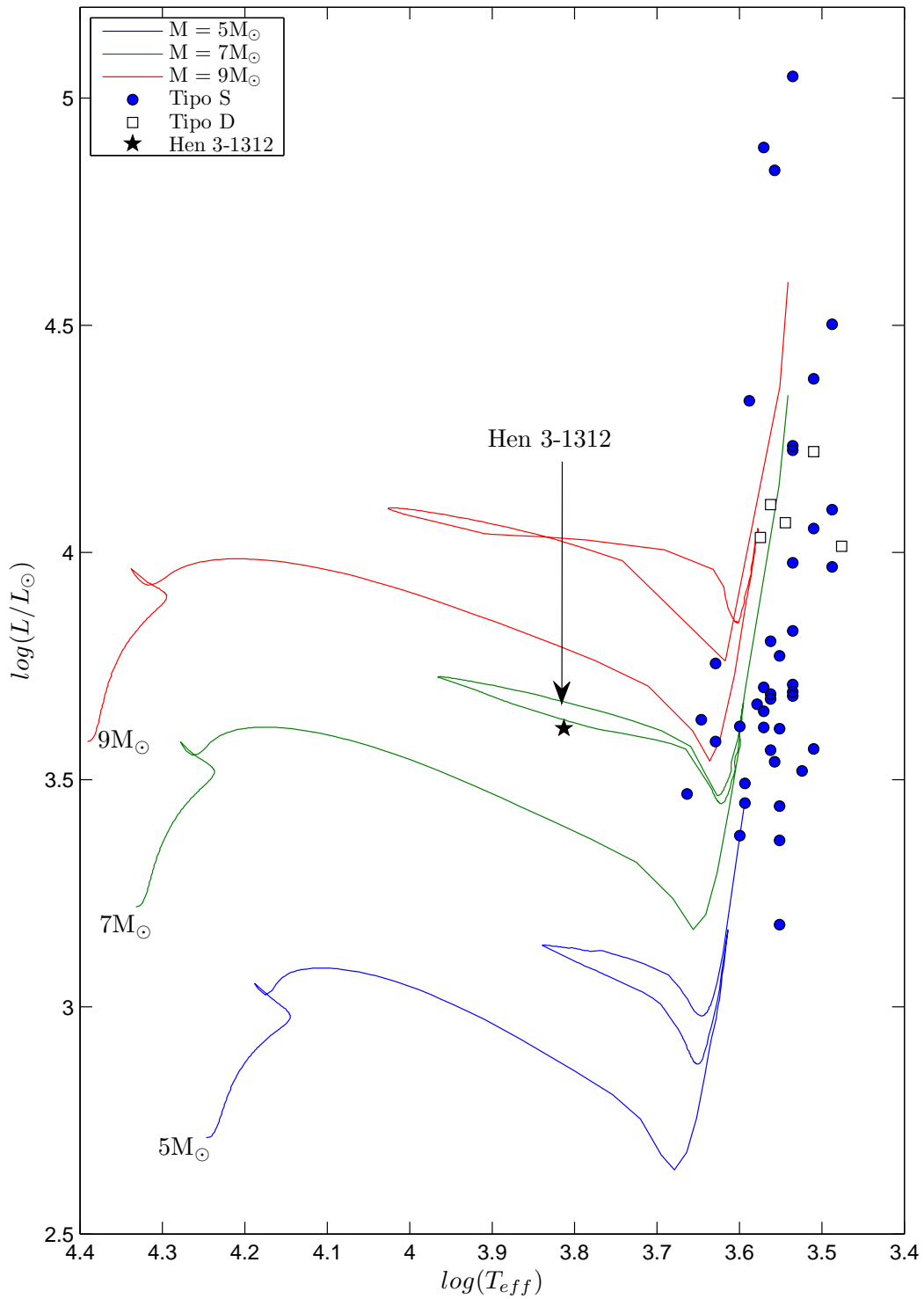


Figura 7.1.: Diagrama HR, onde podemos notar as trilhas evolutivas para estrelas de diferentes massas com metalicidade solar de [Georgy et al. \(2013\)](#), linhas sólidas, e a posição das componentes frias de estrelas simbióticas confirmadas do tipo D e tipo S e de Hen 3-1312.



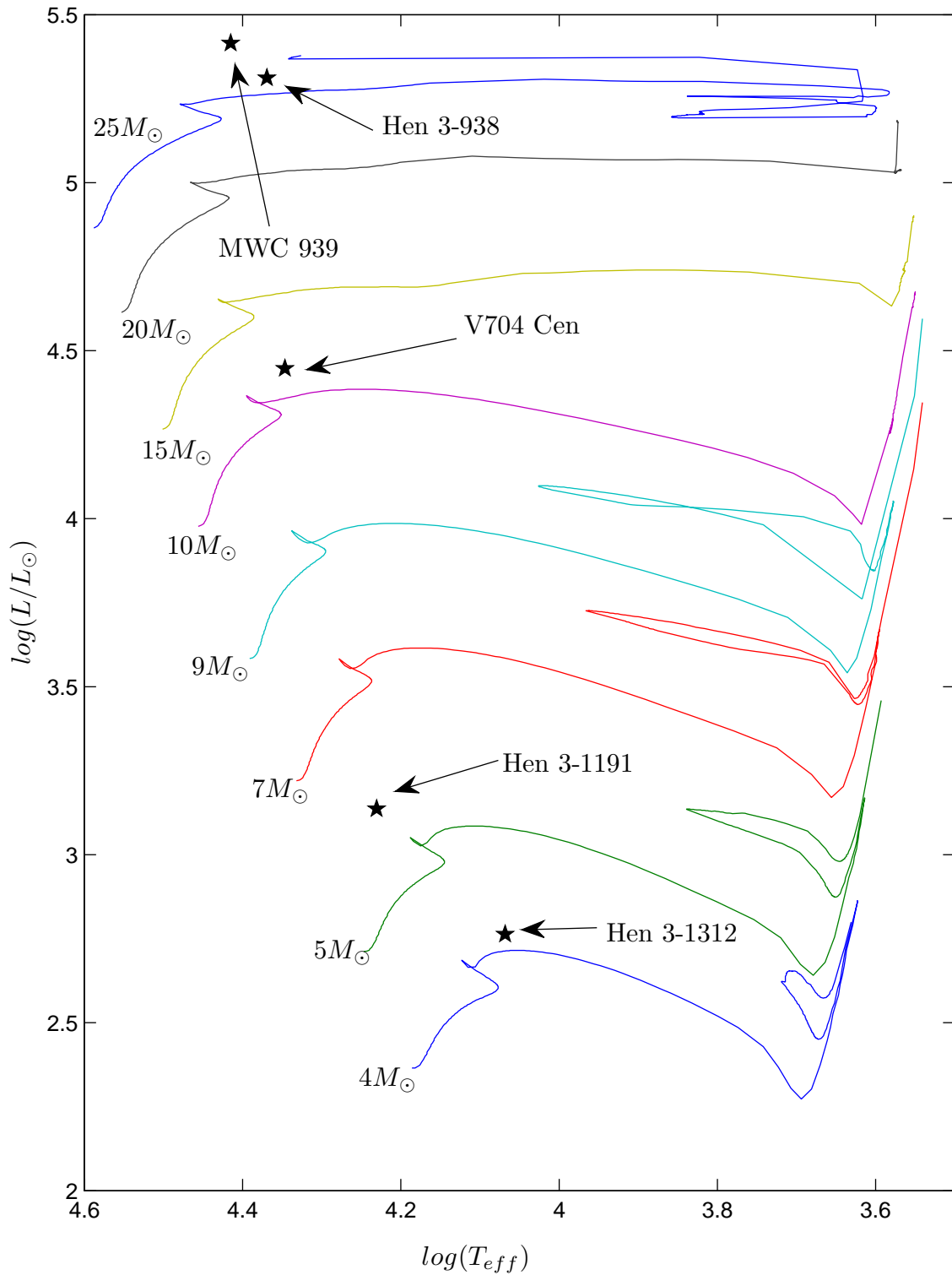


Figura 7.2.: Diagrama HR, onde podemos notar as trilhas evolutivas para estrelas de diferentes massas com metalicidade solar de [Georgy et al. \(2013\)](#), linhas sólidas, e a posição dos 5 objetos da nossa amostra, (★).

mos os seus parâmetros físicos. Com isso, somos obrigados a utilizar métodos indiretos, que por vezes apresentam grandes incertezas. Por outro lado, estamos confiantes que os resultados obtidos neste trabalho, contribuirão para uma melhor compreensão destas estrelas B[e] não classificadas.

Entretanto, muito ainda pode e deve ser feito. Em especial, como um passo futuro, precisamos aumentar a quantidade de dados fotométricos e espectroscópicos de alta resolução e com alto S/N. É importante também realizarmos uma campanha observacional que permita a análise de variações temporais fotométricas e espectrais.

Certamente com o advento das observações provenientes da missão Gaia, o problema da determinação da distância destes objetos deve ser superado, facilitando a compreensão da natureza deles.

Além disso, é extremamente necessário a utilização de códigos numéricos que permitam modelar o meio circunstelar com diferentes geometrias, considerando tanto a presença de gás quanto de poeira. Como exemplo, temos o HDUST, que pretendemos utilizar em colaboração com o Dr. Alex Carciofi do IAG/USP, a fim de obtermos grades de modelos para as diferentes classes de estrelas com o fenômeno B[e].



# A Atlas espectral de nossa amostra

---

Nas seções [A.1](#), [A.2](#), [A.3](#), [A.4](#) e [A.5](#), apresentamos os atlas de linhas identificadas dos espectros de alta resolução de: Hen 3-938, MWC 939, Hen 3-1191, Hen 3-1312 e V704 Cen.

Onde a primeira coluna é o comprimento de onda observado, a segunda coluna é comprimento de onda medido em laboratório, a terceira coluna é a provável identificação da linha, a quarta coluna é a velocidade radial, a quinta coluna é a largura equivalente, e sexta coluna indica o perfil da linha observada: “A” para o perfil em absorção, “S” para o perfil em emissão com pico simples, “D” para o perfil em emissão com pico duplo, e “M” para o perfil com múltiplos picos.

## A.1. Atlas espectral de Hen 3-938

Tabela A.1.: Atlas de linhas de emissão em Hen 3-938: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (S = simples, D=duplo, M = múltiplo.)

Obs (Å)	Lab (Å)	identificação	$v$ [ $km\ s^{-1}$ ]	W (Å)	perfil
3938.08	3938.28	Fe II	-15.24	-0.31	M
3948.83	3949.1	La II	-20.51	-0.15	S
4053.64	4054.1	O II	-34.04	-0.17	M
4066.82	4067.05	Cr II	-16.97	-0.34	S
4122.40	4122.64	Fe II	-17.32	-0.45	S
4127.90	4128.10	Si II	-14.54	-0.17	S
4128.46	4128.73	Fe II	-19.98	-0.18	S
4171.71	4171.92	Cr II	-15.10	-0.27	S
4177.40	4177.70	Fe II	-21.54	-0.21	S
4243.68	4243.98	[Fe II]	-21.21	-0.10	S
4257.90	4258.20	Fe II	-21.14	-0.33	S

4261.70	4261.90	Cr II	-14.08	-0.17	S
4271.50	4271.76	Fe I	-18.54	-0.07	S
4273.10	4273.42	Fe III	-22.47	-0.24	S
4275.30	4275.57	Cr II	-18.95	-0.06	S
4287.05	4287.40	[Fe II]	-24.49	-0.35	S
4296.30	4296.60	Fe II	-20.95	-0.46	S
4301.70	4301.93	Ti II	-15.90	-0.16	S
4314.40	4314.80	Ti I	-27.81	-0.17	S
4314.69	4314.98	Ti II	-20.09	-0.13	S
4359.00	4359.30	[Fe II]	-20.65	-0.24	S
4367.40	4367.66	Ti II	-17.65	-0.07	S
4369.10	4369.40	Fe II	-20.60	-0.27	S
	4369.40	Fe II	-20.87		S
4384.00	4384.33	Fe II	-22.58	-0.20	S
4393.80	4394.06	Ti II	-17.55	-0.12	S
4395.60	4395.95	O II	-23.89	-0.15	S
4399.47	4399.77	Ti II	-20.25	-0.26	S
4413.40	4413.78	[Fe II]	-25.83	-0.24	S
4416.60	4416.80	Fe II	-13.59	-0.41	S
4450.20	4450.49	Ti II	-19.35	-0.16	S
4451.60	4452.10	[Fe II]	-33.70	-0.30	D
4461.20	4461.56	O III	-24.21	-0.28	S
4464.20	4464.46	Ti II	-17.34	-0.11	S
4472.60	4472.92	Fe II	-21.53	-0.32	S
4481.20	4481.30	Mg II	-6.69	-0.40	S
4488.90	4489.20	Fe II	-20.05	-0.21	S
4491.10	4491.40	Fe II	-20.04	-0.43	S
4541.30	4541.50	Fe II	-13.21	-0.34	S
4565.40	4565.68	Fe I	-18.66	-0.15	S
4576.10	4576.30	Fe II	-13.11	-0.36	S
4579.80	4580.05	Fe II	-16.38	-0.52	S
4582.50	4582.80	Fe II	-19.64	-0.11	S
4589.60	4589.93	Ar II	-21.57	-0.13	S
4616.30	4616.60	Cr II	-19.50	-0.11	S
4620.20	4620.50	Fe II	-19.48	-0.24	S
4656.70	4657.00	Fe II	-19.33	-0.27	S
4663.39	-	-	-	-0.12	S
4666.50	4666.80	Fe II	-19.29	-0.46	S
4669.88	-	-	-	-0.28	S
4727.70	4728.10	[Fe II]	-25.38	-0.12	S

4731.20	4731.40	Fe II	-12.68	-0.36	S
4779.68	-	-	-	-0.11	S
4798.10	4798.53	Ti II	-27.20	-0.09	S
4804.80	4805.10	Ti II	-18.73	-0.14	S
4812.00	4812.40	Cr II	-24.94	-0.08	S
4814.20	4814.60	[Fe II]	-24.93	-0.12	S
4825.42	-	-	-	-0.09	S
4832.90	4833.20	Fe II	-18.62	-0.25	S
4835.90	4836.22	Cr II	-19.85	-0.10	S
4855.80	4856.19	Cr II	-24.09	-0.31	S
4871.00	4871.27	Fe II	-16.63	-0.11	S
4873.70	4874.02	Ti II	-20.01	-0.90	S
4876.10	4876.50	Cr II	-24.61	-0.21	S
	4876.40	Cr II	-18.46		S
4884.31	4884.57	Cr II	-15.97	-0.05	S
4889.30	4889.63	[Fe II]	-20.25	-0.14	S
4893.50	4893.78	Fe II	-17.17	-0.19	S
4910.90	4911.20	Ti II	-18.33	-0.16	S
4993.00	4993.40	Fe II	-24.03	-0.40	S
5055.70	5056.40	Si II	-41.54	-0.25	S
5072.00	5072.40	[Fe II]	-23.66	-0.14	S
	5072.30	Ti II	-17.74		S
5100.43	5100.70	Fe II	-15.88	-0.32	S
5120.03	5120.34	Fe II	-18.16	-0.08	S
5128.80	5129.14	Ti II	-19.89	-0.19	S
5132.30	5132.67	Fe II	-21.63	-0.30	S
5136.49	5136.79	Fe II	-17.40	-0.06	S
5145.80	5146.10	Fe II	-17.49	-0.27	S
5145.80	5146.12	Fe II	-18.66	-0.27	S
5150.56	5150.86	Al III	-17.47	-0.05	S
5153.80	5154.06	Ti II	-15.13	-0.19	S
5158.40	5158.81	[Fe II]	-23.84	-0.33	S
5160.76	5161.18	Fe II	-24.42	-0.06	S
5166.90	-	-	-	-0.17	S
5171.30	5171.62	Fe II	-18.56	-0.16	S
5172.40	5172.68	Mg I	-16.24	-0.24	S
5183.30	5183.60	Mg I	-17.36	-0.24	S
5185.60	5185.90	Ti II	-17.36	-0.11	S
5188.39	5188.70	Ti II	-17.92	-0.24	S
5254.60	5254.90	Fe II	-17.13	-0.57	S

5256.60	5256.98	Fe II	-21.69	-0.16	S
5261.20	5261.60	[Fe II]	-22.81	-0.19	S
5264.50	5264.80	Fe II	-17.10	-0.44	S
5272.90	5273.40	[Fe II]	-28.45	-0.07	S
5279.70	5280.08	Cr II	-21.59	-0.13	S
5283.78	-	-	-	-1.53	S
5305.60	5305.85	Cr II	-14.14	-0.09	S
5308.10	5308.44	Cr II	-19.22	-0.10	S
5313.20	5313.60	Cr II	-22.58	-0.20	S
5325.20	5325.60	Fe II	-22.53	-0.42	S
5333.30	5333.70	[Fe II]	-22.50	-0.13	S
5334.50	5334.88	Cr II	-21.37	-0.11	S
5336.50	5336.81	Ti II	-17.43	-0.11	S
5337.40	5337.71	Fe II	-17.59	-0.15	S
5362.50	5362.90	Fe II	-22.38	-1.06	S
5376.00	5376.50	[Fe II]	-27.90	-0.12	S
5380.70	5381.02	Ti II	-17.84	-0.09	S
5407.30	5407.62	Cr II	-17.75	-0.08	S
5408.50	5408.84	Fe II	-18.96	-0.07	S
5412.30	5412.60	[Fe II]	-16.63	-0.06	S
5418.50	5418.80	Ti II	-16.61	-0.03	S
5424.90	5425.30	Fe II	-22.12	-0.57	S
5427.47	5427.83	Fe II	-19.90	-0.18	S
5432.63	5432.98	Fe II	-19.33	-0.43	S
5501.70	5502.05	Cr II	-19.09	-0.08	S
5502.90	5502.80	Cr II	5.45	-0.03	S
5524.80	5525.14	Fe II	-18.46	-0.09	S
5526.70	5527.30	[Fe II]	-32.57	-0.25	S
5529.60	5529.94	Fe II	-18.45	-0.07	S
5534.50	5534.90	Fe II	-21.68	-0.88	S
5567.40	5567.81	Fe II	-22.36	-0.11	S
5576.90	5577.30	[O I]	-21.52	-0.09	S
5577.50	5577.70	Ar II	-10.76	-1.26	S
5586.70	5587.36	Fe I	-35.44	-0.15	S
5627.10	5627.50	Fe II	-21.33	-0.11	S
5640.60	5640.97	Sc II	-19.68	-0.06	S
5657.60	5657.80	Fe II	-10.61	-0.30	S
5668.70	5668.90	Ce II	-10.64	-0.06	S
5813.30	5813.67	Fe II	-19.09	-0.06	S
5835.10	5835.40	Fe II	-15.42	-0.07	S

5952.20	5952.40	N II	-10.08	-0.12	S
5991.00	5991.40	Fe II	-20.03	-1.10	S
6083.70	6084.10	Fe II	-19.72	-0.44	S
6103.10	6103.50	Fe II	-19.66	-0.13	S
6112.90	6113.30	Fe II	-19.63	-0.15	S
6129.20	6129.70	Fe II	-24.47	-0.10	S
6147.40	6147.70	Fe II	-14.64	-0.42	S
6148.90	6149.20	Fe II	-14.64	-0.39	S
6179.00	6179.38	Fe II	-18.35	-0.10	S
6238.00	6238.40	Fe II	-19.24	-0.37	S
6239.48	6239.95	Fe II	-22.60	-0.25	S
6299.84	6300.00	[O I]	-7.62	-0.71	S
6304.90	6305.31	Fe II	-19.75	-0.10	S
6317.54	6318.00	Fe I	-21.84	-0.92	S
6363.30	6363.80	[O I]	-23.57	-0.30	S
6369.00	6369.50	Fe II	-23.55	-0.48	S
6383.30	6383.80	Fe II	-23.50	-0.28	S
6385.00	6385.47	Fe II	-22.22	-0.17	S
6406.85	6407.30	Fe II	-21.07	-0.16	S
6416.50	6416.90	Fe II	-18.70	-0.85	S
6432.30	6432.70	Fe II	-18.66	-1.43	S
6442.54	6442.97	Fe II	-20.02	-0.15	S
6515.70	6516.10	Fe II	-18.42	-1.79	S
6563.20	6562.80	H $\alpha$	18.28	-11.35	D
6717.30	6717.91	Ti II	-27.24	-0.04	S
6998.50	6999.90	Fe I	-60.01	-0.08	S
7154.60	7155.10	[Fe II]	-20.97	-0.69	S
7171.50	7171.90	[Fe II]	-16.73	-0.13	S
7214.30	7214.69	[Fe II]	-16.22	-0.11	S
7221.90	7222.39	Fe II	-20.35	-0.35	S
7224.10	7224.50	Fe II	-16.61	-0.05	S
7288.60	7289.00	Fe II	-16.46	-0.05	S
7299.99	7300.59	Fe I	-24.66	-0.90	S
7301.10	7301.57	Fe II	-19.31	-0.19	S
7307.60	7308.00	Fe II	-16.42	-0.22	S
7309.50	7309.97	Fe II	-19.29	-0.02	S
7310.00	7310.24	Fe II	-9.85	-0.10	S
7320.20	7320.70	Fe II	-20.49	-0.23	S
7323.40	7323.88	[Ca II]	-19.66	-0.89	S
7377.30	7377.90	[Ni II]	-24.40	-0.29	S



7386.70	7387.10	Mn II	-16.25	-0.05	S
7387.60	7388.20	[Fe II]	-24.37	-0.10	S
7411.10	7411.18	Fe I	-3.16	-0.10	S
7415.30	7415.78	Mn II	-19.42	-0.25	S
7431.80	7432.23	[Fe II]	-17.36	-0.10	S
7441.90	7442.30	N I	-16.12	-0.10	S
7448.90	7449.30	Fe II	-16.11	-0.38	S
7452.00	7452.50	[Fe II]	-20.13	-0.23	S
7479.20	7479.70	Fe II	-20.06	-0.14	S
7495.10	7495.67	Fe I	-22.81	-0.18	S
7512.97	7512.17	Fe I	31.94	-0.60	S
7515.23	7515.88	Fe II	-25.95	-0.58	S
7532.90	7533.40	Fe II	-19.91	-0.33	S
7711.20	7711.70	Fe II	-19.45	-1.26	S
7865.80	7866.50	Fe II	-26.70	-0.27	S
7876.70	7877.10	Mg II	-15.23	-0.48	S
7895.84	7895.50	Ti I	12.92	-0.52	S
7917.13	7917.85	Cr I	-27.28	-0.17	S
7975.27	7975.58	[Cr II]	-11.66	-0.13	S
7999.46	8000.12	[Cr II]	-24.75	-0.10	S
8109.78	8108.33	Fe I	53.64	-0.40	S
8184.40	8184.80	N I	-14.66	-0.19	S
8187.50	8187.95	N I	-16.49	-0.08	S
8194.30	8194.79	Na I	-17.94	-0.09	S
8213.60	-	-	-	-0.15	M
8215.80	8216.80	N I	-36.52	-0.09	S
8241.90	8242.30	N I	-14.56	-0.17	S
8248.20	8248.15	Fe I	1.78	-0.14	S
8254.30	8254.34	Fe I	-1.45	-0.05	S
8263.80	8264.27	Fe I	-17.06	0.02	S
8267.50	-	-	-	-0.10	S
8280.70	-	-	-	-0.18	S
8286.70	-	-	-	-0.69	S
8291.90	8292.30	H I	-14.47	-0.25	S
8298.30	8298.80	H I	-18.08	-0.45	S
8306.20	8306.80	Si I	-21.67	-0.07	S
8313.60	-	-	-	-0.24	S
8322.90	8323.40	H I	-18.02	-0.16	S
8333.30	8334.00	H I	-25.20	-0.27	S
8358.50	8359.00	H I	-17.95	-0.62	S

8374.10	8374.50	H I	-14.33	-1.08	S
8392.00	8392.40	H I	-14.30	-1.15	S
8446.10	8446.80	O I	-24.86	-4.28	S
8450.53	8450.89	Ti I	-12.78	-0.58	S
8466.66	8466.95	Ti I	-10.28	-0.68	S
8467.79	8468.41	Fe I	-21.97	-0.78	S
8489.62	8490.18	[V II]	-19.79	-0.25	S
8497.50	8498.00	Ca II	-17.65	-7.06	S
8502.00	8502.50	H I	-17.64	-1.62	S
8593.90	8594.00	N I	-3.49	-0.66	S
8616.30	8617.00	[Fe II]	-24.37	-0.19	S
8628.70	8629.20	N I	-17.38	-0.61	S
8660.57	8661.20	[Ti II]	-21.82	-0.43	S
8661.70	8662.10	Ca II	-13.85	-3.65	S
8664.43	-	-	-	-1.21	S
8665.61	8667.37	Fe I	-60.93	-0.57	S
8679.77	8680.31	Al II	-18.66	-0.19	S
8682.88	8683.38	N I	-17.28	-0.19	S
8685.69	8686.77	Fe I	-37.30	-0.12	S
8702.71	8703.79	[Cr II]	-37.23	-0.10	S
8711.20	8711.69	N I	-16.87	-0.08	S
8806.13	8806.76	Mg I	-21.46	-0.42	S

Tabela A.2.: Atlas de linhas em emissão com perfil P-Cygni de Hen 3-938: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ =velocidade , W=largura equivalente, perfil de linha (A = absorção, E = emissão).

Obs (Å)	Lab (Å)	identificação	$v$ [ $kms^{-1}$ ]	W (Å)	perfil
3970.04	3970.07	H $\epsilon$	-2.57	-0.24	E
3969.35			-54.71	0.23	A
4101.80	4101.70	H $\delta$	7.31	-1.13	E
4100.85			-62.24	0.91	A
4163.40	4163.66	Ti II	-19.02	-0.20	E
4163.12			-39.41	0.06	A
4173.20	4173.50	Fe II	-21.57	-0.26	E
4172.50			-72.1	0.50	A
4178.60	4178.90	Fe II	-21.54	-0.21	E
4178.05			-60.88	0.42	A
4232.90	4233.20	Fe II	-21.26	-1.0	E
4232.22			-69.73	0.22	A

4242.10	4242.50	Mg II	-28.29	-0.21	E
	4242.40	Cr II	-21.22		E
4241.78			-43.84	0.03	A
4290.00	4290.40	Ne II	-27.97	-0.26	E
	4290.20	Ti II	-13.99		E
4289.70			-49.09	0.06	A
4293.90	4294.10	Ti II	-13.97	-0.16	E
4293.57			-36.75	0.06	A
4299.80	4300.10	Ti II	-20.93	-0.24	E
4299.49			-42.91	0.15	A
4303.00	4303.20	Fe II	-13.94	-0.76	E
4302.31			-62.4	0.54	A
4307.62	4307.90	Ti II	-19.5	-0.3	E
4307.35			-38.16	0.03	A
4312.60	4312.86	Ti II	-18.16	-0.18	E
4312.33			-36.8	0.03	A
4337.67	4337.92	Ti II	-17.29	-0.09	E
4337.37			-37.97	0.06	A
4340.50	4340.50	Hy	0	-1.24	E
4339.67			-57.23	1.58	A
4351.50	4351.80	Fe II	-20.68	-0.59	E
4350.72			-74.59	2.54	A
4385.10	4385.38	Fe II	-19.16	-0.43	E
4384.77			-41.66	0.05	A
4394.75	4395.03	Ti II	-19.18	-0.31	E
4394.46			-39.04	0.11	A
4443.60	4443.80	Ti II	-13.5	-0.29	E
4443.25			-37.4	0.08	A
4468.10	4468.50	Ti II	-26.86	-0.46	E
4467.95			-36.86	0.05	A
4508.00	4508.30	Fe II	-19.96	-0.32	E
4507.69			-40.33	0.01	A
4515.10	4515.30	Fe II	-13.29	-0.28	E
4514.23			-71.16	0.05	A
4519.90	4520.2	Fe II	-19.91	-0.33	E
4519.64			-37.3	0.01	A
4522.40	4520.20	Fe II	145.94	-0.42	E
4522.04			122.12	0.01	A
4533.80	4534.20	Fe II	-26.47	-0.38	E
4533.38			-54.52	0.07	A

4549.30	4549.50	Fe II	-13.19	-0.54	E
4548.49			-66.67	0.14	A
4555.60	4555.90	Fe II	-19.76	-0.72	E
4555.21			-45.5	3.98	A
4558.39	4558.58	Fe II	-12.5	-0.43	E
4558.05			-35.21	0.09	A
4563.50	4563.80	Ti II	-19.72	-0.16	E
4563.20			-39.38	0.05	A
4571.70	4572.00	Ti II	-19.69	-0.17	E
4571.49			-33.2	0.23	A
4583.60	4584.00	Fe II	-26.18	-0.59	E
	4583.80	Fe II	-13.09		E
4583.36			-42.21	0.08	A
4587.90	4588.20	Cr II	-19.62	-0.16	E
4587.78			-40.54	0.03	A
4591.80	4592.10	Cr II	-19.6	-0.18	E
4591.63			-30.77	0.30	A
4618.50	4618.80	Cr II	-19.49	-0.25	E
4618.11			-45.01	0.13	A
4629.10	4629.34	Fe II	-15.29	-0.56	E
4628.18			-75.04	0.03	A
4633.80	4634.11	Cr II	-20.07	-0.25	E
4633.45			-42.86	0.09	A
4635.10	4635.33	Fe II	-14.76	-0.20	E
4634.61			-46.34	0.01	A
4823.90	4824.13	Cr II	-14.3	-0.33	E
4823.65			-29.6	0.49	A
4848.00	4848.20	Cr II	-12.38	-0.31	E
4847.80			-24.94	0.05	A
4861.50	4861.30	H $\beta$	12.34	-2.77	E
4860.59			-43.63	0.23	A
4923.70	4923.90	Fe II	-12.19	-1.87	E
4922.86			-63.49	0.37	A
5018.20	5018.40	Fe II	-11.96	-1.42	E
5017.96			-26.18	2.7	A
5168.80	5169.00	Fe II	-11.61	-1.87	E
5167.91			-63.32	0.67	A
5197.30	5197.60	Fe II	-17.32	-0.97	E
5196.30			-75.21	0.04	A
5226.20	5226.53	Ti II	-18.94	-0.18	E

5226.05			-27.55	0.01	A
5234.30	5234.60	Fe II	-17.19	-1.10	E
5233.30			-74.33	0.10	A
5237.00	5237.30	Cr II	-17.19	-0.3	E
5236.65			-37.23		A
5316.40	5316.77	Fe II	-20.88	-1.64	E
5315.31			-82.38	0.08	A
6174.80	6175.16	Fe II	-17.39	-0.14	E
6173.77			-67.43	0.03	A
6247.20	6247.60	Fe II	-19.21	-0.72	E
6246.01			-76.16	-0.09	A
6269.60	-	-	-	-0.09	E
6268.80	-	-	-	0.03	A
6331.60	6331.97	Fe II	-17.48	-0.14	E
6330.48			-70.55	0.20	A
6346.90	6347.10	Si II	-9.45	-0.42	E
6345.56			-73.03	0.24	A
6371.10	6371.40	Si II	-14.13	-0.29	E
6370.81			-27.78	0.04	A
6446.03	6446.43	Fe II	-18.62	-0.07	E
6444.85			-73.53	0.11	A
6456.00	6456.40	Fe II	-18.59	-1.63	E
6454.80			-74.44	0.03	A
6626.80	6627.28	Fe II	-21.73	-0.08	E
6626.01			-57.49	0.06	A
7462.00	7462.4,	Fe II	-16.08	-1.07	E
7459.99			-96.89	0.09	A
7467.90	7468.30	N I	-16.07	-0.14	E
7467.15			-46.2	0.01	A
7775.20	7775.40	O I	-7.72	-0.82	E
7774.05			-52.09	0.02	A
8345.00	8346.00	H I	-35.95	-0.64	E
8343.67			-83.61	0.01	A
8412.90	8413.30	H I	-14.26	-0.71	E
8411.28			-72.03	0.02	A
8437.50	8438.00	H I	-17.78	-0.34	E
8435.85			-76.44	0.15	A
8502.00	8502.50	H I	-17.64	-1.62	E
8502.00	8502.38	Ca II	-13.41		E
8500.39			-70.22	0.20	A

8598.00	8598.40	H I	-13.96	-2.26	E
8595.94			-85.83	0.06	A
8750.00	8750.50	H I	-17.14	-2.20	E
8748.13			-81.3	0.19	A

Tabela A.3.: Atlas de linhas em absorção de Hen 3-938: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ =velocidade,  $W$ =largura equivalente, perfil de linha (A = absorção).

Obs (Å)	Lab (Å)	identificação	$v$ [ $km.s^{-1}$ ]	$W$ (Å)	perfil
3967.88	3968.47	Ca II	-44.00	0.73	A
3968.13	3968.47	Ca II	-25.70	0.73	A
5780.00	5780.45	Al I	-23.35	0.71	A
5796.60	5797.45	Cr I	-43.98	0.21	A
5871.64	-	-	-	1.94	A
5889.40	5890.00	Na I	-30.56	0.95	A
5889.40	5890.00	Na I	-30.56	0.95	A
5895.60	5895.90	Na I	-15.27	0.68	A
5895.60	5895.90	Na I	-15.27	0.68	A
6195.40	-	-	-	0.05	A
6283.33	-	-	-	1.41	A
6306.74	6307.10	Fe I	-16	0.20	A
6378.70	6378.91	Ba II	-9.87	0.10	A
6475.70	-	-	-	0.04	A
6483.40	6483.80	N I	-18.51	0.02	A
6484.10	6484.90	N I	-37.01	0.02	A
6496.05	-	-	-	0.05	A
6508.80	6509.16	Ar II	-16.59	0.02	A
6519.70	-	-	-	0.02	A
6524.00	-	-	-	0.02	A
6532.50	6532.89	Ni I	-17.90	0.02	A
6534.20	6533.90	Fe I	13.77	0.01	A
6544.10	-	-	-	0.03	A
6613.10	6613.83	Fe I	-33.21	0.29	A
7011.50	-	-	-	0.04	A
7016.67	-	-	-	0.06	A
7022.80	7022.97	Fe I	-7.26	0.01	A
7023.70	7024.08	Fe I	-16.23	0.05	A
7143.20	-	-	-	0.02	A
7147.80	7148.15	Ca I	-14.56	0.02	A
7360.60	-	-	-	1.07	A

7383.90	7384.96	Fe I	-43.06	0.04	A
7390.50	7389.43	Fe I	43.64	0.03	A
7396.30	7396.50	Fe I	-8.11	0.03	A
7397.30	-	-	-	0.01	A
7769.93	-	-	-	1.11	A
7902.00	-	-	-	0.06	A
7909.00	7909.34	Ti I	-12.89	0.05	A
7909.60	7910.50	Cr I	-34.13	0.02	A
7910.90	7911.33	Ba I	-16.30	0.02	A
7920.90	-	-	-	0.07	A
7958.80	7959.21	Fe I	-15.45	0.06	A
7963.30	-	-	-	0.07	A
7964.60	7964.93	Fe I	-12.42	0.02	A
7984.60	-	-	-	0.04	A
8527.90	-	-	-	0.13	A
8530.20	8531.36	Ti I	-40.79	0.11	A

## A.2. Atlas espectral de MWC 939

Tabela A.4.: Atlas de linhas em emissão de MWC 939: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade,  $W$ =largura equivalente, perfil de linha (S = simples, D = duplo, M = múltiplo.)

Obs Å	Lab Å	identificação	$v$ [ $km s^{-1}$ ]	$W$ (Å)	perfil
3806.50	3806.30	Ne II	15.76	-0.67	S
3835.00	3835.00	H $\eta$	0	-	M
3889.00	3889.00	H $\zeta$	0	-	M
3969.23	3968.66	[Fe II]	43.09	-0.78	S
3970.78	3970.00	H $\epsilon$	58.94	-0.87	S
3993.20	3993.29	Ce II	-6.76	-0.42	S
	3993.29	[Cr II]	-6.76		S
4021.40	4021.13	C II	20.14	-0.02	S
4033.20	4033.18	Fe II	1.49	-0.10	S
4068.71	4068.62	[S II]	6.64	-2.17	D
4076.47	4076.22	[S II]	18.4	-0.23	M
4097.62	4097.31	N III	22.7	-0.13	S
4101.94	4101.73	H $\delta$	15.36	-0.85	D
4114.61	4114.48	[Fe II]	9.48	-0.32	D
4173.58	4173.50	Fe II	6.11	-0.21	D

4177.36	4177.21	[Fe II]	10.77	-0.30	D
4178.98	4178.85	Fe II	9.33	-0.32	D
	4178.95	[Fe II]	2.15		D
4201.34	4201.58	Ar II	-17.14	-0.26	S
4211.20	4211.00	O V	14.25	-0.13	S
4233.32	4233.17	Fe II	10.84	-0.63	D
4244.94	4244.80	[Fe II]	9.89	-0.55	D
4249.00	4248.82	V II	12.71	-0.15	S
4251.60	4251.49	Fe II	7.76	-0.08	D
4276.98	4276.83	[Fe II]	10.52	-1.58	D
4287.53	4287.40	[Fe II]	9.1	-5.36	D
4296.70	4296.60	Fe II	6.98	-0.28	D
4303.34	4303.17	Fe II	12.13	-0.17	M
4306.05	4305.90	[Fe II]	10.45	-0.54	M
4319.80	4319.72	Fe II	5.76	-1.16	D
4326.40	4326.35	Ti I	3.47	-0.35	D
4340.50	4340.47	Hy	2.07	-3.09	S
4347.01	4346.92	Al II	6.35	-0.59	S
4351.93	4351.80	[Fe II]	9.31	-0.42	M
4352.91	4352.78	[Fe II]	8.96	-0.79	D
4358.51	4358.40	[Fe II]	7.57	-1.61	M
4359.47	4359.34	[Fe II]	8.95	-3.41	M
4372.57	4372.43	[Fe II]	9.61	-0.61	M
4375.83	4375.71	[Cu II]	8.23	-0.21	D
4382.89	4382.75	[Fe II]	9.58	-0.29	M
4385.50	4385.40	Fe II	6.84	-0.08	S
4413.92	4413.80	[Fe II]	8.16	-2.86	M
4416.43	4416.30	[Fe II]	8.83	-1.96	M
4432.60	4432.45	[Fe II]	10.15	-0.17	M
4452.24	4452.10	[Fe II]	9.43	-1.52	M
4458.10	4457.95	[Fe II]	10.09	-1.27	D
4470.40	4470.29	[Fe II]	7.38	-0.07	M
4475.06	4474.95	O III	7.37	-0.79	D
4479.24	4479.00	Fe I	16.08	-0.10	S
4485.41	4484.93	Fe II	32.11	-0.13	D
4488.92	4488.80	[Fe II]	8.02	-0.65	S
4491.60	4491.40	Fe II	13.36	-0.31	D
4492.80	4492.64	[Fe II]	10.68	-0.22	D
4508.38	4508.30	Fe II	5.32	-0.23	D
4509.72	4509.61	[Fe II]	7.32	-0.15	D



4515.45	4515.33	Fe II	7.97	-0.40	D
4520.34	4520.23	Fe II	7.63	-0.38	D
4522.79	4522.60	Fe II	12.6	-0.25	D
4549.65	4549.55	S II	6.92	-0.51	D
4556.05	4555.90	Fe II	10.21	-0.51	D
4558.50	4558.58	Fe II	-5.26	-0.18	D
4559.10	4558.83	Cr II	17.77	-0.12	D
4576.53	4576.33	Fe II	13.05	-0.34	D
4581.20	4581.18	[Cr II]	1.31	-0.22	S
4583.99	4583.83	Fe II	10.47	-0.79	D
4588.69	4588.40	Cr II	18.96	-0.10	D
4628.30	4628.16	Ce II	9.07	-0.09	S
4629.47	4629.29	Ti II	11.66	-1.40	S
4633.90	4633.76	Fe I	8.8	-0.10	S
4634.70	4634.60	Fe II	6.47	-0.15	D
4639.83	4639.70	[Fe II]	8.41	-0.66	S
4664.60	4664.50	Fe II	6.43	-0.23	S
4728.23	4728.10	[Fe II]	8.25	-1.39	S
4731.70	4731.40	Fe II	19.02	-0.07	D
4774.89	4774.74	[Fe II]	9.42	-0.63	S
4784.20	-	-	-	-0.08	D
4798.40	4798.28	[Fe II]	7.5	-0.16	S
4814.70	4814.55	[Fe II]	9.35	-2.17	S
4824.35	4824.13	Cr II	13.68	-0.16	S
4848.43	4848.24	Cr II	11.76	-0.12	S
4861.36	4861.30	H $\beta$	4.01	-7.58	S
4874.67	4874.50	[Fe II]	10.46	-0.68	S
4889.78	4889.63	[Fe II]	9.2	-1.79	S
4898.76	4898.60	[Fe II]	9.8	-0.56	S
4905.52	4905.35	[Fe II]	10.4	-1.16	S
4924.07	4923.92	Fe II	9.14	-3.34	D
4947.56	4947.38	[Fe II]	10.91	-0.29	M
4950.90	4950.74	[Fe II]	9.7	-0.47	D
4973.56	4973.40	[Fe II]	9.65	-0.55	M
5005.70	5005.52	[Fe II]	10.79	-0.38	D
5018.60	5018.43	Fe II	10.04	-3.57	D
5020.40	5020.24	[Fe II]	9.56	-0.37	D
5043.70	5043.53	[Fe II]	10.11	-0.26	D
5048.30	5048.20	Ti I	5.94	-0.32	S
5055.95	5056.02	Si II	-4.15	-1.10	S

5060.30	5060.08	Fe I	13.04	-0.25	S
5108.10	5107.95	[Fe II]	8.81	-0.33	S
5111.81	5111.63	[Fe II]	10.56	-0.64	S
5158.57	5158.30	[Fe VII]	15.7	-1.68	S
5043.70	5043.53	[Fe II]	10.11	-0.26	D
5164.14	5163.94	[Fe II]	11.62	-0.87	S
5169.20	5169.03	Fe II	9.87	-3.61	D
5182.13	5181.97	[Fe II]	9.26	-0.52	S
5197.74	5197.59	Fe II	8.66	-0.53	D
5199.33	5199.18	[Fe II]	8.66	-0.22	S
5217.00	5216.84	Ar II	9.2	-0.07	S
5220.25	5220.06	[Fe II]	10.92	-0.64	S
5234.81	5234.62	Fe II	11.17	-0.66	D
5248.10	5248.00	Fe II	5.72	-0.23	D
5261.80	5261.61	[Fe II]	10.83	-2.66	S
5269.07	5268.88	[Fe II]	10.82	-0.69	S
5273.53	5273.38	[Fe II]	8.53	-1.94	S
5276.15	5276.00	Fe II	8.81	-0.94	D
5278.55	5278.39	[Fe II]	9.09	-0.16	S
5283.27	5283.10	[Fe II]	9.65	-0.28	S
5297.02	5296.84	[Fe II]	10.19	-0.55	S
5299.20	5299.00	O I	11.32	-0.21	S
5316.77	5316.60	Fe II	9.59	-1.85	D
5333.84	5333.65	[Fe II]	10.69	-2.10	S
5347.80	5347.67	[Fe II]	7.29	-0.18	S
5363.03	5362.80	Fe III	13.15	-0.28	D
5376.64	5376.47	[Fe II]	9.49	-1.79	S
5412.86	5412.64	[Fe II]	12.19	-0.60	S
5415.20	5415.04	Fe II	8.86	-0.15	D
5425.40	5425.30	Fe II	5.53	-0.32	D
5433.33	5433.15	[Fe II]	9.94	-0.81	S
5445.80	5445.97	Fe II	-9.36	-0.07	D
5457.90	5457.47	Mn I	23.64	-0.19	S
5477.44	5477.25	[Fe II]	10.41	-0.36	S
5494.90	5494.80	[Mn II]	5.46	-0.07	S
5496.00	5495.82	[Fe II]	9.83	-0.26	S
5527.56	5527.33	[Fe II]	12.48	-1.17	S
5535.02	5534.90	Fe II	6.5	-0.48	M
5551.50	5551.31	[Fe II]	10.27	-0.26	S
5556.50	5556.31	[Fe II]	10.26	-0.09	S

5577.50	5577.35	[O I]	8.07	-0.53	D
5581.00	5580.82	[Fe II]	9.68	-0.17	S
5588.31	5588.15	[Fe II]	8.59	-0.13	S
5613.44	5613.19	Al II	13.36	-0.13	D
5627.40	5627.49	Fe II	-4.8	-0.10	S
5649.84	5649.67	[Fe II]	9.03	-0.11	S
5651.14	5650.94	[Fe II]	10.62	-0.09	S
5655.06	5654.85	[Fe II]	11.14	-0.12	S
5673.40	5673.20	Fe II	10.58	-0.45	D
5747.16	5747.00	[Fe II]	8.35	-1.14	S
5754.75	5754.80	[N II]	-2.61	-1.06	S
5835.60	5835.43	Fe II	8.74	-0.48	D
5870.20	5868.40	Si II	92.02	-0.26	S
5890.50	5890.00	Na I	25.47	-0.10	S
5896.50	5895.90	Na I	30.53	-0.14	S
5901.45	5901.26	[Fe II]	9.66	-0.12	S
5913.90	5913.73	Ti I	8.62	-0.18	D
5956.94	5956.70	Fe I	12.08	-0.70	D
5978.40	5978.17	Fe I	11.79	-0.85	S
6040.70	6040.31	[V II]	19.37	-0.31	S
6044.30	-	-	-	-0.13	S
6046.50	6046.26	O I	11.91	-0.34	S
6122.70	6122.44	Mn II	12.74	-0.35	S
6126.06	6125.90	Mn II	7.84	-0.51	S
6129.00	6128.73	Mn II	13.46	-0.20	S
6131.50	6131.30	Si I	9.79	-0.26	S
6158.54	6158.19	O I	17.05	-0.37	S
6161.10	6160.80	Fe II	14.61	-0.16	S
6172.90	6172.72	La II	8.75	-0.31	S
6188.75	6188.55	[Fe II]	9.7	-0.20	S
6233.70	6233.50	Fe II	9.63	-0.53	D
6247.30	6247.59	Fe II	-13.93	-0.14	D
6248.93	6248.91	Fe II	0.96	-1.27	D
6291.97	6290.96	Fe I	48.16	-0.62	S
6300.50	6300.23	[O I]	12.86	-16.30	D
6318.21	6318.02	Fe I	9.02	-6.10	S
6319.81	6318.71	Mg I	52.23	-0.28	S
6347.33	6347.10	N II	10.87	-1.91	D
6353.30	6353.84	Fe I	-25.5	-0.17	M
6364.00	6363.80	[O I]	9.43	-5.95	D

6365.36	6365.04	Fe I	15.08	-0.23	S
6371.59	6371.40	Si II	8.95	-0.38	D
6383.90	6383.75	Fe II	7.05	-2.92	D
6385.60	6385.47	Fe II	5.97	-1.79	D
6411.30	6411.10	Fe I	9.36	-0.09	S
6417.00	6416.90	Fe II	4.68	-0.26	D
6423.70	6423.45	[Mn II]	11.68	-0.08	S
6429.20	6428.80	Fe I	18.67	-0.21	S
6432.80	6432.70	Fe II	4.66	-0.18	D
6440.60	6440.40	[Fe II]	9.32	-0.12	S
6443.14	6443.05	Fe II	4.19	-0.14	D
6456.58	6456.38	Fe II	9.39	-0.65	D
6474.10	6473.86	[Fe II]	11.12	-0.10	S
6485.43	6485.36	Ta I	3.24	-0.40	S
6491.40	6491.28	Fe II	5.55	-1.32	D
6493.15	6493.05	Fe II	4.62	-1.76	D
6506.50	6506.30	Fe II	9.22	-0.76	D
6517.14	6517.01	Fe II	5.98	-0.53	D
6548.27	6548.10	[N II]	8.02	-0.07	D
6562.95	6562.80	H $\alpha$	6.86	-21.66	D
6583.64	6583.60	[N II]	1.82	-0.90	D
6586.80	6586.69	Fe II	5.01	-0.44	D
6637.60	6637.01	N I	26.67	-6.07	D
6667.10	6666.94	O II	7.2	-0.65	S
6716.70	6716.40	[S II]	13.4	-0.24	S
6731.04	6730.80	[S II]	10.7	-0.58	S
6809.50	6809.21	[Fe II]	12.78	-0.20	S
6813.90	6813.73	[Ni II]	7.48	-0.29	S
6861.30	6861.30	Ar II	0	-0.27	S
6864.60	6864.31	Fe I	12.67	-0.02	S
6874.08	6873.87	[Fe II]	9.17	-0.14	S
6943.29	6942.90	N II	16.85	-1.08	S
6945.10	6944.90	Fe II	8.64	-0.27	D
6966.56	6966.32	[Fe II]	10.34	-0.10	S
7002.30	7002.20	O I	4.28	-0.48	S
7031.00	7031.42	Fe I	-17.92	-0.12	S
7048.30	7047.99	[Fe II]	13.2	-0.20	S
7054.50	7054.37	[Ni II]	5.53	-0.05	S
7078.30	7078.20	[Fe III]	4.24	-0.08	S
7100.00	7100.20	Fe I	-8.45	-0.14	S

7155.40	7155.14	[Fe II]	10.9	-3.15	S
7172.20	7171.98	[Fe II]	9.2	-0.99	S
7204.00	-	-	-	-0.28	D
7254.80	7254.20	O I	24.81	-0.38	D
7256.10	7255.28	Si I	33.91	-0.34	D
7308.00	7307.97	Fe II	1.23	-0.61	D
7330.30	7329.90	[O II]	16.37	-0.42	S
7378.10	7377.90	[Ni II]	8.13	-2.75	S
7388.42	7388.20	[Fe II]	8.93	-0.76	S
7409.40	7409.10	Si I	12.15	-0.34	M
7411.90	7411.18	Fe I	29.23	-1.35	S
7442.60	7442.30	N I	12.09	-0.42	S
7452.80	7452.50	[Fe II]	12.08	-1.01	S
7463.30	7462.38	Fe II	36.99	-0.08	D
7468.55	7468.30	N I	10.04	-0.66	S
7495.85	7495.67	Fe I	7.2	-1.56	S
7500.39	7501.25	Fe I	-34.39	-1.03	S
7514.36	7515.13	[V II]	-30.74	-2.07	S
7561.70	-	-	-	-0.16	S
7572.57	7571.69	[V II]	34.87	-0.90	S
7579.61	7579.96	S I	-13.85	-0.44	S
7588.60	7588.30	Fe I	11.86	-0.10	S
7621.01	7620.54	Fe I	18.58	-0.18	S
7657.80	7657.60	Mg I	7.84	-0.69	S
7660.64	7661.46	Fe I	-32.11	-0.11	S
7687.08	7686.90	[Fe II]	7.02	-0.15	S
7690.87	7689.65	[Cr II]	47.79	-0.26	S
7703.90	-	-	-	-0.12	S
7711.67	7711.71	Fe II	-1.56	-6.03	D
7732.00	7731.70	Fe II	11.64	-1.26	D
7755.80	7755.60	[Fe II]	7.74	-0.23	D
7764.97	7764.70	[Fe II]	10.43	-0.31	D
7773.40	7772.00	O I	54.04	-0.53	S
7780.60	7780.40	Fe II	7.71	-0.49	D
7789.60	7789.30	Fe II	11.55	-0.28	D
7801.50	7801.20	Fe II	11.54	-0.50	D
7809.20	7807.97	Fe I	47.26	-0.10	S
7822.20	7821.47	S II	28	-0.09	S
7836.20	7835.90	Fe II	11.49	-0.34	D
7842.00	7841.40	Fe II	22.96	-0.03	D

7854.10	7853.51	[Cr II]	22.54	-0.06	S
7861.40	7861.10	Ni I	11.45	-0.03	S
7866.80	7866.50	Fe II	11.44	-4.49	D
7896.40	7896.40	Mg II	0	-0.50	D
7918.10	7917.80	Fe II	11.37	-2.47	D
7965.40	7964.93	Fe I	17.7	-0.07	S
7976.00	7975.90	Fe II	3.76	-1.78	D
7982.30	7982.00	O I	11.28	-0.37	S
7987.40	7987.00	O I	15.02	-0.26	S
7995.30	7995.00	Si I	11.26	-0.58	S
8000.33	8000.12	[Cr II]	7.87	-2.70	S
8030.70	8030.50	Fe II	7.47	-0.41	D
8037.60	8037.29	[Fe II]	11.57	-0.09	D
8084.00	8083.90	Fe II	3.71	-0.96	S
8096.90	8096.87	Fe I	1.11	-0.46	S
8107.20	8106.90	[Cr II]	11.1	-0.78	S
8110.62	8110.40	[Cr II]	8.14	-1.81	S
8125.60	8125.50	[Cr II]	3.69	-2.08	S
8136.80	8136.41	Ne I	14.53	-0.44	S
8185.00	8184.80	N I	7.33	-0.63	S
8188.20	8187.95	N I	9.16	-0.54	S
8216.60	8216.28	B I	11.68	-1.30	S
8223.30	8223.07	N I	8.39	-0.88	S
8228.40	8228.16	[Fe II]	8.75	-0.23	S
8230.00	8229.83	[Cr II]	6.98	-1.30	S
	8229.81	[Ti II]	6.91		S
8242.60	8242.30	N I	10.92	-0.58	S
8250.60	8250.00	H I	21.82	-0.88	S
8287.80	8287.38	Cr I	15.2	-3.49	S
8306.40	8306.12	Si I	10.11	-1.30	S
8308.80	8308.70	Cr II	3.61	-1.10	S
8314.50	8314.26	[H I]	8.59	-1.15	D
8323.80	8323.40	H I	14.42	-1.53	D
8358.00	8357.78	[Cr II]	7.9	-2.23	S
8359.91	8359.57	A II	12.2	-0.65	D
8367.16	8367.07	[Ti I]	3.23	-0.46	S
8379.10	-	-	-	-0.62	S
8387.50	-	-	-	-0.32	D
8392.63	8392.40	H I	8.22	-1.05	D
8399.90	-	-	-	-0.14	S

8410.40	8409.88	Mn I	18.55	-0.84	S
8413.60	8413.30	H I	10.7	-1.57	D
8424.20	8424.14	Fe I	2.14	-0.76	S
8438.28	8438.00	H I	9.95	-2.11	D
8446.56	8446.37	[Ti II]	6.75	-68.17	S
8451.30	8450.89	Ti I	14.55	-0.45	S
8467.86	-	-	-	-5.77	D
8490.40	8490.10	Fe II	10.6	-3.54	D
8499.77	-	-	-	-1.35	D
8502.76	8502.38	Si I	13.41	-4.89	D
8545.80	-	-	-	-3.96	S
8568.10	8567.70	N I	14.01	-0.56	S
8578.97	8578.40	Ti I	19.93	-0.73	S
8594.79	8594.00	N I	27.58	-2.22	S
8598.70	8598.40	H I	10.47	-7.94	D
8617.25	8617.00	[Fe II]	8.7	-1.98	S
8629.54	8629.20	N I	11.82	-2.25	D
8665.32	8665.00	H I	11.08	-7.48	D
8680.50	8680.20	N I	10.37	-1.19	S
8683.63	8683.40	N I	7.95	-1.42	S
8686.49	8686.10	N I	13.47	-0.64	S
8695.50	8695.10	Fe II	13.8	-1.01	D
8703.70	8703.20	N I	17.24	-1.41	S
8706.80	8706.79	[Fe II]	0.34	-0.33	S
8711.98	8711.70	N I	9.64	-1.10	D
8716.04	8715.84	[Fe II]	6.88	-0.31	S
8719.10	8718.80	N I	10.32	-0.68	S
8722.70	8722.40	Fe II	10.32	-0.23	D
8750.75	8750.50	H I	8.57	-3.35	D
8769.32	-	-	-	-0.29	D
8784.55	8784.44	Fe I	3.76	-0.90	D
8805.50	8805.10	Fe II	13.63	-0.80	D
8814.20	8814.50	Fe I	-10.21	-0.40	S
8819.86	8819.48	Fe I	12.93	-0.40	D
8827.90	8828.08	Fe I	-6.12	-0.24	S
8829.90	8829.80	Fe II	3.4	-0.28	S
8834.10	8834.00	Fe II	3.4	-0.24	S
8838.90	8838.43	Fe I	15.85	-0.61	S

Tabela A.5.: Atlas de linhas em absorção de MWC 939: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade,  $W$ =largura equivalente, perfil de linha (A = absorção).

Obs Å	Lab Å	identificação	$v$ [ $kms^{-1}$ ]	$W$ (Å)	perfil
3970.18	3970.46	Ca II	8.20	0.02	A
4026.50	4026.40	O II	7.45	0.52	A
4408.90	4408.92	V II	-1.36	0.01	A
4444.00	4443.80	Ti II	13.50	0.02	A
4471.70	4471.70	He I	0.00	0.34	A
4563.90	4563.80	Ti II	6.57	0.02	A
4572.20	4572.00	Ti II	13.12	0.03	A
4591.80	-	-	-	0.01	A
4592.20	4592.10	Cr II	6.53	0.01	A
4594.60	4594.51	Ti I	5.88	0.01	A
4595.50	-	-	-	0.01	A
5183.80	5183.60	Mg I	11.57	0.06	A
5797.00	-	-	-	0.14	A
5876.40	5876.27	He I	6.64	0.77	A
5889.80	5890.00	Na I	-10.19	0.53	A
5890.20	5890.00	Na I	10.19	0.23	A
5895.80	5895.90	Na I	-5.09	0.40	A
5896.20	5895.90	Na I	15.26	0.26	A
5919.00	5918.93	Fe I	3.55	0.01	A
5932.60	5932.05	Fe II	27.82	0.01	A
5941.60	5941.36	Fe II	12.12	0.01	A
5942.20	5942.70	Fe I	-25.24	0.01	A
5943.10	5943.58	Fe I	-24.23	0.04	A
5947.60	5947.30	Fe I	15.13	0.01	A
5950.60	5950.13	Fe I	23.70	0.01	A
6139.80	6139.65	Fe I	7.33	0.01	A
6277.30	6277.53	Ti I	-10.99	0.04	A
6280.80	6280.63	Fe I	8.12	0.02	A
6282.50	6282.60	Fe I	-4.78	0.02	A
6290.80	6290.55	Fe I	11.92	0.02	A
6293.60	6293.90	Fe I	-14.30	0.02	A
6295.80	6295.90	Ti I	-4.77	0.02	A
6296.50	6296.64	Ti I	-6.67	0.02	A
6302.60	6302.51	Fe I	4.28	0.01	A
6303.30	6303.46	Fe I	-7.61	0.02	A
6306.40	6306.20	Fe I	9.51	0.01	A
6307.10	-	-	-	0.02	A



6496.50	6496.45	Fe I	2.31	0.02	A
6678.47	6678.15	He I	14.37	0.22	A
7024.10	7024.05	Ne I	2.14	0.05	A
7115.40	7115.30	Fe I	4.22	0.21	A
7119.90	7120.00	Fe I	-4.21	0.18	A
7147.95	7178.00	Ca I	7.20	0.08	A

### A.3. Atlas espectral de Hen 3-1191

Tabela A.6.: Atlas de linhas em emissão de Hen 3-1191: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (S = simples, D=duplo, M = múltiplo.)

Obs Å	Lab Å	identificação	$v$ [ $kms^{-1}$ ]	W (Å)	perfil
3824.83	3824.91	Fe II	-6.51	-0.88	S
3835.40	3835.40	H $\eta$	0.00	-0.73	S
3838.43	3838.54	Ce II	-8.21	-0.31	S
3845.20	3845.42	Ar II	-17.16	-0.13	S
3849.50	3849.58	Cr I	-6.23	-0.24	S
3855.90	3856.02	Si II	-9.41	-0.31	S
3859.90	3860.12	Fe II	-17.10	-0.06	S
3862.50	3862.59	Si II	-7.15	-0.12	S
3865.50	3865.59	Cr II	-6.98	-0.10	S
3872.70	3872.92	Fe II	-17.04	-0.34	S
3889.10	3889.33	H $\zeta$	-17.74	-0.71	S
3900.50	3900.67	Ti I	-12.92	-0.53	S
3905.50	3905.62	[Fe II]	-9.22	-0.25	D
3913.40	3913.48	Fe II	-6.13	-0.30	S
3914.40	3914.50	Fe I	-7.66	-1.04	S
3930.22	3930.31	Fe II	-6.87	-0.99	S
3938.21	3938.29	Fe II	-6.02	-1.37	S
3945.12	3945.21	Fe II	-6.84	-0.98	S
3968.41	3968.66	[Fe II]	-18.90	-0.51	S
3969.94	3970.07	H $\epsilon$	-10.35	-0.66	S
3974.06	3974.16	Fe II	-7.55	-0.73	S
3979.50	3979.65	Fe I	-11.31	-0.02	S
3981.50	3981.61	Fe II	-8.29	-0.16	S
3993.00	3993.29	[Cr II]	-21.79	-1.20	S
4001.97	4002.07	Fe II	-7.72	-0.20	S

4012.30	4012.46	Fe II	-11.96	-0.25	S
4015.40	4015.50	Ni II	-7.47	-0.24	S
4028.20	4028.33	Ti II	-9.68	-0.15	S
4032.90	4033.00	Fe II	-7.44	-0.53	S
4035.60	4035.73	Mn I	-9.52	-0.10	S
4045.70	4045.82	Fe I	-8.53	-0.20	S
4051.80	4051.92	Fe I	-8.88	-0.09	S
4053.90	4054.10	O II	-14.80	-0.20	S
4066.94	4067.05	Cr II	-8.11	-0.74	S
4067.97	4068.14	Ti I	-12.54	-0.33	S
4068.22	4068.33	Sm II	-8.04	-2.58	S
4076.20	4076.37	Ti I	-12.51	-0.64	S
4097.42	4097.55	Fe I	-9.52	-0.49	S
4102.17	4101.73	H $\delta$	32.11	-1.21	S
	4102.90	Si I	-8.20		S
4110.90	4111.06	Fe I	-11.68	-0.26	S
4114.36	4114.48	[Fe II]	-8.75	-0.79	S
4119.40	4119.53	Fe II	-9.47	-0.21	S
4120.10	4120.21	Fe I	-8.08	-0.15	S
4122.56	4122.64	Fe II	-5.68	-1.42	S
4124.69	4124.79	Fe II	-7.49	-0.33	S
4128.02	4128.14	Mn II	-8.72	-0.76	S
	4128.73	Fe II	-7.63		S
4138.29	4138.40	Fe II	-7.97	-0.14	S
4144.00	4144.30	[Fe III]	-21.72	-0.64	S
4145.68	4145.77	Cr II	-6.51	-0.29	S
4146.50	4146.65	[Fe II]	-10.85	-0.09	S
4147.10	4147.26	Fe II	-11.57	-0.19	S
4152.52	4152.77	Cr I	-18.42	-0.89	S
4163.50	4163.64	Ti II	-10.38	-0.39	S
4173.40	4173.50	Fe II	-7.19	-3.11	S
4177.09	4177.21	[Fe II]	-8.62	-1.05	D
4177.58	4177.70	Fe II	-8.62	-0.95	D
4178.80	4178.95	[Fe II]	-10.77	-3.12	S
4184.20	4184.33	Ti II	-9.25	-0.17	S
4187.70	4187.80	Fe I	-7.31	-0.36	S
4192.00	4192.10	Cr I	-7.16	-0.16	S
4201.10	-	-	-	-1.25	S
4205.30	4205.48	Fe II	-12.84	-0.21	S
4211.00	-	-	-	-0.39	S

4231.40	4231.52	Fe I	-8.86	-0.12	S
4232.10	4232.22	Cr I	-8.51	-0.22	S
4233.10	4233.20	Fe II	-7.09	-5.69	S
4242.27	4242.38	Cr II	-7.78	-0.40	S
4243.90	4244.00	[Fe II]	-7.07	-3.16	S
4244.70	4244.80	[Fe II]	-7.07	-0.65	S
4248.70	4248.82	V II	-8.47	-0.35	S
4258.10	4258.20	Fe II	-7.05	-1.41	S
4262.00	4262.13	Cr I	-9.36	-0.63	S
4273.21	4273.32	Fe II	-7.51	-0.95	S
4275.43	4275.52	O II	-6.32	-0.15	S
4276.70	4276.83	[Fe II]	-9.12	-3.20	S
4278.04	4278.21	[Fe I]	-11.92	-0.34	S
4287.30	4287.40	[Fe II]	-7.00	-6.32	S
4290.10	4290.22	Ti II	-8.39	-0.44	S
4294.00	4294.10	Ti II	-6.99	-0.78	S
4296.50	4296.60	Fe II	-6.98	-3.47	S
4300.00	4300.10	Ti II	-6.98	-0.63	S
4303.10	4303.20	Fe II	-6.97	-2.87	S
4305.79	4305.90	[Fe II]	-7.66	-1.74	S
4307.81	4307.91	Ti II	-6.96	-0.49	S
4312.77	4313.00	Fe II	-16.00	-0.35	S
4314.19	4314.29	Fe II	-6.88	-1.32	S
4314.83	4314.97	Ti II	-10.01	-0.38	S
4319.50	4319.62	[Fe II]	-8.33	-2.57	S
4326.16	4326.36	Ti I	-13.80	-1.07	S
4337.86	4337.91	Ti II	-3.46	-0.29	S
4340.02	4339.91	Ti I	-8.46	-0.21	S
4340.27	4340.47	Hy	-14.03	-1.83	S
4346.74	4346.85	[Fe II]	-7.59	-2.33	S
4351.70	4351.80	[Fe II]	-6.89	-3.32	S
4352.67	4352.78	[Fe II]	-7.58	-3.32	S
4358.30	4358.40	[Fe II]	-6.88	-0.85	S
4359.20	4359.34	[Fe II]	-9.63	-2.08	S
4364.80	4364.89	Fe II	-6.19	-0.25	S
4369.30	4369.40	Fe II	-7.14	-1.02	S
4372.30	4372.43	[Fe II]	-8.92	-1.85	S
4375.60	4375.71	[Cu II]	-7.54	-0.41	S
4382.63	4382.75	[Fe II]	-8.21	-0.76	S
4384.20	4384.33	Fe II	-8.90	-1.09	S

4385.30	4385.40	Fe II	-6.84	-2.13	S
4395.00	4395.03	Ti II	-2.05	-0.40	S
4399.70	4399.86	Fe II	-10.91	-0.22	S
4402.70	4402.87	Fe II	-11.58	-0.14	S
4413.70	4413.80	[Fe II]	-6.80	-2.87	S
4416.15	4416.27	[Fe II]	-8.15	-2.80	S
4416.70	4416.82	Fe II	-7.95	-1.07	S
4432.33	4432.45	[Fe II]	-8.12	-0.66	S
4443.70	4443.80	Ti II	-6.75	-0.30	S
4452.00	4452.11	[Fe II]	-7.41	-3.31	S
4457.80	4457.95	[Fe II]	-10.09	-2.78	S
4461.40	4461.54	[Ni II]	-9.41	-1.07	S
4468.40	4468.50	Ti II	-6.71	-0.43	S
4470.20	4470.29	[Fe II]	-6.04	-0.20	S
4472.82	4472.92	Fe II	-6.77	-1.07	S
4474.80	4474.91	[Fe II]	-7.37	-1.90	S
	4474.95	O III	-10.06		S
4479.00	4479.29	Ca II	-19.42	-0.19	S
4485.10	4485.44	Zr II	-22.74	-0.55	S
4488.60	4488.75	[Fe II]	-10.03	-1.06	S
4489.10	4489.20	Fe II	-6.68	-1.80	S
4491.30	4491.40	Fe II	-6.75	-3.20	S
4492.54	4492.64	[Fe II]	-6.68	-0.84	S
4501.18	4501.27	Ti II	-6.00	-0.36	S
4508.20	4508.30	Fe II	-6.65	-3.32	S
4509.50	4509.61	[Fe II]	-7.32	-0.28	S
4514.80	4514.90	[Fe II]	-6.64	-0.60	S
4515.20	4515.33	Fe II	-8.88	-3.25	S
4520.10	4520.23	Fe II	-8.30	-6.02	S
4522.50	4522.63	Fe II	-8.89	-4.38	S
4528.27	4528.39	[Fe II]	-7.95	-0.51	S
4534.02	4534.17	Fe II	-9.66	-1.73	S
4541.40	4541.52	Fe II	-8.13	-1.31	S
4549.40	4549.55	S II	-9.69	-7.45	S
4554.89	4555.01	[Fe II]	-7.90	-0.17	S
4555.80	4555.89	Fe II	-5.93	-5.03	S
4555.80	4555.92	Cu II	-8.03	-5.03	S
4558.50	4558.60	Fe II	-6.58	-1.29	S
4563.70	4563.80	Ti II	-6.57	-0.37	S
4571.00	4571.24	Cr II	-15.75	-0.79	S

4571.90	4572.00	Ti II	-6.56	-0.45	S
4576.20	4576.33	Fe II	-8.59	-2.37	S
4579.94	4580.06	Fe II	-7.53	-0.31	S
4581.04	4581.18	[Cr II]	-9.17	-0.12	S
4582.70	4582.84	Fe II	-8.84	-1.01	S
4583.70	4583.83	Fe II	-8.44	-4.57	S
4588.10	4588.22	Cr II	-7.65	-1.01	S
4589.84	4589.96	Ti II	-7.91	-0.12	S
4591.90	4592.09	Cr II	-12.41	-0.34	S
4593.71	4593.84	Cr I	-8.49	-0.10	S
4595.80	4595.70	Fe II	6.53	-0.42	S
4616.50	4616.64	Cr II	-9.10	-0.51	S
4618.70	4618.83	Cr II	-8.44	-0.99	S
4620.40	4620.51	Fe II	-7.34	-1.68	S
4623.99	4624.11	S II	-7.79	-0.51	S
4627.94	4628.16	Ce II	-14.26	-0.32	S
4629.20	4629.34	Fe II	-8.81	-4.39	S
4633.96	4634.11	Cr II	-9.71	-0.58	S
4635.20	4635.33	Fe II	-8.28	-0.26	S
4639.50	4639.68	[Fe II]	-11.64	-2.08	S
4648.80	4648.93	Fe II	-8.39	-0.17	S
4656.90	4657.00	Fe II	-6.44	-0.44	S
4657.47	4657.60	Fe I	-8.24	-0.33	S
4662.90	4663.05	Al II	-9.91	-0.16	S
4663.60	-	-	-	-0.58	S
4664.32	4664.45	[Fe II]	-8.36	-0.78	S
4666.60	4666.75	Fe II	-9.64	-2.56	S
4670.02	4670.17	Fe II	-9.64	-0.93	S
4727.90	4728.07	[Fe II]	-10.79	-3.86	S
4731.30	4731.44	Fe II	-8.81	-2.11	S
4745.36	4745.49	[Fe II]	-8.22	-0.20	S
4747.10	4747.26	Ti I	-9.86	-0.47	S
4771.93	4772.07	[Fe II]	-8.80	-0.36	S
4774.60	4774.74	[Fe II]	-8.80	-1.33	S
4798.15	4798.28	[Fe II]	-8.13	-0.76	S
4802.30	4802.53	Fe I	-14.37	-0.45	S
4814.40	4814.55	[Fe II]	-9.35	-4.75	S
4824.00	4824.13	Cr II	-8.08	-1.38	S
4825.60	4825.71	Fe II	-6.84	-0.33	S
4833.08	4833.21	Fe II	-8.07	-0.29	S

4836.10	4836.22	Cr II	-7.44	-0.24	S
4839.90	4840.00	Fe II	-6.20	-0.13	S
4848.10	4848.24	Cr II	-8.66	-0.65	S
4861.10	4861.30	H $\beta$	-12.34	-3.34	D
	4861.30	H $\beta$	-12.34	-7.62	D
4874.40	4874.50	[Fe II]	-6.15	-1.84	S
4876.30	4876.48	Cr II	-11.07	-0.46	S
	4876.41	Cr II	-6.77		S
4889.50	4889.63	[Fe II]	-7.98	-4.54	S
4898.50	4898.60	[Fe II]	-6.12	-1.07	S
4905.20	4905.35	[Fe II]	-9.17	-2.70	S
4911.10	4911.20	Ti II	-6.41	-0.19	S
4914.80	4914.90	N I	-6.10	-0.21	S
4923.80	4923.92	Fe II	-7.37	-10.45	S
4934.98	-		-	-0.40	S
4947.25	4947.38	[Fe II]	-7.88	-0.97	S
4950.63	4950.74	[Fe II]	-6.67	-1.49	S
4965.70	4965.88	Mn I	-10.87	-0.16	S
4973.30	4973.40	Na I	-6.03	-1.62	S
	4973.39	[Fe II]	-5.43		S
4993.20	4993.35	Fe II	-9.31	-1.00	S
5005.39	5005.52	[Fe II]	-7.wa	-1.12	S
5006.50	5006.65	[Fe II]	-8.99	-0.39	S
5015.70	5016.16	Ti I	-27.63	-0.32	S
5018.30	5018.43	Fe II	-8.01	-4.72	S
5020.12	5020.24	[Fe II]	-7.17	-1.28	S
5026.60	-	-	-	-0.19	S
5027.70	5027.78	Fe I	-4.77	-0.11	S
5030.50	5030.74	Fe II	-14.31	-0.24	S
5032.60	5032.79	Fe II	-11.33	-0.13	S
5043.40	5043.53	[Fe II]	-7.73	-1.03	S
5044.90	5045.10	N II	-11.77	-0.26	S
5048.00	5048.20	Ti I	-11.89	-0.86	S
5059.95	5060.08	Fe I	-7.65	-0.81	S
5061.50	5061.64	Cu II	-8.00	-0.28	S
5061.54	-	-	-	-0.24	S
5067.70	5067.82	Ni I	-7.10	-0.35	S
5072.28	5072.40	[Fe II]	-7.10	-0.35	S
5075.60	5075.83	Fe II	-13.53	-0.18	S
5083.40	5083.72	[Fe II]	-18.88	-0.28	S

5089.07	5089.28	Fe II	-12.26	-0.28	S
5089.10	5089.28	Fe II	-10.49	-0.30	S
5100.60	5101.00	Fe II	-23.52	-0.63	S
5107.81	5107.95	[Fe II]	-8.22	-0.93	S
5111.50	5111.63	[Fe II]	-7.63	-2.04	S
5120.23	5120.34	Fe II	-6.44	-0.32	S
5132.54	5132.67	Fe II	-7.60	-1.00	S
5136.71	5136.79	Fe II	-4.56	-0.31	S
5144.21	5144.39	[Zr II]	-10.50	-0.19	S
5146.00	5146.12	Fe II	-7.00	-0.68	S
5154.25	5154.40	Fe II	-8.73	-0.19	S
5157.90	-	-	-	-2.04	S
5158.65	5158.81	[Fe II]	-9.30	-6.23	S
5163.80	5163.94	[Fe II]	-8.13	-1.89	S
5168.90	5169.03	Fe II	-7.54	-5.34	S
5171.50	5171.62	Fe II	-6.96	-0.31	S
5172.60	5172.68	Mg I	-4.64	-0.59	S
5176.90	5177.00	[Fe VI]	-5.79	-0.21	S
5181.80	5181.97	[Fe II]	-9.84	-1.53	S
5183.50	5183.72	Ti II	-12.73	-0.72	S
	5183.60	Mg I	-5.79		S
5184.70	5184.80	Fe II	-5.79	-0.29	S
5185.80	5185.90	Ti II	-5.78	-0.28	S
5188.60	5188.70	Ti II	-5.78	-0.35	S
5194.80	5194.94	Fe I	-8.08	-0.35	S
5197.45	5197.59	Fe II	-8.08	-5.54	S
5199.01	5199.18	[Fe II]	-9.81	-0.53	S
5200.65	5201.00	S II	-20.19	-0.14	S
5203.50	-	-	-	-0.23	S
5219.94	5220.06	[Fe II]	-6.90	-2.17	S
5227.19	-	-	-	-0.23	D
5230.15	-	-	-	-0.18	D
5234.50	5234.62	Fe II	-6.88	-9.80	S
5237.20	5237.34	Cr II	-8.02	-0.89	S
5247.80	5248.00	Fe II	-11.43	-0.26	S
5254.80	5254.92	Fe II	-6.85	-2.04	S
5256.78	5256.89	Fe II	-6.28	-0.51	S
5261.49	5261.61	[Fe II]	-6.84	-4.13	S
5264.68	5264.80	Fe II	-6.84	-0.65	S
5268.76	5268.88	[Fe II]	-6.83	-1.74	S

5273.23	5273.38	[Fe II]	-8.53	-3.37	S
5274.84	5274.99	Cr II	-8.53	-0.16	S
5275.90	5276.00	Fe II	-5.69	-5.28	S
5278.22	5278.39	[Fe II]	-9.66	-0.31	S
5279.90	5280.08	Cr II	-10.23	-0.22	S
5282.97	5283.11	[Fe II]	-7.95	-0.40	S
5283.98	5284.10	Fe II	-6.81	-3.95	S
5296.70	5296.84	[Fe II]	-7.93	-1.66	S
5305.80	5305.85	Cr II	-2.83	-0.30	S
5308.30	5308.44	Cr II	-7.91	-0.13	S
5313.50	5313.61	Cr II	-6.15	-0.23	S
5316.50	5316.60	Fe II	-5.64	-14.36	S
5325.40	5325.56	Fe II	-8.96	-1.65	S
5333.50	5333.65	[Fe II]	-8.44	-2.31	S
5337.59	5337.71	Fe II	-6.91	-0.54	S
5347.50	5347.67	[Fe II]	-9.54	-0.35	S
5362.70	5362.80	Fe III	-5.59	-3.48	S
5376.30	5376.47	[Fe II]	-9.49	-3.12	S
5384.70	5384.89	V II	-10.59	-0.15	S
5389.90	5390.39	Cr I	-27.27	-0.11	S
5391.20	5391.35	Cr I	-8.35	-0.09	S
5394.61	5394.78	[Mn II]	-9.45	-0.19	S
5395.70	-	-	-	-0.18	S
5412.50	5412.64	[Fe II]	-7.76	-2.13	S
5413.94	5414.09	Fe II	-8.26	-0.60	S
5414.90	5415.04	[Mn II]	-7.76	-0.22	S
5420.80	5420.90	Cr II	-5.53	-0.37	S
5425.10	5425.27	Fe II	-9.35	-1.93	S
5427.68	5427.83	Fe II	-8.29	-0.36	S
5433.00	5433.15	[Fe II]	-8.28	-2.40	S
5457.52	5457.68	La II	-8.79	-0.24	S
5465.74	5466.00	Fe II	-14.27	-0.42	S
5470.61	5470.81	Fe II	-10.97	-0.34	S
5477.10	5477.25	[Fe II]	-8.22	-0.84	S
5495.69	5495.82	[Fe II]	-7.10	-1.32	S
5501.96	5502.05	Cr II	-4.91	-0.14	S
5506.87	5507.01	S I	-7.63	-0.15	S
5510.77	5510.68	Cr II	4.90	-0.18	S
5524.99	5525.14	Fe II	-8.14	-0.26	S
5527.20	5527.33	[Fe II]	-7.06	-3.31	S



5528.88	5529.15	Fe I	-14.65	-0.10	S
5534.70	5534.90	Fe II	-10.84	-5.76	S
5551.16	5551.31	[Fe II]	-8.11	-0.59	S
5556.16	5556.31	[Fe II]	-8.10	-0.48	S
5558.11	5558.31	As II	-10.79	-0.12	S
5559.96	5560.23	Fe I	-14.57	-0.21	S
5567.64	5567.81	Fe II	-9.43	-0.25	S
5577.22	5577.35	[O I]	-6.99	-1.21	S
5577.69	5577.85	S II	-8.61	-1.43	S
5580.66	5580.82	[Fe II]	-8.60	-0.33	S
5586.98	5587.36	Fe I	-20.40	-0.45	S
5588.00	5588.15	[Fe II]	-8.05	-0.34	S
5591.23	5591.38	Fe II	-8.05	-0.17	S
5613.09	5613.19	Al II	-5.34	-0.34	S
5627.20	5627.49	Fe II	-15.46	-0.67	S
5643.80	5644.00	Fe II	-10.63	-0.12	S
5649.51	5649.67	[Fe II]	-8.50	-0.21	S
5650.78	5650.94	[Fe II]	-8.49	-0.15	S
5654.72	5654.85	[Fe II]	-6.90	-0.59	S
5657.80	5657.92	Fe II	-6.36	-0.33	S
5673.00	5673.20	Fe II	-10.58	-0.95	S
5676.13	5676.02	N II	5.81	-0.10	S
5681.50	5682.20	Ni I	-36.96	-0.08	S
5718.05	5718.12	Nd II	-3.67	-0.23	S
5724.20	5724.37	Ar II	-8.91	-0.06	S
5725.77	5725.92	[Fe II]	-7.86	-0.10	S
5729.42	5730.67	N II	-65.44	-0.12	S
5732.60	5732.72	Fe II	-6.28	-0.10	S
5746.80	5746.96	[Fe II]	-8.35	-1.17	D
5754.40	5755.00	[N II]	-10.08	-0.85	S
5776.58	5776.67	V I	-4.67	-0.10	S
5783.36	5783.51	V I	-7.73	-0.09	S
5791.67	5791.78	Cr I	-5.75	-0.17	S
5795.10	5795.58	[Cr I]	-24.85	-0.12	S
5798.80	5798.90	V I	-5.17	-0.13	S
5813.57	5813.67	Fe II	-5.16	-0.10	S
5816.00	5816.07	Fe II	-3.61	-0.14	S
5835.30	5835.40	Fe II	-5.14	-0.86	S
5847.15	5847.01	Ni I	7.18	-0.11	S
5857.13	5856.45	Fe II	34.83	-0.07	S

5869.85	5870.65	Fe I	-40.88	-0.60	S
5884.84	5884.90	[Cr III]	-3.06	-0.14	S
5889.90	5890.00	Na I	-5.09	0.10	S
5895.80	5895.90	Na I	-5.09	0.04	S
5901.10	5901.26	[Fe II]	-8.13	-0.33	S
5913.70	5913.87	Cr II	-8.62	-0.47	S
5923.60	5923.93	Ni I	-16.71	-0.16	S
5929.53	5929.70	Fe I	-8.60	-0.11	S
5937.27	5937.81	Ti I	-27.08	-0.11	S
5940.60	5940.69	S II	-4.54	-0.09	S
5952.40	5952.55	Fe II	-7.56	-0.16	S
5956.60	5956.70	Fe I	-5.14	-1.35	S
5978.20	5978.54	Ti I	-17.21	-1.77	S
5982.50	5982.84	Cr I	-17.05	-0.15	S
5987.26	-	-	-	-0.14	S
5991.20	5991.38	Fe II	-9.16	-2.07	S
5999.26	5999.47	N I	-10.50	-0.26	S
6001.20	6001.53	Sc II	-16.50	-0.18	S
6007.00	6007.31	Ni I	-15.48	-0.12	S
6008.30	6008.48	N I	-8.99	-0.48	S
6017.57	6017.52	Ti I	2.49	-0.05	S
6037.85	6039.30	Ni I	-72.03	-0.10	S
6040.33	6040.94	[Cr I]	-30.29	-0.36	S
6044.01	6044.53	Fe II	-25.81	-0.65	S
6044.01	6046.00	S I	-4.96	-0.94	S
6045.90	6046.30	O II	-19.85	-0.94	S
6060.83	6060.81	Fe I	0.99	-0.08	S
6072.29	6073.23	Al II	-46.43	-0.06	S
6073.75	6074.10	[He II]	-17.29	-0.07	S
6078.17	6078.50	Fe I	-16.09	-0.12	S
6084.00	6084.11	Fe II	-5.42	-1.08	S
6106.34	6106.47	Zr II	-6.39	-0.11	S
6113.20	6113.33	Fe II	-6.38	-0.44	S
6115.92	6116.04	Fe II	-5.89	-0.09	S
6122.30	6122.44	Mn II	-6.76	-0.70	S
6124.70	6124.85	Si I	-7.35	-0.20	S
6125.80	6125.90	Mn II	-4.90	-0.56	S
6128.60	6128.73	Mn II	-6.12	-0.36	S
6129.60	6129.70	Fe II	-4.89	-0.07	S
6130.72	6130.79	Mn II	-3.62	-0.33	S

6131.70	6131.86	Si I	-7.83	-0.22	S
6147.60	6147.73	Fe II	-6.59	-0.97	S
6149.10	6149.24	Fe II	-6.73	-0.88	S
6149.80	6150.10	Fe II	-14.63	-0.22	S
6158.20	6158.19	O I	0.49	-0.48	S
6158.20	6159.00	TiO	-38.97	-0.48	S
6160.82	6160.75	Fe II	3.41	-0.24	S
6172.50	6172.72	La II	-10.69	-0.30	S
6175.02	6175.16	Fe II	-6.80	-0.13	S
6179.17	6179.38	Fe II	-10.10	-0.12	S
6182.12	6182.28	Al II	-7.76	-0.16	S
6186.14	6186.74	Ni I	-29.09	-0.10	S
6188.36	6188.55	[Fe II]	-9.21	-0.50	S
6233.35	6233.52	Fe II	-8.18	-0.44	S
6238.23	6238.38	Fe II	-6.97	-1.73	S
6239.08	6239.36	Fe II	-13.46	-0.45	S
6239.79	6239.95	Fe II	-7.69	-0.33	S
6247.40	6247.56	Fe II	-7.78	-2.67	S
6248.70	6248.92	Fe II	-10.37	-1.19	S
6269.82	-	-	-	-0.36	S
6291.61	-	-	-	-0.36	S
6300.10	6300.23	[O I]	-6.19	-8.44	S
6317.80	6318.02	Fe I	-10.54	-2.97	S
6331.87	6331.97	Fe II	-4.69	-0.19	S
6337.91	6338.89	Fe I	-46.38	-0.25	S
6347.00	6347.10	N II	-4.73	-0.63	S
6352.93	6353.84	Fe I	-42.97	-0.24	S
6363.62	6363.80	[O I]	-8.49	-7.06	S
6364.97	6365.04	Fe I	-3.21	-0.49	S
6369.33	6369.45	Fe II	-5.65	-0.13	S
6371.16	6371.36	Si II	-9.42	-0.33	S
6383.53	6383.75	Fe II	-10.34	-2.48	S
6385.27	6385.47	Fe II	-9.40	-1.27	S
6407.09	6407.30	Fe II	-9.83	-0.31	S
6407.10	6407.30	Fe II	-9.36	-0.31	S
6416.80	6416.90	Fe II	-4.91	-1.20	S
6428.83	6428.80	Fe I	1.40	-0.18	S
6432.54	6432.65	Fe II	-5.32	-2.59	S
6440.25	6440.40	[Fe II]	-6.99	-0.38	S
6442.80	6443.05	Fe II	-11.64	-0.96	S

6456.20	6456.38	Fe II	-8.18	-5.12	S
6465.48	6466.86	N III	-64.02	-0.19	S
6473.72	6473.86	[Fe II]	-6.49	-0.31	S
6481.48	6481.73	N I	-11.57	-0.22	S
6483.90	6483.95	Fe I	-2.31	-0.07	S
6485.09	6485.36	Ta I	-12.49	-0.14	S
6491.00	6491.28	Fe II	-12.94	-0.58	S
6492.80	6493.05	Fe II	-11.55	-0.94	S
6506.15	6506.33	Fe II	-8.30	-0.68	S
6511.03	6511.90	[Cr I]	-40.08	-0.13	S
6515.93	6516.05	Fe II	-5.66	-2.87	D
6515.93	6517.01	Fe II	-12.89	-1.11	D
6519.30	6519.37	Mn I	-3.22	-0.11	S
6531.63	6532.89	Ni I	-57.86	-0.08	S
6536.75	6535.99	[Mn II]	34.88	-0.09	S
6544.50	6545.20	N II	-32.08	-0.12	S
6548.00	6548.10	[N II]	-4.58	-0.26	S
6562.47	6562.80	H $\alpha$	-15.09	-7.36	D
6583.25	6583.60	[N II]	-15.95	-0.49	S
6586.53	6586.69	Fe II	-7.29	-0.42	S
6598.12	6598.59	Ni I	-21.37	-0.26	S
6618.28	-	-	-	-0.07	S
6627.06	6627.28	Fe II	-9.96	-0.16	S
6637.38	6638.24	Ar II	-38.87	-2.09	S
6666.70	6666.94	O II	-10.80	-1.11	S
6716.30	6716.40	[S II]	-4.47	-0.19	S
6729.69	6729.85	[Fe II]	-7.13	-0.40	S
6730.70	6730.79	C II	-4.01	-0.43	S
6776.29	6775.97	Al II	14.17	-0.15	S
6794.01	6794.60	Fe I	-26.05	-0.03	S
6796.68	6796.11	Fe I	25.16	-0.01	S
6809.04	6809.21	[Fe II]	-7.49	-0.10	S
6813.45	6813.73	[Ni II]	-12.33	-0.31	S
6828.44	6829.01	[Fe II]	-25.04	-0.15	S
6861.05	6861.24	Ni I	-8.31	-0.26	S
6872.10	6872.17	[Fe II]	-3.06	-0.31	S
6873.70	6873.87	[Fe II]	-7.42	-0.52	S
6895.99	6896.18	[Fe II]	-8.27	-0.27	S
6896.00	6896.20	Fe II	-8.70	-0.29	S
6923.53	6924.13	Cr I	-26.00	-0.04	S

6926.13	6926.40	Fe I	-11.69	-0.09	S
6942.80	6942.90	N II	-4.32	-1.30	S
6944.70	6944.90	Fe II	-8.64	-0.30	S
6961.19	6960.33	Fe I	36.89	-0.08	S
6966.16	6966.32	[Fe II]	-6.89	-0.21	S
7001.70	7001.93	O I	-9.85	-0.53	S
7030.54	7031.02	Fe I	-20.48	-0.19	S
7047.76	7047.99	[Fe II]	-9.79	-0.34	S
7077.90	7078.20	[Fe III]	-12.72	-0.13	S
7099.62	7100.20	Fe I	-24.51	-0.32	S
7108.91	7109.01	[Fe I]	-4.22	-0.10	S
7154.99	7155.14	3 [Fe II]	-6.29	-12.29	S
7171.80	7171.98	[Fe II]	-7.53	-2.84	S
7181.04	7181.21	Fe II	-7.10	-0.13	S
7183.54	7184.54	Si I	-41.76	-0.09	S
7185.68	7185.50	Cr I	7.52	-0.08	S
7203.58	7205.51	Fe I	-80.36	-0.67	S
7222.23	7222.39	Fe II	-6.65	-0.41	S
7224.40	7224.50	Fe II	-4.15	-0.25	S
7253.93	7254.19	O I	-10.75	-0.20	S
7255.68	7256.13	Fe I	-18.60	-0.51	S
7288.92	7289.05	Fe II	-5.35	-0.18	S
7291.19	7291.48	Ni I	-11.93	-1.52	S
7301.40	7301.57	Fe II	-6.98	-0.23	S
7307.70	7307.97	Fe II	-11.08	-1.93	S
7309.99	7310.24	Fe II	-10.05	-0.30	D
7320.50	7320.70	Fe II	-8.20	-0.50	S
7323.80	7323.20	Ti II	24.58	-1.18	S
7335.22	7334.66	Fe II	22.90	-0.18	S
7347.36	7347.72	Mn II	-14.70	-0.17	S
7377.70	7377.90	[Ni II]	-8.13	-4.23	S
7388.00	7388.20	[Fe II]	-8.12	-2.04	S
7406.00	7406.26	Co I	-10.53	-0.14	S
7408.80	7409.00	Fe II	-8.10	-0.52	S
7411.48	7411.18	Fe I	12.22	-2.14	S
7415.72	7415.78	Si I	-2.43	-0.28	S
7417.30	7417.38	Co I	-3.24	-0.10	S
7423.40	7423.60	N I	-8.08	-0.35	S
7442.10	7442.30	N I	-8.06	-0.72	S
7449.20	7449.34	Fe II	-5.64	-0.73	S

7452.38	7452.50	[Fe II]	-4.83	-4.25	S
7462.25	7462.38	Fe II	-5.23	-2.23	S
7468.10	7468.30	N I	-8.03	-0.92	S
7479.50	7479.70	Fe II	-8.02	-0.41	S
7495.36	7495.67	Fe I	-12.41	-1.50	S
7499.96	7501.25	Fe I	-51.59	-0.92	S
7506.30	7505.98	Fe I	12.79	-0.64	S
7512.89	7512.17	Fe I	28.75	-2.04	S
7514.86	7515.13	[V II]	-10.78	-1.68	S
7515.67	7515.88	Fe II	-8.38	-0.37	S
7520.50	7520.70	Fe II	-7.98	-0.23	S
7533.20	7533.40	Fe II	-7.96	-0.68	S
7572.10	7573.53	Fe I	-56.64	-0.78	S
7579.20	7578.96	S I	9.50	-0.51	S
7620.89	7620.53	Fe I	14.17	-0.46	S
7637.45	7637.52	[Fe II]	-2.75	-0.15	S
7657.28	7657.60	Mg I	-12.54	-0.76	S
7660.52	7661.46	Fe I	-36.81	-0.45	S
7664.85	7665.02	S II	-6.65	-0.31	S
7684.90	7685.58	[Fe II]	-26.54	-0.17	S
7686.73	7686.90	[Fe II]	-6.63	-0.25	S
7690.25	7691.57	Mg I	-51.48	-0.57	S
7711.32	7711.71	Fe II	-15.17	-5.80	S
7717.01	7717.29	[Ti I]	-10.88	-0.12	S
7731.40	7731.70	Fe II	-11.64	-0.43	S
7751.12	7751.18	Fe I	-2.32	-0.06	S
7755.30	7755.60	Fe II	-11.60	-0.25	S
7764.50	7764.70	[Fe II]	-7.73	-0.45	S
7771.90	7772.00	O I	-3.86	-0.84	S
7774.10	7774.20	O I	-3.86	-0.79	S
7775.35	7775.40	O I	-1.93	-0.38	S
7780.10	7780.40	Fe II	-11.57	-0.32	S
7789.10	7789.30	Fe II	-7.70	-0.24	S
7794.60	7793.90	[Co II]	26.94	-0.04	S
7801.00	7801.20	Fe II	-7.69	-0.49	S
7808.79	7809.24	Co I	-17.29	-0.10	S
7817.90	7816.60	He I	49.89	-0.23	S
7821.33	7821.47	S II	-5.37	-0.14	S
7835.70	7835.90	Fe II	-7.66	-0.33	S
7841.21	7841.40	Fe II	-7.27	-0.22	S

7866.30	7866.50	Fe II	-7.63	-4.42	S
7875.89	7876.34	[Fe I]	-17.14	-0.41	S
7876.81	7877.13	[Mg II]	-12.19	-0.20	S
7885.98	7886.31	O I	-12.55	-0.13	S
7893.70	7894.10	[Ti II]	-15.20	-0.16	S
7896.10	7896.40	Mg II	-11.40	-0.30	S
7907.36	7908.30	Cr I	-35.66	-0.12	S
7917.50	7917.80	Fe II	-11.37	-2.06	S
7970.20	7970.40	Fe II	-7.53	-0.32	S
7975.60	7975.90	Fe II	-11.28	-1.46	S
7981.70	7982.00	O I	-11.28	-0.35	S
7994.86	7995.12	O I	-9.76	-0.18	S
7999.88	8000.12	[Cr II]	-9.00	-1.70	S
8008.48	8008.39	Si I	3.37	-0.05	S
8030.20	8030.50	Fe II	-11.21	-0.35	S
8037.04	8037.29	[Fe II]	-9.33	-0.19	S
8047.50	8047.60	Fe I	-3.73	-0.22	S
8069.42	8070.64	Si I	-45.35	-0.23	S
8083.60	8083.90	Fe II	-11.13	-0.65	S
8091.20	8091.87	[Ti I]	-24.84	-0.07	S
8096.46	8096.87	Fe I	-15.19	-0.31	S
8101.20	8101.50	Fe II	-11.11	-0.28	S
8106.00	8106.38	[Ti II]	-14.06	-0.34	S
8110.20	8110.40	[Cr II]	-7.40	-3.30	S
8113.80	8112.17	Fe I	60.28	-0.24	S
8120.90	8121.89	Al II	-36.57	-0.17	S
8125.13	8125.50	[Cr II]	-13.66	-1.14	S
8136.29	8136.40	Ne I	-4.06	-0.42	S
8140.19	8138.62	[V II]	57.87	-0.22	S
8157.33	-	-	-	-0.59	S
8160.72	8161.02	V I	-11.03	-0.15	S
8184.60	8184.80	N I	-7.33	-0.38	S
8187.77	8187.95	N I	-6.60	-0.65	S
8190.42	-	-	-	-0.20	S
8209.47	8210.64	N I	-42.75	-0.36	S
8216.10	8216.80	N I	-25.56	-1.50	S
8222.88	8223.07	N I	-6.93	-0.92	S
8229.57	8229.81	[Cr II]	-8.75	-0.61	S
8242.10	8242.30	N I	-7.28	-0.88	S
8250.05	8250.20	Ca II	-5.45	-1.76	S

8287.38	8287.38	Cr I	0.00	-1.87	S
8292.12	-	-	-	-0.69	S
8298.57	-	-	-	-1.35	S
8305.29	8305.79	Sm II	-18.06	-0.33	S
8306.00	8306.11	[H]	-4.15	-0.63	S
8308.30	8308.70	Cr II	-14.44	-0.68	S
8314.06	8314.73	S II	-24.17	-0.60	S
8323.27	8323.44	Cr I	-6.13	-0.77	S
8329.97	8331.94	Fe I	-70.93	-0.71	S
8333.50	8333.78	[H]	-10.26	-0.88	S
8345.30	8345.55	[H]	-9.09	-1.37	S
8352.59	8353.15	Ti I	-20.11	-0.27	S
8357.03	8357.78	[Cr II]	-26.92	-3.03	S
8358.79	8359.01	[H]	-7.75	-1.18	S
8366.79	8367.07	[Ti I]	-10.04	-0.72	S
8374.30	8374.50	H I	-7.16	-1.39	S
8386.95	8386.24	Ti I	25.40	-0.41	S
8392.20	8392.40	H I	-7.15	-1.79	S
8410.00	8409.88	Mn I	4.28	-1.92	S
8413.10	8413.30	H I	-7.13	-2.13	S
8420.31	8420.72	[V II]	-14.61	-0.91	S
8423.70	8424.14	Fe I	-15.67	-1.93	S
8434.06	8434.51	Fe I	-16.01	-0.43	S
8437.80	8438.00	H I	-7.11	-1.82	S
8446.30	8446.37	[Ti II]	-2.49	-15.55	S
8450.73	8450.89	Ti I	-5.68	-2.92	S
8467.04	8467.15	[H]	-3.90	-2.61	S
8467.04	8468.46	Ti I	-3.90	-3.37	S
8479.65	8480.63	Fe I	-34.67	-0.32	S
8489.85	8490.18	[V II]	-11.66	-13.81	S
8497.96	8498.01	Ca II	-1.77	-5.08	S
8497.96	8502.50	H I	-7.06	-2.03	S
8508.44	8509.69	Fe I	-44.07	-1.23	S
8523.40	8525.04	Fe I	-57.71	-0.27	S
8567.50	8567.78	Fe I	-9.80	-0.65	S
8574.86	8575.25	Cl I	-13.64	-0.31	S
8578.51	8579.15	[V II]	-22.38	-0.56	S
8593.80	8594.00	N I	-6.98	-1.35	S
8594.65	8596.02	Si I	-47.81	-1.27	S
8598.20	8598.40	H I	-6.98	-3.43	S



8609.20	8609.50	Fe II	-10.45	-0.28	S
8616.79	8617.00	[Fe II]	-7.31	-4.10	S
8629.00	8629.20	N I	-6.95	-3.42	S
8636.30	8636.60	Fe II	-10.42	-0.36	S
8648.60	8648.72	[Ti II]	-4.16	-0.80	S
8648.60	8648.89	Si I	-10.06	-0.75	S
8653.30	8652.50	Fe I	27.74	-0.30	S
8655.60	8655.90	N I	-10.40	-1.15	S
8662.09	8662.14	Ca II	-1.73	-5.46	S
8664.80	8665.00	H I	-6.92	-1.09	S
8672.00	8672.06	Mn I	-2.08	-1.15	S
8680.10	8680.50	S I	-13.82	-1.32	S
8683.20	8683.40	N I	-6.91	-1.94	S
8686.00	8686.10	N I	-3.45	-1.16	S
8694.90	8695.10	Fe II	-6.90	-0.65	S
8703.10	8703.20	N I	-3.45	-1.95	S
8706.30	8706.79	[Fe II]	-16.88	-0.87	S
8711.50	8711.70	N I	-6.89	-1.11	S
8715.60	8715.84	[Fe II]	-8.26	-0.84	S
8718.60	8718.80	N I	-6.88	-0.61	S
8722.10	8722.40	Fe II	-10.32	-0.71	S
8726.90	8727.10	Fe I	-6.88	-0.77	S
8728.40	8728.88	N I	-16.50	-0.23	S
8750.30	8750.50	H I	-6.86	-5.51	S
8767.30	8767.65	Fe I	-11.98	-0.35	S
8768.91	8767.65	Fe I	43.11	-0.87	S
8784.00	8784.44	Fe I	-15.03	-2.30	S
8787.30	8786.96	Cr I	11.61	0.01	S
8804.90	8805.10	Fe II	-6.81	-0.97	S
8806.60	8806.76	Mg I	-5.45	-0.58	S
8819.70	8820.45	O I	-25.51	-0.90	S
8824.50	8826.02	[Cr II]	-51.67	-1.14	S
8827.63	8828.08	Fe I	-15.29	-0.15	S
8829.50	8829.80	Fe II	-10.19	-1.22	S
8833.70	8834.00	Fe II	-10.19	-0.27	S
8838.60	8838.43	Fe I	5.67	-2.29	S
8846.80	8848.25	Fe I	-49.16	-0.24	S
8855.50	8853.86	Ne I	55.57	-0.39	S
8859.60	8859.77	Al II	-5.76	-0.66	S

Tabela A.7.: Atlas de linhas em absorção de Hen 3-1191: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade,  $W$ =largura equivalente, perfil de linha (A = absorção).

Obs Å	Lab Å	identificação	$v$ [ $km s^{-1}$ ]	$W$ (Å)	perfil
5874.18	-	-	-	0.87	A
5889.70	5890.00	Na I	-15.28	0.21	A
5895.70	5895.90	Na I	-10.18	0.17	A
5918.80	5918.93	Fe I	-6.58	0.03	A
5919.40	5919.60	C II	-10.13	0.03	A
5920.00	5920.50	Fe I	-25.33	0.03	A
6532.76	6533.00	N II	-11.20	0.02	A
6949.50	6950.82	Fe I	-56.97	0.03	A
6951.20	6951.62	Fe I	-18.12	0.01	A
6954.10	6954.54	LaII	-18.98	0.04	A
6956.90	-	-	-	0.10	A
6959.90	6960.33	Fe I	-18.53	0.04	A
6961.70	-	-	-	0.05	A
6965.00	6965.42	MgI	0.00	0.01	A
6977.90	6978.46	Cr I	-24.07	0.03	A
6987.00	-	-	-	0.04	A
6989.40	6989.64	Fe I	-10.30	0.06	A
6994.00	-	-	-	0.03	A
6994.50	-	-	-	0.02	A
7040.20	-	-	-	0.05	A
7051.80	-	-	-	0.01	A
7053.20	7053.48	Fe I	-11.90	0.01	A
7181.90	7182.00	Ni I	-4.17	0.19	A
7182.10	7181.20	Fe II	37.60	0.21	A
7182.10	7181.20	Fe II	37.60	0.21	A
7182.10	-	-	-	0.26	A
7185.00	7185.50	Cr I	-20.87	0.25	A
7185.00	7181.20	Fe II	158.75	0.26	A
7186.70	-	-	-	0.24	A
7187.80	7188.06	Cr I	-18.85	0.23	A
7192.00	-	-	-	0.28	A
7194.10	7194.92	Fe I	-34.19	0.22	A
7197.70	-	-	-	0.07	A
7198.60	-	-	-	0.07	A
7200.90	-	-	-	0.16	A
7201.60	7202.37	F I	-32.07	0.12	A
7204.80	7205.51	Fe I	-29.56	0.16	A

7206.90	7207.12	Fe I	-9.28	0.21	A
7210.00	-	-	-	0.09	A
7217.00	7217.34	Co I	-14.13	0.07	A
7227.90	7228.70	Fe I	-33.00	0.11	A
7232.70	7233.40	Cr Iv	-29.03	0.05	A
7233.40	7233.58	Ar II	-7.46	0.18	A
7235.20	7235.32	Ai I	-4.97	0.24	A
7236.60	7236.91	A II	-12.85	0.10	A
7240.30	-	-	-	0.05	A
7241.20	-	-	-	0.28	A
7244.10	7244.86	Fe I	-31.47	0.26	A
7246.10	-	-	-	0.09	A
7247.70	7247.82	Mn I	-4.96	0.07	A
7249.40	-	-	-	0.03	A
7250.70	-	-	-	0.04	A
7252.80	7253.76	Ti I	-39.70	0.12	A
7257.80	-	-	-	0.05	A
7258.40	7259.30	N II	-37.19	0.08	A
7259.10	7259.30	N II	-8.27	0.01	A
7261.20	7261.54	Fe I	-14.04	0.04	A
7262.50	-	-	-	0.03	A
7263.40	-	-	-	0.04	A
7265.00	-	-	-	0.13	A
7266.00	7266.26	Ti I	-10.74	0.21	A
7270.30	-	-	-	0.10	A
7273.40	7273.77	Ti I	-15.26	0.21	A
7275.90	-	-	-	0.11	A
7277.80	7278.48	Fe I	-28.02	0.14	A
7287.80	-	-	-	0.12	A
7294.80	7295.00	Fe I	-8.24	0.02	A
7295.50	-	-	-	0.07	A
7300.30	7300.47	Fe I	-6.98	0.10	A
7303.70	-	-	-	0.09	A
7304.60	-	-	-	0.14	A
7313.10	-	-	-	0.03	A
7315.00	7315.73	Co I	-29.93	17.65	A
7316.00	-	-	-	0.05	A
7317.70	7318.39	Ti I	-28.28	0.04	A
7319.10	-	-	-	0.06	A
7331.30	7331.95	FI	-26.59	0.05	A

7333.40	7333.62	Fe I	-8.99	0.03	A
7334.10	7334.66	Fe II	-22.90	0.04	A
7335.80	7336.03	Zr I	-9.40	0.02	A
7372.00	7373.00	Ai I	-40.68	0.11	A
7384.20	7384.96	Fe I	-30.87	0.04	A
7698.40	-	-	-	0.04	A
7902.30	-	-	-	0.05	A
7909.20	-	-	-	0.03	A
7921.20	-	-	-	0.06	A
7929.10	-	-	-	0.05	A
7961.20	-	-	-	0.03	A
7963.60	-	-	-	0.05	A
7984.80	-	-	-	0.04	A
8008.00	-	-	-	0.05	A
8013.40	-	-	-	0.03	A
8134.30	-	-	-	0.16	A
8135.50	-	-	-	0.08	A
8141.20	-	-	-	0.10	A
8142.50	-	-	-	0.10	A
8253.30	-	-	-	0.13	A
8257.00	-	-	-	0.22	A
8260.20	-	-	-	0.12	A

## A.4. Atlas espectral de Hen 3-1312

Tabela A.8.: Atlas de linhas em emissão de Hen 3-1312: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (S = simples, D=duplo.)

Obs (Å)	Lab (Å)	identificação	$v$ [ $km s^{-1}$ ]	W (Å)	perfil
3703.10	3703.86	[H]	-61.15	-0.34	S
3711.20	3712.26	[Fe II]	-85.66	-0.44	S
3721.05	3721.86	Ne II	-65.29	-1.40	S
3725.27	3726.00	[O II]	-58.78	-17.29	D
3727.99	3728.80	[O II]	-65.17	-5.58	D
3733.55	3734.34	H 13	-63.63	-1.91	S
3749.30	3750.00	Cl II	-56.00	-1.36	S
3797.07	3797.90	H 10	-65.96	-3.44	S
3834.55	3835.39	H $\eta$	-65.86	-4.27	S
3867.91	3868.62	Cl II	-55.06	-0.83	S

3888.10	3888.82	H $\zeta$	-55.93	-7.77	S
3963.90	3964.72	He I	-62.05	-0.47	S
3966.60	3967.44	O II	-63.59	-1.00	S
3969.23	3970.00	H $\epsilon$	-58.19	-23.07	S
4025.40	4026.20	He I	-59.61	-0.31	S
4067.70	4068.60	[S II]	-66.36	-0.90	S
4075.50	4076.20	[S II]	-51.52	-0.36	S
4100.90	4101.70	H $\delta$	-58.51	-9.54	S
4339.50	4340.50	H $\gamma$	-69.12	-15.05	S
4362.30	4363.20	[O III]	-61.88	-0.48	S
4387.03	4388.00	He I	-66.32	-0.08	S
4470.60	4471.52	Ne II	-61.72	-0.97	S
4606.11	4607.00	[Fe III]	-57.96	-0.03	S
4657.10	4658.10	Fe III	-64.40	-0.45	S
4700.60	4701.50	Fe III	-57.43	-0.17	S
4712.20	4713.18	Fe II	-62.38	-0.12	S
4732.90	4733.90	[Fe III]	-63.37	-0.10	S
4753.70	4754.70	Fe III	-63.10	-0.06	S
4768.50	4769.40	Fe III	-56.61	-0.05	S
4776.70	4777.78	Cr II	-67.81	-0.04	S
4860.30	4861.30	H $\beta$	-61.71	-35.46	S
4880.00	4881.00	Fe III	-61.46	-0.21	S
4920.90	4921.90	He I	-60.95	-0.34	S
4957.90	4958.90	[O III]	-60.50	-19.93	S
5005.80	5006.84	[O III]	-62.31	-47.12	S
	5006.65	[Fe II]	-50.93	-47.12	S
5010.24	5011.30	[Fe III]	-63.46	-0.12	S
5014.60	5015.70	He I	-65.79	-0.59	S
5046.68	5047.74	He I	-62.76	0.00	S
5054.99	5056.03	Si II	-62.01	0.00	S
5269.40	5270.40	[Fe III]	-56.92	-0.16	S
4753.70	4754.70	Fe III	-63.10	-0.06	S
4768.50	4769.40	Fe III	-56.61	-0.05	S
4776.70	4777.78	Cr II	-67.81	-0.04	S
5411.00	5412.00	[Fe III]	-55.43	-0.03	S
5516.50	5517.24	[Cl III]	-40.24	-0.02	S
5536.60	5537.70	Cl III	-59.59	-0.10	S
5577.70	5578.85	S II	-61.84	-0.12	S
5753.40	5754.80	[N II]	-72.98	-1.60	S
5874.40	5875.60	He I	-61.27	-5.72	S

6298.70	6299.74	Fe III	-49.53	-0.41	S
6299.17	6300.23	[O I]	-50.47	-0.98	D
6310.72	6311.8	[N III]	-37.36	-0.87	S
6362.64	6363.88	[O I]	-58.45	-0.33	D
6546.70	6548.10	[N II]	-64.14	-10.72	S
6561.40	6562.80	H $\alpha$	-64.00	-60.04	S
6582.00	6583.60	[N II]	-72.91	-17.40	S
4753.70	4754.70	Fe III	-63.10	-0.06	S
4768.50	4769.40	Fe III	-56.61	-0.05	S
4776.70	4777.78	Cr II	-67.81	-0.04	S
6637.32	6638.24	Ar II	-41.58	-0.29	D
6676.70	6678.20	He I	-67.38	-1.73	S
6676.75	6678.15	He I	-62.85	-1.73	S
6715.10	6716.40	[S II]	-58.07	-0.41	S
6729.50	6730.80	[S II]	-57.94	-0.88	S
7063.70	7065.20	He I	-63.69	-4.20	S
7134.30	7135.80	[Ar III]	-63.06	-2.71	S
7153.70	7155.10	[Fe II]	-58.70	-0.07	S
7279.80	7281.40	He I	-65.92	-0.41	S
7317.99	7319.40	[O II]	-57.79	-13.06	D
7328.65	7329.90	[O II]	-51.16	-5.88	D
7376.50	-	-	-	-0.12	S
7749.50	7753.20	Ar III	-143.17	-1.07	S
7814.47	7815.83	Al II	-52.20	-0.04	S
8390.70	8392.40	H I	-60.77	-0.09	S
8399.70	8400.89	[Cr II]	-42.50	-0.04	S
8411.70	8413.30	H I	-57.05	-0.09	S
8436.20	8438.00	H I	-64.00	-0.06	S
8444.70	8446.10	[Fe II]	-49.73	-0.96	S
8444.70	8446.80	O I	-74.58	-0.96	S
8465.60	8467.30	H I	-60.23	-0.13	S
8500.80	8502.50	H I	-59.98	-0.19	S
8596.60	8598.40	H I	-62.80	-0.37	S
8663.20	8665.00	H I	-62.32	-0.50	S
8748.70	8750.50	H I	-61.71	-0.83	S
8827.70	8829.80	Fe II	-71.35	-0.05	S

Tabela A.9.: Atlas de linhas em absorção de Hen 3-1312: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (A = absorção).

Obs (Å)	Lab (Å)	identificação	$v$ [ $km s^{-1}$ ]	W (Å)	perfil
4021.00	4021.86	Fe I	-64.15	0.07	A
4029.90	4030.75	Mn I	-63.26	0.35	A
4032.10	4033.00	Fe II	-66.95	0.23	A
4033.60	4034.49	Mn I	-66.18	0.11	A
4034.80	4035.73	Mn I	-68.98	0.11	A
4044.90	4045.82	Fe I	-68.22	0.34	A
4047.90	4048.83	Fe II	-68.91	0.05	A
4051.10	4051.92	Fe I	-60.71	0.08	A
4051.10	4051.97	Cr II	-64.41	0.08	A
4053.00	4053.82	Fe I	-60.68	0.16	A
4056.60	4057.51	Mg I	-66.91	0.11	A
4061.60	4062.45	Fe I	-62.47	0.06	A
4062.70	4063.59	Fe I	-65.71	0.31	A
4070.80	4071.74	Fe I	-69.26	0.26	A
4076.80	4077.67	Cr I	-64.01	0.36	A
4106.60	4107.49	Fe I	-65.00	0.06	A
4110.10	4111.01	Cr II	-66.41	0.06	A
4112.20	4112.97	Fe I	-56.16	0.03	A
	4113.23	Fe III	-75.12		A
4113.60	4114.52	Ar II	-67.08	0.03	A
	4114.45	Fe I	-61.90		A
4128.80	4129.70	Ar II	-65.38	0.09	A
4131.10	4132.06	Fe I	-69.70	0.22	A
4132.00	4132.90	Fe I	-65.33	0.05	A
4142.80	4143.75	He I	-68.78	0.12	A
4146.80	4147.67	Fe I	-62.93	0.07	A
4148.40	4149.37	Fe I	-70.13	0.08	A
4151.20	4152.07	Fe I	-62.86	0.08	A
4153.00	4153.91	Fe I	-65.43	0.08	A
4155.90	4156.80	N II	-64.95	0.08	A
	4156.80	Fe I	-65.17		A
4156.90	4157.78	Fe I	-63.50	0.05	A
4157.90	4158.79	Fe I	-64.20	0.03	A
4158.30	4159.40	Al II	-79.34	0.02	A
4162.70	4163.60	Ti III	-64.85	0.10	A
	4163.62	Cr I	-66.65		A
4166.40	4167.27	Mg I	-62.63	0.10	A

4170.10	4171.02	Ti I	-66.03	0.06	A
4171.40	4172.20	Fe II	-57.52	0.11	A
4172.50	4173.51	N II	-72.60	0.21	A
4174.40	4175.27	Cr I	-62.51	0.06	A
4175.70	4176.57	Fe I	-62.49	0.06	A
4176.70	4177.70	Fe II	-71.81	0.18	A
4176.70	4177.59	Fe I	-63.91	0.18	A
4177.90	4178.85	Fe II	-68.56	0.22	A
	4178.90	Fe II	-71.79		A
4178.50	4179.43	Cr II	-66.76	0.06	A
4180.80	4181.75	Fe I	-68.15	0.15	A
	4181.88	Ar I	-77.48		A
4184.00	4184.89	Fe I	-63.80	0.07	A
4186.50	-	-	-	0.13	A
4186.50	-	-	-	0.13	A
4187.80	4188.69	Ti I	-64.03	0.04	A
4190.50	4191.44	Fe I	-66.99	0.14	A
4194.40	4195.33	Fe I	-66.50	0.07	A
4195.30	4196.22	Fe I	-65.63	0.04	A
4197.30	4198.27	Fe I	-69.17	0.14	A
4198.20	4199.10	Fe I	-64.23	0.10	A
4199.50	4200.40	Ti II	-64.28	0.03	A
4201.10	4202.03	Fe I	-66.47	0.26	A
4203.10	4203.98	Fe I	-62.80	0.06	A
4204.20	4205.19	ArII	-70.63	0.20	A
4205.80	4206.70	Fe I	-64.18	0.03	A
4206.30	4207.13	Fe I	-59.19	0.02	A
4207.70	4208.61	Fe I	-64.87	0.03	A
4208.10	4209.02	Cr II	-65.57	0.01	A
4209.40	4210.35	Fe I	-67.69	0.10	A
4210.90	4211.80	Fe II	-64.11	0.02	A
4212.70	4213.65	Fe I	-67.64	0.03	A
4214.60	4215.43	Fe I	-59.07	0.33	A
4215.30	4216.19	Fe I	-63.04	0.07	A
4216.60	4217.55	Fe I	-67.65	0.05	A
4218.40	4219.21	Fe I	-57.59	0.08	A
4219.40	4220.32	Fe III	-65.40	0.03	A
4219.40	4220.35	Fe I	-67.32	0.03	A
4221.30	4222.22	Fe I	-65.30	0.08	A
4223.30	4224.18	Fe I	-62.21	0.06	A



4224.50	4225.46	Fe I	-68.16	0.06	A
4225.80	4226.65	Ar II	-60.33	0.30	A
4225.80	4226.72	Ca I	-65.30	0.30	A
4226.50	4227.42	Fe I	-65.29	0.12	A
4232.30	4233.20	Fe II	-63.78	0.46	A
4235.00	4235.94	Fe I	-66.57	0.16	A
4236.20	4237.09	Fe I	-62.66	0.02	A
4237.50	4238.61	Fe I	-78.56	0.05	A
4237.50	4238.38	La II	-62.29	0.05	A
4238.90	4239.84	Fe I	-66.51	0.07	A
4241.40	4242.40	Cr II	-70.72	0.14	A
4244.40	4245.26	Fe I	-60.63	0.06	A
4245.90	4246.79	Fe I	-62.87	0.16	A
4246.50	4247.34	Fe II	-59.33	0.07	A
	4247.34	Fe I	-59.47		A
4249.50	4250.12	Fe I	-43.76	0.15	A
4251.70	4252.62	Cr II	-64.90	0.05	A
4253.40	4254.34	Cr I	-66.29	0.20	A
4257.30	4258.20	Fe II	-63.41	0.15	A
4259.50	4260.47	MnII	-68.30	0.27	A
4259.50	4260.48	Fe I	-68.94	0.27	A
4261.00	4261.92	Cr II	-64.76	0.10	A
4266.40	4267.30	Zr II	-63.27	0.03	A
4270.50	4271.47	Fe III	-68.13	0.16	A
4272.40	4273.32	Fe II	-64.38	0.13	A
	4273.31	Ti I	-63.88		A
4273.90	4274.80	Cr I	-63.16	0.16	A
4274.60	4275.50	O II	-63.15	0.07	A
4277.20	4278.10	Cr II	-63.11	0.07	A
	4278.13	Fe II	-65.08		A
4281.50	4282.41	Fe I	-63.47	0.12	A
4282.10	4283.01	Ca I	-63.74	0.08	A
4283.30	4284.21	Cr II	-63.72	0.06	A
4284.50	4285.44	Fe I	-66.15	0.03	A
4287.00	4287.89	Ti II	-62.27	0.10	A
	4287.80	Ba II	-55.97		A
4293.20	4294.12	Fe II	-64.48	0.23	A
	4294.10	Ti II	-62.88		A
4295.60	4296.57	Ti II	-67.52	0.16	A
4297.10	4298.04	Fe I	-65.61	0.02	A

4298.20	4299.17	Ti I	-67.69	0.21	A
4299.10	4300.10	Ti II	-69.77	0.22	A
4306.90	4307.90	Ti II	-69.64	0.31	A
4311.90	4312.86	Ti II	-66.78	0.16	A
4313.20	4314.28	Fe II	-75.10	0.19	A
4314.10	4315.08	Fe I	-68.13	0.20	A
4315.90	4316.80	Ti II	-62.55	0.03	A
4317.70	4318.63	Ti I	-64.60	0.08	A
4319.90	4320.59	Cr I	-47.91	0.18	A
4324.80	4325.65	Cr I	-58.95	0.26	A
	4325.70	Li II	-62.42		A
4326.20	4327.10	Fe I	-62.40	0.02	A
4329.50	4330.44	Ni II	-65.12	0.03	A
	4330.26	Ti II	-52.65		A
4330.70	4331.64	Ni I	-65.10	0.01	A
4336.50	4337.52	Fe I	-70.55	0.10	A
4336.50	4337.56	Cr I	-73.31	0.10	A
4343.40	-	-	-	0.11	A
4350.80	4351.80	Fe II	-68.94	0.29	A
4351.80	4352.68	Cr II	-60.65	0.07	A
	4352.70	Fe III	-62.03		A
4353.60	4354.54	Mg I	-64.76	0.01	A
4354.10	4355.03	Fe II	-64.06	0.02	A
4356.60	4357.52	Cr I	-63.34	0.02	A
4357.60	4358.53	Ar II	-64.01	0.02	A
	4358.51	Fe I	-62.29		A
4358.70	4359.63	Cr I	-64.00	0.04	A
4361.10	4362.07	Ar II	-66.71	0.03	A
	4362.10	Ni II	-68.77		A
4366.70	4367.58	Fe I	-60.45	0.08	A
4368.60	4369.60	Fe II	-68.66	0.05	A
	4369.52	Cl I	-63.16		A
4370.40	4371.28	Cr I	-60.33	0.04	A
4373.70	4374.61	Cr II	-62.41	0.07	A
4375.00	4375.91	Ce II	-62.39	0.10	A
4375.00	4375.93	Fe I	-63.76	0.10	A
4382.60	4383.54	Fe I	-64.33	0.29	A
4383.40	4384.33	Fe II	-63.64	0.08	A
4385.90	4386.85	Ti II	-64.97	0.04	A
	4386.83	Ce II	-63.60		A

4387.50	4388.40	Fe I	-61.53	0.03	A
4388.30	4389.24	Fe I	-64.25	0.02	A
4390.00	4390.97	Ti II	-66.27	0.05	A
4393.10	4394.05	Ti II	-64.86	0.07	A
4394.40	4395.28	Fe I	-60.06	0.17	A
4398.80	4399.76	Ti II	-65.46	0.13	A
4399.40	-	-	-	0.06	A
4400.50	4401.45	Fe I	-64.55	0.09	A
4403.80	4404.75	Fe I	-64.84	0.27	A
4406.70	4407.67	Ti II	-66.02	0.05	A
4407.50	4408.49	Fe I	-67.37	0.05	A
4410.10	4411.08	Ti II	-66.65	0.03	A
4412.60	4413.40	Fe I	-54.38	0.04	A
4412.60	4413.60	Fe II	-67.97	0.04	A
4414.40	4415.37	A II	-65.91	0.11	A
4415.80	4416.77	Ne II	-65.89	0.18	A
	4416.80	Fe II	-67.92		A
4416.80	4417.78	Ti II	-66.55	0.14	A
4417.40	4418.34	Ti II	-63.82	0.05	A
	4418.42	Fe I	-69.26		A
4421.00	4421.94	Ti II	-63.77	0.02	A
4423.40	4424.28	Cr I	-59.67	0.01	A
4424.50	4425.44	Ca I	-63.72	0.07	A
4426.40	4427.31	Fe I	-61.66	0.10	A
4429.60	4430.60	Fe I	-67.71	0.06	A
4432.60	4433.57	Ti I	-65.64	0.03	A
4434.30	4435.15	Fe I	-57.50	0.11	A
4436.00	4436.93	Fe I	-62.95	0.01	A
4440.80	4441.70	Ti II	-60.79	0.02	A
4441.40	4442.34	Fe I	-63.48	0.08	A
4442.60	4443.70	Cr I	-74.26	0.12	A
4443.60	4444.56	Ti II	-64.73	0.04	A
4446.80	4447.72	Fe I	-62.05	0.08	A
4449.50	4450.48	Ti II	-66.06	0.13	A
4450.60	4451.55	Fe II	-64.02	0.04	A
4453.70	4454.65	Fe I	-64.31	0.19	A
4454.90	4455.82	Mn I	-61.94	0.06	A
4454.90	4455.85	Fe II	-63.96	0.06	A
4458.10	4459.04	Ni I	-63.04	0.11	A
4460.60	4461.43	Fe II	-55.81	0.14	A

4463.50	4464.45	Ti II	-63.84	0.09	A
4465.60	4466.55	Fe I	-63.81	0.09	A
4467.50	4468.50	Ti II	-67.14	0.22	A
4468.30	4469.16	Ti II	-57.73	0.08	A
4468.30	4469.32	O II	-68.47	0.08	A
4471.90	4472.92	Fe II	-68.41	0.10	A
4475.10	4476.08	O II	-65.68	0.10	A
	4476.02	Fe I	-61.66		A
4480.20	4481.13	Mg II	-62.19	0.28	A
4481.20	4482.17	Fe I	-64.92	0.11	A
4483.20	4484.22	Fe I	-68.24	0.04	A
4487.30	4488.32	Ti II	-68.18	0.04	A
4488.50	4489.47	Cr I	-64.82	0.10	A
	4489.48	O II	-65.49		A
4490.40	4491.40	Fe II	-66.79	0.18	A
4493.60	4494.47	Fe I	-58.07	0.11	A
4495.90	4496.86	Cr I	-64.04	0.04	A
4500.30	4501.11	Cr I	-54.12	0.21	A
4507.30	4508.30	Fe II	-66.54	0.23	A
4514.30	4515.30	Fe II	-66.44	0.23	A
4516.50	4517.43	He I	-61.76	0.01	A
	4517.53	Fe I	-68.40		A
4517.40	4518.45	Fe I	-69.71	0.03	A
4519.20	4520.23	Fe II	-68.03	0.21	A
4521.60	4522.60	Fe II	-66.33	0.27	A
4524.20	4525.14	Fe I	-62.32	0.08	A
4527.60	4528.47	Ce II	-57.64	0.16	A
4528.50	4529.46	Ti II	-63.58	0.06	A
4530.10	4531.15	Fe I	-69.52	0.08	A
4533.00	4534.20	Fe II	-79.40	0.29	A
4538.60	4539.62	Cr II	-79.40	0.02	A
4540.50	4541.50	Fe II	-66.06	0.17	A
4543.00	4543.91	Ar II	-60.08	0.02	A
4544.60	4545.54	Fe I	-62.04	0.02	A
4546.00	4546.93	Ni I	-61.36	0.01	A
4546.90	4547.85	Fe I	-62.67	0.03	A
4548.50	4549.50	Fe II	-65.94	0.40	A
4551.40	4552.45	Ti I	-69.19	0.04	A
4553.40	4554.46	Fe I	-69.82	0.16	A
4554.90	4555.90	Fe II	-65.85	0.26	A

4557.60	4558.60	Fe II	-65.81	0.20	A
4562.80	4563.80	Ti II	-65.73	0.21	A
4563.60	4564.59	V II	-65.07	0.01	A
4564.70	4565.68	Fe I	-64.39	0.07	A
4567.30	4568.30	Ti II	-65.67	0.01	A
4570.40	4571.44	Fe I	-68.25	0.12	A
4575.30	4576.31	Fe II	-66.21	0.17	A
4577.60	4578.55	Ca I	-62.25	0.02	A
4579.10	4580.05	La II	-62.23	0.07	A
	4580.06	Fe II	-62.55		A
4580.40	4581.42	Ca I	-66.79	0.06	A
	4581.38	Co I	-64.17		A
4581.80	4582.80	Fe II	-65.46	0.13	A
4584.90	4585.87	Ca I	-63.46	0.04	A
4587.20	4588.20	Cr II	-65.39	0.17	A
	4588.12	Ne II	-60.16		A
4591.30	4592.10	Cr II	-52.26	0.07	A
4592.80	4593.84	Cr I	-67.92	0.01	A
4601.90	4602.94	Fe I	-67.78	0.07	A
4604.00	4604.99	Ni I	-64.50	0.02	A
4606.60	4607.65	Fe I	-68.36	0.02	A
4610.30	4611.25	Ar II	-61.81	0.04	A
4612.30	4613.21	Fe I	-59.18	0.02	A
4615.40	4616.13	Cr I	-47.44	0.05	A
4615.40	4616.60	Cr II	-77.98	0.05	A
4617.80	4618.80	Cr II	-64.95	0.13	A
4618.30	4619.26	Fe I	-62.35	0.02	A
4619.50	4620.50	Fe II	-64.93	0.12	A
4628.30	4629.30	Fe II	-64.81	0.23	A
4629.10	4630.12	Fe I	-66.41	0.02	A
4631.90	4632.91	Fe I	-65.40	0.02	A
4633.10	4634.11	Cr II	-65.38	0.09	A
4634.30	4635.30	Fe II	-64.72	0.03	A
4636.50	4637.51	Fe I	-65.34	0.02	A
4637.00	4638.02	Fe I	-65.72	0.02	A
4645.20	4646.17	Cr I	-62.63	0.04	A
4646.40	4647.34	Ne II	-60.68	0.03	A
4650.30	4651.28	Cr I	-63.21	0.02	A
4651.20	4652.16	Cr I	-61.78	0.03	A
4653.60	4654.60	N II	-64.45	0.06	A

4656.00	4656.97	Fe II	-62.49	0.13	A
4662.70	4663.76	La II	-68.19	0.05	A
	4663.70	Fe II	-64.33		A
4665.70	4666.80	Fe II	-70.71	0.11	A
4666.40	4667.30	N II	-57.85	0.03	A
4667.10	4668.14	Fe I	-66.96	0.04	A
4669.20	4670.17	Fe II	-62.31	0.08	A
4677.80	4678.85	Fe I	-67.32	0.03	A
4679.10	-	-	-	0.02	A
4690.40	4691.36	Ti I	-61.39	0.02	A
4693.10	4694.13	A I	-65.83	0.02	A
4695.20	4696.12	Ce II	-58.77	0.74	A
4702.00	4702.97	Mg I	-61.88	0.15	A
4703.90	4704.95	Fe I	-66.95	0.01	A
4706.30	4707.28	Fe I	-62.46	0.05	A
4707.50	4708.66	Ti II	-74.10	0.02	A
4708.40	4709.45	N II	-66.89	0.01	A
4709.30	4710.19	Ti I	-56.43	0.02	A
4713.40	4714.42	Ni I	-64.91	0.05	A
4714.70	4715.77	Ni I	-68.07	0.02	A
4726.40	4727.40	Fe I	-63.46	0.02	A
4727.50	4728.56	Fe I	-66.93	0.02	A
4729.00	4730.03	Mg I	-65.20	0.01	A
4730.40	4731.40	Fe II	-63.41	0.14	A
4731.50	4732.46	Ni I	-60.86	0.01	A
4735.70	4736.78	Fe I	-68.40	0.06	A
4740.50	4741.53	Fe I	-65.17	0.02	A
4743.30	4744.13	Fe I	-52.49	0.01	A
4744.80	4745.80	Fe I	-63.34	0.02	A
4753.00	4754.04	Mn I	-65.75	0.04	A
4755.50	4756.52	Ni I	-64.27	0.02	A
4761.40	4762.38	Mn I	-61.48	0.08	A
4762.90	4763.84	Ti II	-59.20	0.03	A
4770.70	4771.70	Fe I	-62.87	0.06	A
4771.80	4772.82	Fe I	-63.92	0.02	A
4778.90	4779.70	N II	-50.21	0.05	A
4782.40	4783.30	Ti I	-56.45	0.04	A
4782.40	4783.42	Mn I	-63.97	0.04	A
4785.50	4786.54	Ni I	-65.18	0.08	A
4787.70	4788.76	Fe I	-66.22	0.01	A

4788.60	4789.65	Fe I	-65.77	0.02	A
4797.50	4798.40	Cl II	-56.27	0.02	A
4804.00	4805.10	Ti II	-68.68	0.08	A
4809.50	4810.53	Zn I	-64.48	0.04	A
4811.30	4812.40	Cr II	-68.57	0.04	A
4822.50	4823.51	Mn I	-62.82	0.03	A
4823.10	4824.10	Cr II	-62.19	0.12	A
4824.70	4825.51	Cr I	-50.36	0.01	A
4828.00	4828.93	Ai III	-57.78	0.02	A
4828.00	4829.03	Ni I	-63.86	0.02	A
4830.10	4831.11	Fe II	-62.72	0.02	A
4835.20	4836.12	Ti I	-57.38	0.05	A
4847.20	4848.20	Cr II	-61.88	0.13	A
4853.80	4854.72	Ti I	-56.85	0.01	A
4854.40	4855.41	Ni I	-62.40	0.06	A
4855.10	4856.01	Ti I	-56.34	0.03	A
4858.70	4859.74	Fe I	-64.20	0.04	A
4863.30	4864.28	Ni I	-60.44	0.06	A
4865.20	4866.26	Ni I	-65.35	0.01	A
4870.30	4871.32	Fe I	-62.82	0.10	A
4871.10	4872.02	Cr I	-56.65	0.08	A
4875.40	4876.40	Cr II	-61.52	0.10	A
4877.10	4878.13	Ca I	-63.47	0.09	A
4882.60	4883.61	Zr I	-62.04	0.03	A
4883.50	4884.57	Cr II	-65.72	0.03	A
4884.40	4885.43	Fe I	-63.25	0.01	A
4885.30	4886.35	Fe I	-64.77	0.01	A
4887.80	4888.65	Fe I	-52.16	0.02	A
	4889.09	Fe I	-79.16		A
4889.70	4890.76	Fe I	-65.14	0.09	A
4890.40	4891.50	Fe I	-67.22	0.14	A
4892.80	4893.78	Fe II	-60.08	0.04	A
4899.00	4899.93	Ba II	-57.18	0.04	A
4902.20	4903.23	Cr I	-63.02	0.06	A
4903.40	4904.41	Ni I	-61.96	0.03	A
4910.10	4911.20	Ti II	-67.50	0.03	A
4917.90	4918.98	Al II	-65.87	0.11	A
4922.80	4923.90	Fe II	-67.02	0.32	A
4923.70	4924.77	Fe I	-65.18	0.03	A
4930.90	-	-	-	0.03	A

4932.70	4933.88	Fe I	-71.63	0.14	A
4936.30	4937.34	Ni I	-63.01	0.02	A
4937.50	4938.82	Fe I	-80.18	0.04	A
4938.40	4939.69	Fe I	-78.34	0.03	A
4941.40	4942.49	Cr I	-66.46	0.01	A
4945.30	4946.39	Fe I	-66.11	0.03	A
4949.00	4950.11	Fe I	-67.39	0.01	A
4956.40	4957.30	Fe I	-54.59	0.31	A
4965.00	4966.10	Fe I	-66.21	0.05	A
4966.80	4967.86	O I	-64.01	0.03	A
4968.80	4969.93	Fe I	-68.03	0.02	A
4972.00	-	-	-	0.02	A
4977.50	4978.61	Fe I	-66.65	0.02	A
4979.10	4980.16	Ni I	-63.91	0.03	A
4980.70	4981.73	Ti I	-62.15	0.02	A
4987.90	4988.96	Fe I	-63.74	0.03	A
4990.10	4991.22	N II	-66.12	0.06	A
4992.30	4993.40	Fe II	-66.09	0.07	A
4993.10	4994.13	Fe I	-61.87	0.05	A
5000.80	5001.87	Fe I	-64.18	0.05	A
5001.70	5002.69	N II	-59.49	0.01	A
5004.60	5005.50	Fe II	-53.94	0.04	A
5011.00	5012.03	N II	-61.41	0.07	A
5013.80	5014.95	Fe I	-68.79	0.04	A
5017.30	5018.40	Fe II	-65.76	0.32	A
5018.90	5019.98	Ca II	-64.48	0.03	A
5021.10	5021.90	Cr I	-47.97	0.03	A
5026.00	5027.13	Fe I	-67.43	0.03	A
5027.10	5028.00	Cr I	-53.70	0.02	A
5029.90	5030.78	Fe I	-52.72	0.04	A
5034.60	5035.77	Ti I	-69.70	0.03	A
5035.80	5036.92	Fe II	-66.71	0.02	A
5038.10	5039.05	C I	-56.56	0.04	A
5040.60	5041.62	Ca I	-60.69	0.12	A
5047.50	5048.45	Fe I	-56.69	0.01	A
5048.70	5049.82	Fe I	-66.83	0.08	A
5050.50	5051.52	Ni I	-60.58	0.07	A
5051.00	5051.90	Cr I	-53.45	0.05	A
5063.90	5064.95	Fe I	-62.19	0.07	A
5066.10	-	-	-	0.01	A



5067.70	5068.77	Fe I	-63.33	0.05	A
5071.30	5072.30	Ti II	-59.14	0.03	A
5073.70	5074.75	Fe I	-62.07	0.05	A
5075.20	5076.29	Fe I	-64.30	0.02	A
5078.20	5079.23	Fe I	-60.60	0.04	A
5079.40	5080.52	Ni I	-66.13	0.04	A
5080.00	5081.11	Ni I	-65.54	0.04	A
5081.20	5082.35	Ni I	-68.12	0.02	A
5086.30	5087.25	Fe II	-56.02	0.01	A
5087.00	5088.16	Fe I	-68.39	0.01	A
5089.70	5090.79	Fe I	-64.06	0.03	A
5095.90	5097.00	Fe I	-64.51	0.03	A
5096.20	5097.29	Cr II	-64.15	0.02	A
5097.60	5098.70	Fe I	-64.90	0.06	A
5098.20	5099.32	Ni I	-65.89	0.01	A
5099.60	5100.70	Fe II	-64.70	0.04	A
5104.40	5105.47	Fe I	-62.87	0.01	A
5106.40	5107.45	Fe I	-61.79	0.10	A
5108.50	5109.42	Ti I	-54.02	0.02	A
5109.30	5110.41	Fe I	-65.16	0.06	A
5114.30	5115.40	Ni I	-64.34	0.02	A
5119.20	5120.42	Ti I	-71.48	0.03	A
5120.50	5121.65	Fe I	-67.13	0.02	A
5122.60	5123.56	Cr I	-56.50	0.05	A
5124.00	5125.13	Fe I	-66.14	0.06	A
5125.10	5126.19	Fe II	-63.79	0.01	A
5126.20	5127.30	Fe III	-64.36	0.04	A
5128.10	5129.13	Ti II	-60.48	0.06	A
5130.40	5131.47	Fe I	-62.56	0.02	A
5131.55	5132.66	Fe II	-64.88	0.05	A
5132.60	5133.69	Fe I	-63.70	0.08	A
5135.80	5137.07	Ni I	-74.46	0.02	A
5136.30	5137.38	Fe I	-63.07	0.03	A
5138.20	5139.47	Fe I	-74.02	0.17	A
5145.20	5146.10	Fe II	-52.47	0.03	A
5145.20	5146.30	Fe I	-64.12	0.03	A
5147.00	5148.06	Fe I	-61.83	0.06	A
5149.80	5150.89	Mn I	-63.48	0.06	A
5149.80	5150.93	Fe II	-65.81	0.06	A
5150.80	5151.91	Fe I	-64.93	0.03	A

5152.70	5153.49	Cr II	-45.99	0.05	A
5153.30	5154.40	Fe II	-64.02	0.02	A
5154.60	5155.76	Ni I	-67.73	0.02	A
5159.70	5160.82	Fe II	-65.34	0.01	A
5160.10	5161.18	Fe II	-62.78	0.01	A
5161.20	5162.29	Fe I	-63.23	0.06	A
5161.20	5162.34	Cl II	-66.25	0.06	A
5164.30	5165.42	Fe I	-65.05	0.03	A
5165.20	5166.23	Cr I	-59.64	0.04	A
5166.24	5167.32	Mg I	-62.70	0.32	A
5167.87	5169.03	Fe II	-67.32	0.37	A
5170.48	5171.59	Fe I	-64.39	0.10	A
5171.55	5172.68	Fe I	-65.54		A
5182.47	5183.60	Mg I	-65.40	0.32	A
5183.30	5184.59	Cr II	-74.64	0.01	A
5184.80	5185.90	Ti II	-63.63	0.05	A
5187.59	5188.80	Ca I	-69.96	0.14	A
5190.30	5191.46	Cr II	-67.03	0.10	A
5191.20	5192.00	Cr I	-46.22	0.11	A
5193.80	5194.94	Fe I	-65.83	0.06	A
	5194.94	Fe I	-64.68		A
5194.60	5195.47	Fe I	-50.24	0.03	A
5196.43	5197.56	Fe II	-65.22	0.21	A
5197.58	5198.71	Fe I	-65.21	0.03	A
5201.19	5202.34	Fe I	-66.26		A
5203.40	5204.58	Fe I	-68.02	0.13	A
5204.90	5206.04	Cr I	-65.64	0.15	A
5207.33	5208.60	Fe I	-73.15	0.20	A
5209.70	5210.87	Cr II	-67.36	0.01	A
5210.40	5211.55	Ti II	-66.20	0.02	A
5214.10	5215.29	Cr I	-68.45	0.04	A
5215.16	5216.28	Fe I	-64.30	0.04	A
5216.30	5217.40	Fe I	-62.96	0.04	A
5217.10	5218.20	Cu I	-63.36	0.01	A
5224.40	5225.53	Fe I	-65.05	0.02	A
5225.80	5226.89	Cr I	-62.62	0.40	A
5228.70	5227.50	Fe III	68.87	0.05	A
5231.79	5232.94	Fe I	-65.93	0.14	A
5233.50	5234.60	Fe II	-63.04	0.21	A
5234.30	5235.45	Ni II	-65.90	0.02	A

5236.20	5237.30	Cr II	-63.01	0.10	A
5238.70	5239.92	Ti I	-69.85	0.02	A
5241.40	5242.49	Fe I	-62.66	0.02	A
5242.50	5243.80	Fe I	-74.26	0.01	A
5245.60	5246.75	Cr II	-65.75	0.03	A
5246.40	5247.56	Cr I	-66.55	0.02	A
5248.30	5249.40	Cr II	-62.86	0.02	A
5249.50	5250.65	Fe I	-65.71	0.04	A
5260.50	-	-	-	0.02	A
5263.40	5264.30	Mg II	-51.29	0.06	A
5268.40	5269.54	Fe I	-64.90	0.21	A
5271.20	5272.40	Fe II	-68.28	0.01	A
5272.30	-	-	-	0.01	A
5274.80	5276.00	Fe II	-68.23	0.22	A
5280.65	5281.80	Fe I	-65.09	0.05	A
5282.98	5284.10	Fe I	-63.59	0.08	A
5301.15	5302.31	Fe I	-65.46	0.06	A
5304.70	5305.85	Cr II	-65.02	0.04	A
5306.20	5307.30	Ca II	-62.18	0.04	A
5307.30	5308.44	Cr II	-64.43	0.04	A
5309.60	5310.70	Cr II	-62.14	0.02	A
5312.40	5313.60	Cr II	-67.75	0.06	A
5315.50	5316.60	Fe II	-62.07	0.33	A
5323.02	5324.19	Fe I	-65.64	0.12	A
5324.40	5325.60	Fe II	-67.60	0.09	A
5327.00	5328.34	Cr I	-75.39	0.36	A
5333.70	5334.90	Cr II	-67.48	0.06	A
5335.60	5336.70	C II	-61.84	0.05	A
	5336.81	Ti II		0.05	A
5338.77	5339.94	Fe I	-65.45	0.04	A
5339.87	5341.03	Fe I	-64.93	0.09	A
5344.60	5345.80	Cr I	-67.34	0.05	A
5345.40	5346.60	Fe II	-67.33	0.01	A
5347.20	5348.32	Cr I	-62.77	0.03	A
5348.30	5349.47	Ca I	-65.61	0.03	A
5352.20	5353.38	Fe I	-66.13	0.03	A
5361.70	5362.90	Fe II	-67.13	0.19	A
5363.70	5364.87	Fe I	-65.65	0.06	A
5366.30	5367.47	Fe I	-65.39	0.07	A
5368.79	5369.97	Fe I	-65.64	0.08	A

5370.30	5371.48	Cr I	-65.90	0.20	A
5372.50	5373.72	Cr I	-67.83	0.01	A
5382.20	5383.37	Fe I	-65.42	0.08	A
5388.31	5389.48	Fe I	-65.13	0.02	A
5390.30	5391.60	Ba I	-72.33	0.02	A
5391.99	5393.17	Fe I	-65.86	0.06	A
5396.00	5397.13	Fe I	-62.87	0.15	A
5397.10	5398.28	Fe I	-65.85	0.02	A
5399.33	5400.51	Fe I	-65.49	0.04	A
5404.60	5405.78	Fe I	-65.37	0.17	A
5406.40	5407.62	Cr II	-67.68	0.03	A
5408.60	5409.79	Cr I	-65.99	0.06	A
5409.74	5410.91	Fe I	-65.04	0.08	A
5412.90	5414.09	Fe II	-65.88	0.05	A
5414.00	5415.20	Fe I	-66.48	0.08	A
5417.60	5418.80	Ti II	-66.55	0.02	A
5419.80	5420.90	Cr II	-60.88	0.05	A
5422.90	5424.07	Fe I	-64.82	0.09	A
5424.08	5425.27	Fe II	-65.75	0.08	A
5428.51	5429.70	Fe I	-65.69	0.18	A
5431.80	5432.90	Fe II	-60.74	0.07	A
5431.80	-	-		0.07	A
5433.35	5434.53	Fe I	-65.14	0.12	A
5443.86	5445.05	Fe I	-65.29	0.05	A
5445.70	5446.92	Fe I	-67.19	0.17	A
5454.40	5455.61	Fe I	-66.70	0.18	A
5462.00	5463.28	Fe I	-70.40	0.08	A
5465.20	5466.00	Fe II	-43.91	0.02	A
5472.60	5473.91	Fe I	-71.69	0.02	A
5475.60	5476.91	Ni I	-71.54	0.17	A
5475.60	5476.57	Fe I	-53.19	0.17	A
5477.20	5478.35	Cr II	-62.98	0.04	A
5486.55	5487.75	Fe I	-65.44	0.02	A
5496.32	5497.52	Fe I	-65.43	0.06	A
5502.00	5503.20	Cr II	-65.42	0.03	A
5505.59	5506.78	Fe I	-64.94	0.06	A
5507.40	5508.60	Cr II	-65.35	0.03	A
5509.50	5510.70	Cr II	-65.33	0.02	A
5511.80	5512.98	Ca I	-64.16	0.02	A
5527.20	5528.38	Mg I	-64.03	0.18	A

5533.63	5534.86	Fe II	-66.67	0.13	A
5553.69	5554.90	Fe I	-65.08	0.02	A
5562.40	5563.60	Fe I	-64.71	0.02	A
5564.50	5565.70	Fe I	-64.68	0.02	A
5568.42	5569.62	Fe I	-64.91	0.06	A
5571.64	5572.85	Fe I	-65.08	0.09	A
5574.87	5576.10	Fe I	-66.01	0.04	A
5580.80	5581.97	Ca I	-62.88	0.03	A
5585.54	5586.76	Fe I	-65.67	0.10	A
5587.55	5588.76	Ca I	-64.79	0.09	A
5588.90	5590.12	Ca I	-65.47	0.03	A
5591.00	5592.15	Ni I	-61.48	0.01	A
5593.30	5594.47	Ca I	-62.63	0.08	A
5597.22	5598.48	Ca I	-67.52	0.08	A
5601.70	5602.85	Ca I	-61.36	0.08	A
5614.41	5615.62	Fe I	-64.91	0.12	A
5623.32	5624.55	Fe I	-65.55	0.04	A
5626.30	5627.50	Fe II	-63.97	0.02	A
5632.70	5633.97	Fe I	-67.63	0.02	A
5637.03	5638.27	Fe I	-65.76	0.02	A
5640.20	5641.46	Fe I	-67.00	0.02	A
5656.70	5657.80	Fe II	-58.33	0.04	A
5657.60	5658.83	FeI	-65.00	0.05	A
5661.50	5662.52	FeI	-54.30	0.02	A
5664.30	5665.60	Ai I	-68.89	0.01	A
5667.80	5668.90	Ce II	-58.27	0.02	A
5674.20	5675.41	Ti I	-63.96	0.02	A
5681.40	5682.48	Cr I	-57.18	0.03	A
5683.20	5684.52	Ai I	-69.82	0.04	A
5685.30	5686.53	Fe I	-65.00	0.02	A
5687.00	5688.10	Na I	-58.02	0.04	A
5689.20	5690.47	Ai I	-66.95	0.02	A
5707.10	5708.44	Ai I	-70.26	0.04	A
5708.20	5709.37	Fe I	-61.48	0.05	A
5709.90	5711.07	Mg I	-61.62	0.04	A
5761.74	5762.99	Fe I	-65.17	0.04	A
5770.90	5772.26	Ai I	-70.58	0.02	A
5780.40	-	-	-	0.18	A
5789.70	5791.01	Cr I	-67.60	0.01	A
5796.80	5797.91	Ai I	-57.43	0.06	A

5852.42	5853.68	Ba II	-64.32	0.07	A
5856.19	5857.45	Ca I	-64.74	0.20	A
5858.30	5859.61	Fe I	-66.97	0.01	A
5861.08	5862.36	Fe I	-65.35	0.01	A
5888.70	5890.00	Na I	-66.21	0.38	A
5894.70	5895.90	Na I	-61.06	0.34	A
5900.40	5901.53	Fe I	-57.44	0.03	A
5912.88	5914.16	Fe I	-64.93	0.03	A
5928.80	5930.17	Fe I	-69.46	0.04	A
5932.50	5933.80	Fe I	-65.73	0.02	A
5933.30	5934.66	Fe I	-68.65	0.03	A
5941.50	5942.71	Fe I	-61.08	0.02	A
5942.60	5943.62	Fe I	-51.48	0.02	A
5947.30	5948.58	Ai I	-64.55	0.07	A
5990.08	5991.38	Fe II	-65.24	0.04	A
6015.30	6016.63	Mn I	-66.32	0.01	A
6018.85	6020.17	Fe I	-65.93	0.03	A
6020.50	6021.82	Fe I	-65.76	0.01	A
6022.75	6024.06	Fe I	-65.24	0.04	A
6040.70	6041.93	A I	-61.07	0.02	A
6051.40	6052.66	A I	-62.45	0.02	A
6064.17	6065.49	Fe I	-65.14	0.04	A
6077.20	6078.50	Fe I	-63.96	0.02	A
6082.80	6084.10	Fe II	-64.10	0.04	A
6101.40	6102.72	Ca I	-64.99	0.06	A
6101.90	6103.19	Fe I	-63.41	0.02	A
6120.90	6122.22	Ca I	-64.63	0.12	A
6135.29	6136.62	Fe I	-65.02	0.05	A
6136.37	6137.70	Fe I	-65.01	0.05	A
6140.39	6141.73	Fe I	-65.65	0.18	A
6146.40	6147.70	Fe II	-63.44	0.08	A
6147.92	6149.24	Fe II	-64.30	0.05	A
6153.79	6155.20	Ai I	-68.72	0.02	A
6154.64	6155.99	O I	-65.79	0.20	A
6155.43	6156.78	O I	-65.78	0.20	A
6156.84	6158.19	O I	-65.77	0.04	A
6160.80	6162.17	Ca I	-66.79	0.14	A
6167.70	6169.06	Ca I	-65.89	0.02	A
6168.30	6169.56	Ca I	-61.22	0.02	A
6169.20	6170.49	Fe I	-62.82	0.01	A

6190.20	6191.56	Fe I	-65.99	0.05	A
6229.38	6230.72	Fe I	-64.52	0.06	A
6231.30	6232.66	Fe I	-65.46	0.02	A
6236.00	6237.34	Ai I	-64.45	0.02	A
6237.04	6238.38	Fe II	-64.20	0.08	A
6245.00	6246.34	Fe I	-64.36	0.03	A
6246.20	6247.56	Fe II	-65.31	0.12	A
6251.20	6252.56	Fe I	-65.25	0.05	A
6289.80	6290.97	Fe I	-55.70	0.03	A
6296.39	6297.80	Fe I	-67.17	0.04	A
6300.10	6301.52	Fe I	-67.36	0.03	A
6301.10	6302.51	Fe I	-66.97	0.02	A
6302.40	6303.75	Ti I	-64.25	0.02	A
6306.60	6307.85	Fe I	-59.45	0.02	A
6316.70	6318.00	Fe II	-61.73	0.03	A
6333.96	6335.34	Fe I	-65.11	0.02	A
6335.46	6336.84	Fe I	-65.10	0.03	A
6345.70	6347.10	N II	-66.17	0.09	A
	6347.10	Al II	-66.17		A
6368.08	6369.45	Fe II	-64.53	0.03	A
6369.90	6371.40	Al II	-70.63	0.04	A
6369.96	6371.36	Fe I	-65.87	0.04	A
6392.23	6393.60	Fe I	-64.28	0.05	A
6398.62	6400.00	Fe I	-64.69	0.05	A
6405.90	6407.30	Fe II	-65.55	0.02	A
6406.70	6408.03	Fe I	-66.17	0.02	A
6410.27	6411.65	Fe I	-64.57	0.04	A
6415.53	6416.90	Fe II	-64.24	0.07	A
6418.56	6419.95	Fe I	-64.95	0.02	A
6419.97	6421.35	Fe I	-64.71	0.04	A
6429.46	6430.85	Fe I	-64.84	0.04	A
6431.30	6432.65	Fe II	-63.15	0.06	A
6437.67	6439.07	Ca I	-65.37	0.03	A
6448.40	6449.81	Ca I	-65.58	0.03	A
6454.98	6456.37	Fe II	-64.59	0.19	A
6461.12	6462.56	Ca I	-66.85	0.10	A
6461.20	6462.50	Mn II	-60.35	0.10	A
6470.25	6471.66	Ca I	-65.36	0.04	A
6483.60	6484.90	N I	-60.14	0.02	A
6492.32	6493.78	Ca I	-67.45	0.06	A

6493.51	6494.98	Fe I	-67.90	0.11	A
6495.46	6496.90	Ba II	-66.31	0.18	A
6496.30	6497.69	Ti I	-64.13	0.03	A
6498.30	6499.52	N I	-56.31	0.02	A
6514.70	6516.10	Fe II	-64.46	0.07	A
6515.20	6516.10	Fe II	-41.44	0.01	A
6516.96	6518.38	Fe I	-65.17		A
6517.30	6516.10	Fe II	55.25	0.03	A
6518.50	6516.10	Fe II	110.50	0.01	A
6532.80	6533.90	Ni III	-50.51	0.02	A
6586.20	6587.80	C I	-72.86	0.03	A
6591.50	6592.92	Fe I	-64.57	0.04	A
6613.60	6615.03	Fe I	-64.85	0.06	A
6632.30	6633.44	Fe I	-51.56	0.01	A
6642.20	6643.64	Ni I	-65.02	0.02	A
6643.70	6645.00	N I	-58.69	0.03	A
6662.00	6663.45	Fe I	-65.10	0.02	A
6720.40	6721.35	O II	-42.40	0.01	A
6742.10	6743.12	Ti I	-45.56	0.02	A
6747.30	6748.43	Ti I	-50.23	0.04	A
6755.70	6757.16	A I	-64.82	0.05	A
7109.90	7111.50	Cr II	-67.50	0.02	A
7109.90	7111.30	N IV	-59.06	0.02	A
7113.60	7115.10	C II	-63.25	0.03	A
7115.40	7116.77	Gd II	-57.75	0.03	A
7407.60	7409.00	Fe II	-56.69	0.04	A
7409.50	7411.17	Fe I	-67.60	0.03	A
7420.70	-	-	-	0.03	A
7421.90	7423.60	N I	-68.70	0.06	A
7440.70	7442.30	N I	-64.50	0.04	A
7444.10	7445.78	Fe I	-67.53	0.05	A
7447.70	7449.30	Fe II	-64.44	0.03	A
7460.80	7462.40	Fe II	-64.32	0.07	A
7466.70	7468.30	N I	-64.27	0.06	A
7493.40	7495.09	Fe I	-67.56	0.07	A
7509.40	-	-	-	0.06	A
7514.20	7515.90	Fe II	-67.86	0.02	A
7531.70	7533.40	Fe II	-67.70	0.02	A
7770.30	7772.00	O I	-65.62	0.39	A
7772.50	7774.20	O I	-65.60	0.35	A



7773.70	7775.40	O I	-65.59	0.32	A
7778.80	7780.40	Fe II	-61.69	0.04	A
8496.20	8498.00	Ca II	-63.54	0.55	A
8678.40	8680.20	N I	-62.21	0.32	A
8678.40	8680.50	A I	-72.58	0.32	A
8681.50	8683.40	N I	-65.64	0.15	A
8684.20	8686.10	N I	-65.62	0.11	A
8692.90	8694.70	A I	-62.11	0.14	A
8692.90	8695.10	Fe II	-75.91	0.14	A
8701.30	8703.20	N I	-65.49	0.06	A
8709.80	8711.70	N I	-65.43	0.08	A
8726.10	-	-	-	0.08	A

## A.5. Atlas espectral de V704 Cen

Tabela A.10.: Atlas de linhas em emissão de V704 Cen: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (S = simples, D=duplo).

Obs Å	Lab Å	identificação	$v [km s^{-1}]$	W (Å)	perfil
3797.20	3797.90	H10	-55.29	-0.62	S
3834.80	3835.38	H $\eta$	-45.37	-1.90	S
3855.50	3856.00	Si II	-38.90	-0.45	S
3862.10	3862.59	Si II	-38.06	-0.68	S
3867.90	3868.53	Ar II	-65.14	-2.30	S
	3868.74	[Ne III]	-65.14		S
3888.30	3889.05	H $\zeta$	-57.85	-5.24	S
3909.70	3910.52	Fe I	-62.91	-0.12	S
3914.00	3914.73	Ar II	-36.79	-0.45	S
3929.80	3930.31	Fe II	-38.93	-0.60	S
3937.80	3938.30	Fe II	-38.09	-0.77	S
3964.20	3964.70	He I	-37.83	-1.23	S
3966.60	3967.40	Fe I	-63.52	-2.90	S
3969.40	3970.07	H $\epsilon$	-50.63	-13.37	S
4025.60	4026.20	He I	-44.71	-1.68	S
4066.50	4067.05	Ni III	-40.64	-0.24	S
4068.00	4068.60	[S II]	-44.24	-0.44	S
4101.10	4101.70	H $\delta$	-43.88	-20.03	S
4120.30	4120.97	Fe III	-48.77	-0.58	S

4122.10	4122.64	Fe II	-39.15	-0.67	S
4124.30	4124.79	Fe II	-35.86	-0.29	S
4127.50	4128.10	Si II	-43.60	-0.39	S
4128.20	4128.73	Fe II	-38.87	-0.28	S
4130.30	4130.90	Si II	-43.57	-0.27	S
4143.20	4143.80	He I	-43.44	-1.62	S
4172.90	4173.50	Fe II	-43.13	-0.98	S
4177.10	4177.70	Fe II	-43.09	-0.76	S
4178.30	4178.90	Fe II	-43.07	-1.08	S
4187.30	4187.80	Fe I	-35.82	-0.22	S
4232.60	4233.20	Fe II	-42.52	-2.04	S
4257.60	4258.20	Fe II	-42.27	-0.50	S
4266.50	4267.27	C II	-54.13	-1.17	S
4272.80	4273.42	Fe III	-43.52	-0.35	S
4275.00	4275.57	Cr II	-39.99	-0.24	S
4276.30	4276.83	[Fe II]	-37.17	-0.19	S
4277.50	4278.10	Cr II	-42.07	-0.25	S
4286.90	4287.40	[Fe II]	-35.33	-0.34	S
4289.70	4290.40	Ne II	-48.95	-0.38	S
	4290.20	Ti II	-34.96		S
4296.00	4296.60	Fe II	-41.89	-1.17	S
4299.50	4300.10	Ti II	-41.86	-0.32	S
4301.40	4301.93	Ti II	-36.82	-0.42	S
4302.60	4303.20	Fe II	-41.83	-0.66	S
4307.30	4307.90	Ti II	-41.78	-0.46	S
4312.30	4312.86	Ti II	-39.02	-0.48	S
4313.70	4314.29	Fe II	-40.96	-0.70	S
4339.80	4340.50	Hy	-48.38	-46.37	S
4351.20	4351.80	Fe II	-41.36	-1.47	S
4357.00	4357.57	[Fe II]	-39.52	-0.19	S
4358.80	4359.34	[Fe II]	-37.16	-0.55	S
4362.30	4363.21	[O III]	-62.57	-8.31	D
4368.80	4369.40	Fe II	-41.47	-0.59	S
4375.40	4375.96	Ar II	-38.39	-0.25	S
4383.70	4384.33	Fe II	-43.11	-0.68	S
4384.80	4385.40	Fe II	-41.05	-0.96	S
4387.30	4387.90	He I	-41.02	-2.38	S
4393.50	4394.06	Ti II	-38.03	-0.30	S
4394.40	4395.00	Ti II	-40.96	-0.19	S
4399.20	4399.77	Ti II	-38.66	-0.52	S

4413.10	4413.78	[Fe II]	-47.58	-0.42	S
4414.30	4414.91	O II	-41.38	-0.56	S
4416.30	4416.98	O II	-45.85	-0.93	S
4436.90	4437.55	He I	-43.88	-0.35	S
4443.20	4443.80	Ti II	-40.51	-0.37	S
4451.50	4452.11	[Fe II]	-40.43	-0.17	S
4460.90	4461.56	O III	-44.38	-0.33	S
4463.90	4464.58	Ti II	-45.69	-0.11	S
4467.90	4468.50	Ti II	-40.28	-0.28	S
4470.90	4471.52	Ne II	-41.60	-4.73	D
4472.30	4472.92	Fe II	-41.65	-0.38	S
4480.60	4481.30	Mg II	-46.86	-1.13	S
4488.60	4489.20	Fe II	-40.10	-1.22	S
4490.80	4491.40	Fe II	-40.08	-1.55	S
4500.70	4501.27	Ti II	-37.99	-0.12	S
4507.70	4508.30	Fe II	-39.93	-0.67	S
4514.80	4515.34	Fe II	-35.68	-1.53	S
4519.60	4520.22	Fe II	-41.15	-1.49	S
4522.00	4522.63	Fe II	-41.79	-1.36	S
4533.50	4534.20	Fe II	-46.31	-1.02	S
4540.60	4541.27	Nd II	-44.26	-0.67	S
4540.60	4541.50	Fe II	-59.45	-0.67	S
4548.90	4549.50	Fe II	-39.56	-1.93	S
4552.00	4552.65	Si III	-43.10	-0.44	S
4554.40	4555.00	Cr II	-39.52	-0.25	S
4555.30	4555.90	Fe II	-39.51	-2.21	S
4558.00	4558.60	Fe II	-39.49	-0.49	S
4563.20	4563.80	Ti II	-39.44	-0.21	S
4565.10	4565.78	Cr II	-44.68	-0.07	S
4567.20	4567.90	Si III	-45.97	-0.33	S
4570.50	4571.24	Cr II	-48.56	-0.17	S
4571.40	4572.00	Ti II	-39.37	-0.27	S
4575.70	4576.30	Fe II	-39.33	-1.22	S
4579.40	4580.06	Fe II	-42.90	-0.42	S
4582.20	4582.80	Fe II	-39.28	-1.01	S
4583.30	4584.00	Fe II	-45.81	-2.62	S
4587.60	4588.20	Cr II	-39.23	-0.32	S
4589.30	4590.00	Cr II	-45.75	-0.18	S
4590.30	4590.97	O II	-43.85	-0.14	S
4591.40	4592.10	Cr II	-45.73	-0.17	S

4595.40	4596.09	Fe III	-45.04	-0.13	S
4597.40	4598.07	[Fe II]	-43.71	-0.15	S
4616.00	4616.60	Cr II	-38.99	-0.32	S
4618.20	4618.90	C II	-45.47	-0.53	S
4619.90	4620.50	Fe II	-38.96	-1.04	S
4620.80	4621.40	N II	-38.95	-0.20	S
4628.70	4629.30	Fe II	-38.88	-3.40	S
4629.90	4630.50	N II	-38.87	-0.19	S
4633.40	4634.11	Cr II	-45.96	-0.29	S
4641.10	4641.80	O II	-45.24	-0.27	S
4648.50	4649.14	O II	-41.23	-0.43	S
4656.40	4657.00	Fe II	-38.65	-0.33	S
4657.20	4657.94	Ar II	-47.66	-0.54	S
4661.00	4661.60	O II	-38.61	-0.17	S
4663.10	4663.70	Fe II	-38.60	-0.24	S
4666.10	4666.80	Fe II	-45.00	-1.46	S
4669.60	4670.17	Fe II	-36.62	-0.47	S
4675.70	4676.23	O II	-34.26	-0.28	S
4700.80	4701.50	Fe III	-44.67	-0.34	S
4704.80	4705.35	O II	-35.39	-0.13	S
4712.60	4713.40	He I	-50.92	-3.19	S
4727.50	4728.10	[Fe II]	-38.07	-0.13	S
4730.80	4731.40	Fe II	-38.04	-1.48	S
4779.30	4779.99	Ti II	-43.05	-0.12	S
4783.90	4784.70	Cr I	-50.16	-0.09	S
	4784.48	VI	-36.37		S
4804.50	4805.18	Cr II	-42.45	-0.18	S
4814.00	4814.60	[Fe II]	-37.39	-0.29	S
4823.50	4824.10	Cr II	-37.31	-0.57	S
4823.50	4824.10	S II	-37.31	-0.57	S
4825.10	4825.71	Fe II	-37.92	-0.25	S
4826.50	4827.34	Ne I	-52.08	-0.08	S
4829.60	4830.40	Fe II	-49.69	-0.07	S
4830.50	4831.15	Ni I	-40.36	-0.14	S
4831.40	4832.06	Ti I	-41.29	-0.06	S
4832.40	4832.97	Cr II	-35.38	-0.10	S
4835.50	4836.18	Cr I	-42.18	-0.04	S
4847.60	4848.20	Cr II	-37.13	-0.30	S
4860.70	4861.30	H $\beta$	-37.03	-50.37	S
4870.60	4871.27	Fe II	-41.26	-0.31	S

4875.70	4876.40	Cr II	-43.06	-0.20	S
4889.00	4889.70	[Fe II]	-42.95	-0.19	S
	4889.60	[Fe II]	-36.81		S
4893.20	4893.78	Fe II	-35.56	-0.12	S
4900.60	4901.30	S II	-42.85	-0.05	S
4901.80	4902.89	V II	-66.70	-0.35	S
	4902.77	Al II	-59.35		S
4904.80	4905.40	[Fe II]	-36.69	-0.05	S
4921.20	4921.90	He I	-42.67	-8.54	S
4923.30	4923.90	Fe II	-36.56	-2.25	S
4940.40	4941.03	Cr II	-38.25	-0.29	S
4942.30	4942.96	Ar II	-40.06	-0.19	D
4957.70	4958.91	[O III]	-73.20	-6.18	D
4958.80	4959.52	C II	-43.55	-1.92	S
4992.70	4993.40	Fe II	-42.06	-0.93	S
5000.70	5001.47	N II	-46.13	-0.61	S
5005.70	5006.80	[O III]	-56.92	-15.10	D
5015.00	5015.70	He I	-41.87	-4.70	S
5017.80	5018.40	Fe II	-35.87	-3.40	S
5040.30	5041.06	Si II	-45.41	-2.37	S
5047.00	5047.70	He I	-41.60	-1.57	S
5055.30	5056.02	Si II	-42.72	-1.38	S
5100.00	5100.66	Fe II	-38.82	-0.49	S
5111.00	5111.63	[Fe II]	-36.97	-0.11	S
5119.70	5120.34	Fe II	-37.50	-0.18	S
5128.50	5129.14	Ti II	-37.61	-0.18	S
5132.00	5132.67	Fe II	-39.16	-0.59	S
5136.10	5136.79	Fe II	-40.18	-0.20	S
5145.40	5146.10	Fe II	-40.81	-0.37	S
5150.20	5150.93	Fe II	-42.52	-0.22	S
5153.60	5154.40	Fe II	-46.56	-0.48	S
5158.20	5158.81	[Fe II]	-35.47	-0.52	S
5166.70	5167.49	Fe I	-45.86	-0.54	S
5168.40	5169.03	Fe II	-36.56	-3.63	S
5170.90	5171.62	Fe II	-41.77	-0.46	S
5172.00	5172.68	Mg I	-39.67	-0.70	S
5182.90	5183.60	Mg I	-40.51	-1.22	S
5185.20	5185.90	Ti II	-40.49	-0.45	S
5188.00	5188.70	Ti II	-40.47	-0.36	S
5196.90	5197.60	Fe II	-40.40	-2.77	S

5218.60	5219.02	[Cr II]	-24.14	-0.09	S
5225.90	5226.53	Ti II	-36.39	-0.11	S
5234.00	5234.62	Fe II	-35.53	-2.29	S
5236.60	5237.30	Cr II	-40.10	-0.44	S
5248.70	5249.40	Cr II	-40.00	-0.07	S
5250.60	5251.49	Ti I	-50.84	-0.04	S
5254.20	5254.90	Fe II	-39.96	-1.09	S
5256.20	5256.89	Fe II	-39.38	-0.28	S
5261.00	5261.60	[Fe II]	-34.21	-0.22	S
5264.10	5264.80	Fe II	-39.89	-0.70	S
5269.50	5270.40	[Fe III]	-51.23	-0.42	S
	5270.19	[Cr II]	-39.28		S
5271.70	5272.40	Fe II	-39.83	-0.12	S
5272.60	5273.40	[Fe II]	-45.51	-0.17	S
5275.30	5276.00	Fe II	-39.80	-2.99	S
5283.40	5284.10	Fe II	-39.74	-2.08	S
5305.20	5305.85	Cr II	-36.75	-0.11	S
5312.90	5313.60	Cr II	-39.52	-0.10	S
5316.00	5316.77	Fe II	-43.45	-5.50	S
5324.80	5325.60	Fe II	-45.07	-0.87	S
5333.00	5333.70	[Fe II]	-39.37	-0.19	S
5336.10	5336.81	Ti II	-39.91	-0.12	S
5337.00	5337.71	Fe II	-40.07	-0.41	S
5362.20	5362.90	Fe II	-39.16	-2.29	S
5375.80	5376.50	[Fe II]	-39.06	-0.14	S
5380.30	5381.02	Ti II	-40.14	-0.08	S
5408.10	5408.84	Fe II	-41.15	-0.15	S
5412.00	5412.64	[Fe II]	-35.47	-0.08	S
5413.30	5414.09	Fe II	-43.72	-0.67	S
5420.20	5420.90	Cr II	-38.74	-0.21	S
5424.50	5425.30	Fe II	-44.24	-1.42	S
5427.10	5427.83	Fe II	-40.35	-0.19	S
5432.30	5433.15	[Fe II]	-46.93	-0.66	S
5523.80	5524.25	Fe I	-24.44	-0.05	S
5524.40	5525.14	Fe II	-40.18	-0.19	S
5526.40	5527.30	[Fe II]	-48.85	-0.10	S
5534.10	5534.90	Fe II	-43.36	-2.50	S
5567.10	5567.81	Fe II	-38.52	-0.03	S
5576.70	5577.35	[O I]	-34.96	-0.25	S
5577.50	5578.70	Ni I	-64.53	-5.57	S

5590.70	5591.38	Fe II	-36.48	-0.06	S
5626.70	5627.50	Fe II	-42.65	-0.16	S
5657.20	5657.92	Fe II	-38.18	-0.25	S
5665.80	5666.64	N II	-44.47	-0.29	S
5675.20	5676.00	N II	-42.28	-0.16	S
5678.70	5679.60	N II	-47.54	-0.53	S
5707.20	5708.11	Fe I	-47.77	-0.06	S
5753.70	5754.41	[N II]	-37.02	-0.75	S
5791.00	5791.78	Cr I	-40.40	-0.05	S
5792.60	5793.50	C I	-46.60	-0.01	S
5875.10	5875.99	He I	-45.39	-49.51	S
5890.10	5891.12	Fe I	-51.94	-0.55	S
5896.10	-	-	-	-0.34	S
5956.70	5957.60	Si II	-45.32	-0.18	S
5978.10	5978.90	Fe III	-40.14	-0.44	S
5990.60	5991.40	Fe II	-40.06	-1.45	S
5998.70	5999.47	N I	-38.50	-0.07	S
6000.60	6001.53	Sc II	-46.49	-0.06	S
6083.30	6084.10	Fe II	-39.45	-0.63	S
6102.70	6103.50	Fe II	-39.32	-0.22	S
6112.50	6113.30	Fe II	-39.26	-0.24	S
6124.10	6124.85	Si I	-36.74	-0.17	S
6124.10	6125.00	N IV	-44.08	-0.17	S
6125.20	6125.90	Mn II	-34.28	-0.15	S
6128.50	6129.25	Mn II	-36.71	-0.06	S
6131.00	6131.86	Si I	-42.08	-0.06	S
6146.90	6147.70	Fe II	-39.04	-0.93	S
6148.40	6149.20	Fe II	-39.03	-0.80	S
6156.00	6156.80	O I	-38.98	-0.11	S
6157.40	6158.20	O I	-38.97	-0.34	S
6167.40	6168.46	Cr II	-51.55	-0.03	S
6171.80	6172.91	[Ti II]	-53.95	-0.13	S
6172.60	6173.40	N II	-38.88	-0.03	S
6174.30	6175.16	Fe II	-41.68	-0.11	S
6178.60	6179.38	Fe II	-37.77	-0.07	S
6181.40	6182.28	Al II	-42.70	-0.03	S
6228.50	6229.34	Fe II	-40.45	-0.09	S
6232.70	6233.50	Fe II	-38.50	-0.21	S
6237.60	6238.40	Fe II	-38.47	-0.88	S
6238.50	6239.36	Fe II	-41.35	-0.13	S

6239.10	6239.95	Fe II	-40.87	-0.17	S
6246.70	6247.60	Fe II	-43.22	-1.62	S
6248.10	6248.92	Fe II	-39.37	-0.72	S
6258.20	6258.96	Sc I	-36.43	-0.04	S
6263.40	6264.55	O I	-55.07	-0.04	S
6269.10	6270.23	Fe I	-54.07	-0.18	S
6278.80	6279.76	Sc II	-45.72	-0.08	S
6287.60	-	-	-	-0.08	S
6291.00	-	-	-	-0.13	D
6299.50	6300.30	[O I]	-38.09	-1.15	S
6300.50	6301.52	Fe I	-48.32	-0.21	S
6304.50	6305.32	Fe II	-38.92	-0.05	S
6310.90	6311.90	[S III]	-47.53	-2.06	S
6317.10	6318.00	Fe II	-42.74	-1.80	S
6331.10	6331.97	Fe II	-41.17	-0.10	S
6337.20	6336.83	Fe I	17.52	-0.03	S
6346.20	6347.10	N II	-42.54	-2.34	S
6346.20	6347.10	Si II	-42.54	-2.34	S
6363.00	6363.80	[O I]	-37.71	-0.47	S
6363.95	6364.92	Ti I	-45.72	-0.11	S
6368.60	6369.50	Fe II	-42.39	-0.63	S
6370.50	6371.40	Si II	-42.38	-1.77	S
6382.90	6383.80	Fe II	-42.29	-1.06	S
6384.60	6385.47	Fe II	-40.87	-0.76	S
6401.40	6402.24	Ne I	-39.36	-0.10	S
6406.40	6407.30	Fe II	-42.14	-0.17	S
6416.10	6416.90	Fe II	-37.40	-1.24	S
6431.90	6432.70	Fe II	-37.31	-2.24	S
6442.10	6443.00	Fe II	-41.91	-0.46	S
6455.60	6456.40	Fe II	-37.17	-2.24	S
6460.90	6462.20	Mn II	-60.35	-0.21	S
6481.20	6482.07	N II	-40.26	-0.33	S
6483.20	6483.95	Fe I	-34.70	-0.09	S
6490.40	6491.30	Fe II	-41.59	-0.50	S
6492.20	6493.10	Fe II	-41.58	-0.61	S
6498.90	6499.65	Ca I	-34.62	-0.04	S
6498.90	6500.25	Ar II	-62.31	-0.04	S
6505.50	6506.30	Fe II	-36.89	-0.34	S
6515.20	6516.10	Fe II	-41.44	-1.82	S
6516.20	6517.01	Fe II	-37.29	-0.27	S



6533.20	6533.90	Ni III	-32.14	-0.03	S
6547.00	6548.10	[N II]	-50.40	-0.21	S
6562.00	6562.80	H $\alpha$	-36.57	-50.72	S
6577.10	6578.03	C II	-42.41	-0.51	S
6582.75	6583.60	[N II]	-38.73	-1.43	S
6585.90	6586.69	Fe II	-35.98	-0.17	S
6597.60	6598.59	Ni I	-45.19	-0.02	S
6626.40	6627.23	Fe II	-37.57	-0.07	S
6637.20	6638.24	Ar II	-47.00	-29.17	S
6640.15	6641.06	S II	-41.11	-0.11	S
6677.20	6678.20	He I	-44.92	-21.74	S
6715.92	6717.00	[S II]	-48.24	-0.14	S
6720.50	6721.35	O II	-37.94	-0.16	S
6729.90	6730.80	[S II]	-40.11	-0.10	S
6730.50	6731.30	[S II]	-35.65	-0.05	S
6995.60	6996.63	Ti I	-44.16	-0.29	S
7001.20	7002.20	O I	-42.84	-0.36	S
7041.10	7042.10	Al II	-42.60	-0.16	S
7055.70	7056.60	Al II	-38.26	-0.05	S
7064.50	7065.70	He I	-50.95	-43.69	S
7134.30	7135.80	[Ar III]	-63.06	-2.03	S
7135.60	7136.00	Ar III	-65.20	-0.22	D
7154.30	7155.14	[Fe II]	-35.22	-0.51	S
7221.40	7222.39	Fe II	-41.12	-0.38	S
7223.60	7224.51	Fe II	-37.79	-0.05	S
7230.30	7231.40	[Cr IV]	-45.63	-0.90	S
7235.50	7236.91	S II	-58.45	-1.65	S
7240.40	-	-	-	-0.06	S
7245.10	-	-	-	-0.10	S
7276.60	-	-	-	-0.12	S
7280.30	7281.35	He I	-43.26	-5.61	S
7284.60	7285.94	Si I	-55.17	-0.06	S
7288.00	7289.05	Fe II	-43.22	-0.11	S
7307.10	7308.00	Fe II	-36.95	-0.48	S
7309.30	7310.24	Fe II	-38.58	-0.18	S
7317.80	7318.60	[O II]	-32.79	-0.22	D
7319.00	7320.70	Fe II	-69.67	-0.63	S
7319.70	7320.70	Fe II	-40.98	-0.05	S
7328.40	7329.90	[O II]	-61.39	-0.33	D
7341.10	7341.78	Fe I	-27.79	-0.16	S

7358.90	7359.95	Fe I	-42.80	-0.04	S
7367.30	-	-	-	-0.05	S
7369.70	7370.94	[Fe II]	-50.47	-0.06	S
7376.98	-	-	-	-0.20	S
7386.10	7387.10	Mn II	-40.61	-0.05	S
7387.20	7388.20	[Fe II]	-40.61	-0.07	S
7392.40	7393.63	Ni I	-49.91	-0.03	S
7401.90	-	-	-	-0.03	S
7414.80	7415.78	Mn II	-39.65	-0.18	S
7422.60	7423.60	N I	-40.41	-0.10	S
7431.40	7432.27	Mn II	-35.12	-0.11	S
7441.30	7442.30	N I	-40.31	-0.23	S
7448.30	7449.30	Fe II	-40.27	-0.46	S
7451.60	7452.50	[Fe II]	-36.23	-0.16	S
7461.40	7462.40	Fe II	-40.20	-1.09	S
7467.30	7468.30	N I	-40.17	-0.28	S
7478.70	7479.70	Fe II	-40.11	-0.23	S
7494.60	7495.67	Fe I	-42.82	-0.18	S
7499.00	7501.25	Fe I	-89.99	-0.31	S
7505.50	7506.61	[Fe I]	-44.36	-0.09	S
7512.10	7513.33	[Ni II]	-49.11	-0.27	S
7514.50	7515.88	Fe II	-55.08	-0.38	S
7524.20	7525.14	Ni I	-37.47	-0.07	S
7532.40	7533.40	Fe II	-39.82	-0.31	S
7571.70	7571.70	Fe II	0.00	-0.06	S
7578.30	7578.96	S I	-26.12	-0.07	S
7656.50	7657.60	Mg I	-43.09	-0.32	S
7671.50	7672.44	Cl I	-36.75	-0.04	S
7710.60	7711.70	Fe II	-42.79	-2.07	S
7712.60	-	-	-	-0.04	S
7717.10	7717.29	[Ti I]	-18.27	-0.09	S
7725.70	-	-	-	0.02	S
7726.10	7727.66	Ni I	-60.56	-0.08	S
7730.70	7731.70	Fe II	-38.80	-0.04	S
7749.60	7750.56	[Cr II]	-37.16	-0.62	S
7750.80	7752.86	[Cr II]	-79.71	-0.15	S
7760.20	-	-	-	-0.05	S
7771.00	7772.00	O I	-38.60	-2.66	S
7773.20	7774.20	O I	-38.59	-1.70	S
7774.40	7775.40	O I	-38.58	-1.30	S

7779.20	7780.40	Fe II	-46.27	-0.10	S
7794.30	-	-	-	-0.16	S
7800.20	7801.20	Fe II	-38.46	-0.14	S
7808.70	-	-	-	-0.08	S
7811.80	7813.62	Fe I	-69.88	-0.03	S
7815.00	7816.20	He I	-46.06	-0.12	S
7817.00	-	-	-	-0.09	S
7821.70	7821.47	S II	8.82	-0.20	S
7834.90	7835.90	Fe II	-38.29	-0.11	S
7840.40	7841.40	Fe II	-38.26	-0.07	S
7841.50	-	-	-	-0.05	S
7853.60	7853.51	[Cr II]	3.44	-0.19	S
7860.90	7861.10	Ni I	-7.63	-0.05	S
7865.50	7866.50	Fe II	-38.14	-0.82	S
7868.00	7869.65	Fe I	-62.90	-0.02	S
7870.90	7871.37	Co I	-17.91	-0.08	S
7876.00	7877.10	Mg II	-41.89	-0.43	S
7890.30	7891.94	[Fe XI]	-62.34	-0.04	S
7895.20	7896.40	Mg II	-45.59	-1.21	S
7914.00	7916.25	[Ti II]	-85.27	-0.21	S
7916.90	7918.38	Si I	-56.07	-0.48	S
7916.90	7917.80	Fe II	-34.10	-0.48	S
7921.30	-	-	-	-0.11	S
7964.90	7966.36	[Ti II]	-54.98	-0.15	S
7974.90	7975.90	Fe II	-37.61	-0.24	S
7980.00	7981.97	O I	-74.04	-0.03	S
7993.60	7995.00	Si I	-52.53	-0.15	S
7999.10	8000.12	[Cr II]	-38.25	-0.08	S
8082.90	8083.90	Fe II	-37.11	-0.16	S
8109.30	8110.40	[Cr II]	-40.69	-0.45	S
8183.80	8184.80	N I	-36.65	-0.30	S
8187.00	8187.95	N I	-34.81	-0.15	S
8215.40	8216.80	N I	-51.11	-0.13	S
8222.20	8223.16	S II	-35.02	-0.14	S
8227.70	8228.16	[Fe II]	-16.77	-0.13	S
8233.50	8234.60	Mg II	-40.07	-1.01	S
8241.40	8242.30	N I	-32.76	-0.10	S
8249.20	8250.00	H I	-29.09	-0.18	S
8253.90	-	-	-	-0.11	S
8263.20	-	-	-39.20	-0.24	S

8266.90	8267.90	H I	-36.28	-0.36	S
8270.80	8272.21	[Cr II]	-51.14	-0.44	S
8275.30	-	-	-36.61	-0.45	S
8279.50	-	-	-58.87	-0.20	S
8280.20	-	-	-33.51	-0.46	S
8286.28	8287.38	Cr II	-39.82	-2.66	S
8291.20	8292.30	H I	-39.80	-1.35	S
8297.70	8298.80	H I	-39.76	-1.22	S
8322.50	8323.40	H I	-32.44	-1.76	S
8332.70	8334.00	H I	-46.80	-1.43	S
8344.60	8346.00	H I	-50.32	-2.33	S
8358.00	8359.00	H I	-35.89	-1.96	S
8360.60	8361.77	He I	-41.98	-0.19	S
8373.40	8374.50	H I	-39.41	-3.91	S
8377.90	-	-	-	-0.13	S
8382.60	8384.28	[Sc II]	-60.11	-0.14	S
8391.30	8392.40	H I	-39.32	-4.68	S
8399.40	8400.89	[Cr II]	-53.21	-0.45	S
8409.10	8409.88	Mn I	-27.82	-0.41	S
8412.20	8413.30	H I	-39.22	-4.72	S
8415.40	8416.96	[Zr II]	-55.60	-0.11	S
8419.40	8420.96	O I	-55.58	-0.23	S
8422.80	8424.14	Fe I	-47.72	-0.20	S
8430.40	8431.56	[Fe I]	-41.27	-0.41	S
8436.90	8438.00	H I	-39.11	-4.30	S
8445.40	8446.80	O I	-49.72	-35.63	S
8449.90	8451.55	S I	-58.57	-0.70	S
8452.50	-	-	-	-0.14	S
8466.20	8467.30	H I	-38.97	-4.71	S
8489.00	8490.10	Fe II	-38.87	-1.60	S
8496.90	8498.00	Ca II	-38.83	-4.27	S
8498.40	-	-	-	-0.58	S
8501.40	8502.50	H I	-38.81	-5.45	S
8544.30	8545.38	[H]	-37.92	-3.70	S
8581.30	8582.27	Fe I	-33.80	-0.77	S
8592.90	8594.00	N I	-38.40	-0.17	S
8593.80	8596.00	Si I	-76.78	-0.13	S
8597.30	8598.40	H I	-38.38	-5.10	S
8620.20	8621.61	Fe I	-49.13	-0.08	S
8621.60	8623.51	[Fe I]	-66.45	-0.10	S

8623.20	-	-	-	-0.07	S
8624.80	8625.93	[Ti II]	-39.30	-0.16	S
8626.30	-	-	-	-0.11	S
8628.10	8629.20	N I	-38.24	-0.96	S
8629.70	8632.40	Fe I	-93.83	-0.10	S
8631.70	8632.40	Fe I	-24.33	-0.11	S
8633.20	8634.65	Ne I	-50.38	-0.10	S
8635.50	8636.60	Fe II	-38.21	-0.16	S
8637.00	-	-	-	-0.05	S
8639.50	8640.70	Al II	-41.66	0.12	S
8647.20	8648.72	[Ti II]	-52.72	-0.40	S
8649.90	8651.14	[Ti II]	-43.00	-0.10	S
8651.50	8652.17	[Cr II]	-23.23	-0.11	S
8654.60	8655.90	N I	-45.06	-0.29	S
8655.50	8656.67	Fe I	-40.55	0.01	S
8656.10	-	-	-	-0.14	S
8661.00	8662.00	[Ti II]	-34.63	-3.57	S
8661.00	8662.10	Ca II	-38.10	-3.57	S
8664.00	8665.00	H I	-34.62	-4.96	S
8665.80	8667.40	Si I	-55.38	-0.11	S
8669.50	8670.70	S I	-41.52	-0.16	S
8671.00	8672.0646.52	Mn I	-36.67	-0.13	S
8674.90	-	-	-	-0.10	S
8676.30	-	-	-	-0.13	S
8679.10	8680.20	N I	-38.02	-1.03	S
8682.20	8683.40	N I	-41.46	-1.03	S
8685.10	8686.10	N I	-34.54	-0.43	S
8687.50	8688.63	Fe I	-39.02	-0.06	S
8693.80	8695.10	Fe II	-44.85	-0.22	S
8702.10	8703.20	N I	-37.92	-0.35	S
8710.50	8711.70	N I	-41.32	-0.53	S
8717.70	8718.80	N I	-37.85	-0.40	S
8721.20	8722.40	Fe II	-41.27	-0.26	S
8727.60	8728.90	N I	-44.68	-0.27	S
8732.10	-	-	-	-0.29	S
8749.30	8750.50	H I	-41.14	-9.52	S
8759.00	-	-	-	-0.06	S
8761.60	-	-	-	-0.21	S
8766.60	8767.65	Fe I	-35.93	-0.10	S
8768.10	8770.68	Ni I	-88.25	-0.31	S

8775.50	-	-	-	-0.29	D
8776.40	8777.26	[Ti I]	-29.39	-0.08	S
8778.60	8779.12	Fe I	-17.77	-0.24	S
8783.00	8784.44	Fe I	-49.18	-0.20	S
8791.40	8792.49	[Fe I]	-37.19	-0.07	S
8805.60	8806.76	Mg I	-39.52	-0.60	S
8836.70	8838.20	[Fe III]	-50.92	-0.17	S
8844.20	-	-	-	-0.22	S

Tabela A.11.: Atlas de linhas em absorção de V704 Cen: Obs=linha observada (Å), Lab=linhas de laboratório (Å),  $v$ = velocidade, W=largura equivalente, perfil de linha (A = absorção).

Obs Å	Lab Å	identificação	$v [kms^{-1}]$	W (Å)	perfil
4614.40	4614.73	Cr I	-21.45	0.05	A
4616.30	4616.95	Fe III	-42.24	0.06	A
4618.50	4618.90	C II	-25.98	3.91	A
4621.30	4621.90	Cr I	-38.95	0.03	A
4623.30	4624.11	A II	-52.55	0.05	A
4624.20	4625.05	Fe I	-55.26	0.04	A
5780.50	5781.19	Cr I	-35.81	0.61	A
5889.40	5890.00	Na I	-30.56	1.12	A
5895.30	5895.90	Na I	-30.53	0.83	A
6496.00	6496.89	Ba II	-41.10	0.06	A
6532.98	6533.35	NII	-45	0.07	A
7037.70	7038.80	Ti I	-46.88	0.02	A
7120.00	7120.60	Fe I	-25.28	0.35	A
7147.58	7148.23	Ca I	-42.35	0.04	A
7902.00	-	-	-	0.06	A
7909.00	7909.60	Fe I	-22.76	0.04	A
7913.00	7913.47	Ai I	-17.82	0.20	A
7958.70	7959.21	Fe I	-19.22	0.04	A
8000.50	8002.55	Fe I	-76.85	0.04	A
8007.60	8009.39	Ar I	-67.05	0.09	A
8013.20	8014.78	Ar I	-59.14	0.02	A



## B Dados fotométricos

---

Nas seções B.1, B.2, B.3, B.4 e B.5, apresentamos os dados fotométricos obtidos na literatura para os nossos objetos: Hen 3-938, MWC 939, Hen 3-1191, Hen 3-1312 e V704 Cen.

### B.1. Dados fotométricos de Hen 3-938

Tabela B.1.: Dados fotométricos de Hen 3-938, obtidos na literatura.

Comprimento de onda( $\mu$ m)	Fluxo (Jy)	Diâmetro de abertura <sup>a</sup> (arsec)	Referência
0.90	1.38E-01	2''	USNO-B1
0.90	1.22E-01	1''	GSC II
1.24	3.24E-01	8''	2MASS
1.25	3.15E-01	4.5''	DENIS
1.66	9.02E-01	8''	2MASS
2.15	2.55E+00	3.5''	DENIS
2.16	2.31E+00	8''	2MASS
3.35	3.12E+00	6.1''	WISE
4.60	9.82E+00	6.4''	WISE
8.28	7.42E+00	18''	MSX
9.22	7.63E+00	9.4''x9.4''	AKARI
11.56	6.87E+00	6.5''	WISE
12.00	7.22E+00	45''x270''	IRAS
12.13	7.63E+00	18''	MSX
14.65	7.13E+00	18''	MSX
19.81	6.78E+00	10.4''x9.4''	AKARI
21.34	5.76E+00	18''	MSX
22.09	7.01E+00	12''	WISE
25.00	7.24E+00	45''x276''	IRAS



60.00	7.78E+00	90"x282"	IRAS
100.00	3.82E+00	180"x300"	IRAS

\*2 = Yale/San Juan Southern Proper Motion Catalog 4 (SPM4).

<sup>a</sup> = Exceto IRAS, AKARI tem abertura retangular.

## B.2. Dados fotométricos de MWC 939

Tabela B.2.: Dados fotométricos de MWC 939, obtidos na literatura.

Comprimento de onda( $\mu$ m)	Fluxo (Jy)	Diâmetro de abertura <sup>a</sup> (arsec)	Referência
0.80	3.81E-02	1"	GSC
0.90	6.93E-02	10"	USNO-B2
0.90	7.46E-02	2.8"	1
1.24	1.59E-01	8"	2MASS
1.25	1.61E-01	5.5"	DENIS
1.66	4.67E-01	8"	2MASS
2.16	1.30E+00	8"	2MASS
2.22	1.21E+00	5.5"	DENIS
3.35	3.43E+00	6.1"	WISE
4.60	7.39E+00	6.4"	WISE
8.28	8.68E+00	18"	MSX
11.56	7.91E+00	6.5"	WISE
12.00	9.41E+00	45"x270"	IRAS
12.13	8.06E+00	18"	MSX
14.65	6.52E+00	18"	MSX
19.81	6.90E+00	10.4"x9.4"	AKARI
21.34	7.58E+00	18"	MSX
22.09	7.12E+00	12"	WISE
25.00	7.28E+00	45"x276"	IRAS
60.00	1.00E+00	90"x282"	IRAS

† 1 = Gauba et al. (2003).

<sup>a</sup> = Exceto IRAS, AKARI tem abertura retangular.

## B.3. Dados fotométricos de Hen 3-1191

Tabela B.3.: Dados fotométricos de Hen 3-1191, obtidos na literatura

Comprimento de onda( $\mu$ m)	Fluxo (Jy)	Diâmetro de abertura <sup>a</sup> (arsec)	Referência
0.9	9.22E-02	2''	USNO-B2
0.9	7.26E-02	1''	GSC
1.24	1.30E-01	10''-15''	1
1.24	1.25E-01	10''-15''	1
1.24	1.12E-01	10''-15''	1
1.24	1.18E-01	10''-15''	1
1.24	1.26E-01	10''-15''	1
1.24	1.26E-01	10''-15''	1
1.24	1.47E-01	8''	2MASS
1.63	5.64E-01	10''-15''	1
1.63	5.10E-01	10''-15''	1
1.63	4.91E-01	10''-15''	1
1.63	5.01E-01	10''-15''	1
1.63	5.34E-01	10''-15''	1
1.63	5.44E-01	10''-15''	1
1.66	5.75E-01	8''	2MASS
2.16	2.01E+00	8''	2MASS
2.19	1.98E+00	10''-15''	1
2.19	1.94E+00	10''-15''	1
2.19	1.87E+00	10''-15''	1
2.19	1.89E+00	10''-15''	1
2.19	1.98E+00	10''-15''	1
2.19	2.03E+00	10''-15''	1
3.35	2.55E+00	6.1''	WISE
3.79	9.89E+00	10''-15''	1
3.79	9.99E+00	10''-15''	1
3.79	9.54E+00	10''-15''	1
3.79	1.01E+01	10''-15''	1
3.79	1.06E+01	10''-15''	1
4.29	1.18E+01	18.3	MSX
4.5	1.50E+01	2''-2.5''	spitzer
4.6	1.89E+01	6.4''	WISE
4.64	1.24E+01	10''-15''	1
4.64	1.22E+01	10''-15''	1
4.64	1.13E+01	10''-15''	1
4.64	1.23E+01	10''-15''	1
4.64	1.23E+01	10''-15''	1

5.8	1.20E+01	2.5"-3"	spitzer
8.28	1.90E+01	18.3	MSX
9.22	1.97E+01	9.4"x9.4"	AKARI
11.56	2.41E+01	5.5"	WISE
12.13	1.95E+01	18.3	MSX
14.65	1.68E+01	18.3	MSX
19.81	1.48E+01	10.4"x9.4"	AKARI
21.34	1.49E+01	18.3"	MSX
22.09	1.49E+01	12.0"	WISE

‡ 1 = Le Bertre et al. (1989)

2 = Yale/San Juan Southern Proper Motion Catalog 4 (SPM4).

3 = Rodrigues, 2009 (Polarimetry of HAeBe stars) Rodrigues (2009).

<sup>a</sup> = Exceto IRAS, AKARI, 2 e 3 tem abertura retangular.

## B.4. Dados fotométricos de Hen 3-1312

Tabela B.4.: Dados fotométricos de Hen 3-1312, obtidos na literatura.

Comprimento de onda( $\mu$ m)	Fluxo (Jy)	Diâmetro de abertura <sup>a</sup> (arsec)	Referência
0.82	1.62E-01	5.5"	DENIS
0.90	9.48E-02	8"	USNO-A2
0.90	9.57E-02	8"	USNO-B1
0.90	1.18E-01	3"	sloan
1.24	1.82E-01	4"	2MASS
1.25	1.87E-01	4.5"	DENIS
1.66	1.69E-01	4"	2MASS
2.15	1.33E-01	3.5"	DENIS
2.16	1.31E-01	4"	2MASS
3.35	7.30E-02	6.1"	WISE
4.60	5.03E-02	6.4"	WISE
9.00	1.75E-01	9.4x9.4	AKARI
11.56	2.92E-01	6.5"	WISE
12.00	3.38E-01	45"x270 "	IRAS
18.00	1.16E+00	10.4"x9.4"	AKARI
22.09	1.60E+00	12"	WISE
25.00	1.81E+00	45"x270"	IRAS
60.00	4.14E-01	90"x280" "	IRAS

§ Referências 1 = All-sky spectrally matched UBVRI-ZY and u'g'r'i'z' magnitudes.

2 = Yale/San Juan Southern Proper Motion Catalog 4 (SPM4).

<sup>a</sup> = Exceto IRAS, AKARI tem abertura retangular.

## B.5. Dados fotométricos de V704Cen

Tabela B.5.: Dados fotométricos de V704 Cen, obtidos na literatura.

Comprimento de onda( $\mu$ m)	Fluxo (Jy)	Diâmetro de abertura <sup>a</sup> (arsec)	Referência
8.28	1.10E+00	18.3''	MSX
8.28	1.08E+00	19.3''	MSX
9.00	1.10E+00	9.4''x9.4''	AKARI
11.56	9.36E-01	6.5	WISE
12.00	1.43E+00	45''x270''	IRAS
12.00	1.43E+00	45''x270''	IRAS
12.13	1.12E+00	18.3''	MSX
12.13	1.45E+00	19.3''	MSX
14.65	1.21E+00	18.3''	MSX
14.65	1.34E+00	19.3''	MSX
22.09	1.01E+00	12''	WISE
25.00	1.05E+00	10.4''x9.4''	AKARI
25.00	1.16E+00	45''x276''	IRAS
25.00	1.16E+00	45''x276''	IRAS
60.00	5.30E-01	90''x282''	IRAS
100.00	1.94E+01	180''x300''	IRAS

<sup>1</sup> = Symbiotic stars catalogue [Belczyński et al. \(2000\)](#).

2 = SPM 4.0 catalog.

<sup>a</sup> = Exceto IRAS, AKARI tem abertura retangular.



# Referências Bibliográficas

---

- B. Acke, M. E. van den Ancker, C. P. Dullemond, R. van Boekel, and L. B. F. M. Waters. Correlation between grain growth and disk geometry in Herbig Ae/Be systems. *Astronomy and Astrophysics* , 422:621–626, August 2004. doi: 10.1051/0004-6361:20040197. [pg: 24, 72]
- B. Acke, M. Min, M. E. van den Ancker, J. Bouwman, B. Ochsendorf, A. Juhasz, and L. B. F. M. Waters. On the interplay between flaring and shadowing in disks around Herbig Ae/Be stars. *Astronomy and Astrophysics* , 502:L17–L20, August 2009. doi: 10.1051/0004-6361/200912728. [pg: 6]
- A. Acker, J. Marcout, F. Ochsenbein, and M. C. Lortet. Index and cross-identification of planetary nebulae. *Astronomy and Astrophysics, Supplement* , 54:315–364, November 1983. [pg: 25]
- A. Acker, J. Marcout, F. Ochsenbein, B. Stenholm, R. Tylanda, and C. Schohn. *The Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae. Parts I, II.* 1992. [pg: 25]
- D. A. Allen. Infrared studies of symbiotic stars. In M. Friedjung and R. Viotti, editors, *IAU Colloq. 70: The Nature of Symbiotic Stars*, volume 95 of *Astrophysics and Space Science Library*, pages 27–42, September 1982. [pg: 10]
- D. A. Allen and I. S. Glass. Infrared photometry of southern emission-line stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , 167:337–350, May 1974. [pg: 81]
- D. A. Allen and J. P. Swings. The spectra of peculiar Be stars with infrared excesses. *Astronomy and Astrophysics* , 47:293–302, March 1976. [pg: 57]
- V. P. Arkhipova, N. P. Ikonnikova, R. I. Noskova, and G. V. Sokol. UVB observations of post-AGB supergiants (Arkhipova+, 2000). *VizieR Online Data Catalog*, 902:60705, June 2001. [pg: 7, 22]

- S. F. Beaulieu, M. A. Dopita, and K. C. Freeman. A Survey of Planetary Nebulae in the Southern Galactic Bulge. *The Astrophysical Journal* , 515:610–632, April 1999. doi: 10.1086/307052. [pg: 25, 84]
- K. Belczyński, J. Mikołajewska, U. Munari, R. J. Ivison, and M. Friedjung. A catalogue of symbiotic stars. *Astronomy and Astrophysics, Supplement* , 146:407–435, November 2000. doi: 10.1051/aas:2000280. [pg: 9, 10, 191]
- J. J. Birriel, B. R. Espey, and R. E. Schulte-Ladbeck. Contemporaneous Ultraviolet and Optical Observations of Direct and Raman-scattered O VI Lines in Symbiotic Stars. *The Astrophysical Journal* , 545:1020–1033, December 2000. doi: 10.1086/317851. [pg: 10]
- T. Bloeker. Stellar evolution of low and intermediate-mass stars. I. Mass loss on the AGB and its consequences for stellar evolution. *Astronomy and Astrophysics* , 297:727, May 1995. [pg: 7]
- M. Borges Fernandes, M. Kraus, O. Chesneau, A. Domiciano de Souza, F. X. de Araújo, P. Stee, and A. Meilland. The galactic unclassified B[e] star HD 50138. I. A possible new shell phase. *Astronomy and Astrophysics* , 508:309–320, December 2009. doi: 10.1051/0004-6361/200811318. [pg: 15, 30, 31, 75, 80]
- L. Cerrigone, J. L. Hora, G. Umana, and C. Trigilio. Spitzer Detection of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Silicate Features in Post-AGB Stars and Young Planetary Nebulae. *The Astrophysical Journal* , 703:585–600, September 2009. doi: 10.1088/0004-637X/703/1/585. [pg: 9]
- O. Chesneau, A. Collioud, O. De Marco, S. Wolf, E. Lagadec, A. A. Zijlstra, A. Rothkopf, A. Acker, G. C. Clayton, and B. Lopez. A close look into the carbon disk at the core of the planetary nebula CPD-56deg8032. *Astronomy and Astrophysics* , 455:1009–1018, September 2006. doi: 10.1051/0004-6361:20054585. [pg: 9]
- O. Chesneau, F. Lykou, B. Balick, E. Lagadec, M. Matsuura, N. Smith, A. Spang, S. Wolf, and A. A. Zijlstra. A silicate disk in the heart of the Ant. *Astronomy and Astrophysics* , 473:L29–L32, October 2007. doi: 10.1051/0004-6361:20078268. [pg: 9]
- F. Ciatti. Properties of symbiotic stars from studies in the optical region. In M. Friedjung and R. Viotti, editors, *IAU Colloq. 70: The Nature of Symbiotic Stars*, volume 95 of *Astrophysics and Space Science Library*, pages 61–70, 1982. [pg: 11]
- F. Ciatti, S. D’Odorico, and A. Mammano. Properties and evolution of BQ[] stars. *Astronomy and Astrophysics* , 34:181–186, August 1974. [pg: 7]
- D. Cieslinski, F. Elizalde, and J. E. Steiner. Observations of suspected symbiotic stars. *Astronomy and Astrophysics, Supplement* , 106:243–251, August 1994. [pg: 26, 81]

- P. S. Conti. in Be and shell stars, IAU Symp. *Astrophysics Letters and Communications* , page 447, 1976. [pg: 3]
- R. L. M. Corradi, E. R. Rodriguez-Flores, A. Mampaso, R. Greimel, K. Viironen, J. E. Drew, D. J. Lennon, J. Mikolajewska, L. Sabin, and J. L. Sokoloski. IPHAS symbiotic stars candidates (Corradi+, 2008). *VizieR Online Data Catalog*, 348:409, May 2008. [pg: 11, 13]
- R. L. M. Corradi, B. Balick, and M. Santander-García. The evolution of M 2-9 from 2000 to 2010. *Astronomy and Astrophysics* , 529:A43, May 2011. doi: 10.1051/0004-6361/201016361. [pg: 9]
- J. A. de Freitas Pacheco, D. Faria Lopes, S. C. Landaberry, and P. L. Selvelli. HD 87643 - A B/e/ star with a cold wind. *Astronomy and Astrophysics* , 152:101–106, November 1985. [pg: 14]
- D. de Winter, P. S. The, and M. R. Perez. Massive pre-main sequence stars: the case of WRA 1484. In P. S. The, M. R. Perez, and E. P. J. van den Heuvel, editors, *The Nature and Evolutionary Status of Herbig Ae/Be Stars*, volume 62 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 413, 1994. [pg: 17, 96, 97, 98]
- F. C. Fekel, K. H. Hinkle, R. R. Joyce, and P. R. Wood. Infrared Spectroscopy of Symbiotic Stars. VIII. Orbits for Three S-Type Systems: AE Arae, Y Coronae Australis, and SS 73-147. *Astronomical Journal* , 139:1315–1326, April 2010. doi: 10.1088/0004-6256/139/4/1315. [pg: 10]
- M. Fernandez, E. Ortiz, C. Eiroa, and L. F. Miranda.  $H\alpha$  emission from pre-main sequence stars. *Astronomy and Astrophysics, Supplement* , 114:439, December 1995. [pg: 7]
- P. García-Lario, A. Riera, and A. Manchado. Optical and Infrared Observations of the Bipolar Proto-Planetary Nebula Henize 401. *The Astrophysical Journal* , 526:854–861, December 1999. doi: 10.1086/308013. [pg: 24]
- G. Gauba, M. Parthasarathy, B. Kumar, R. K. S. Yadav, and R. Sagar. Photometry and low resolution spectroscopy of hot post-AGB candidates. *Astronomy and Astrophysics* , 404: 305–315, June 2003. doi: 10.1051/0004-6361:20030422. [pg: 23, 57, 59, 80, 83, 95, 188]
- Geisel. Infrared Excesses, Low-Excitation Emission Lines, and Mass Loss. *The Astrophysical Journal, Letters* , 161:L105, August 1970. doi: 10.1086/180580. [pg: 3]
- C. Georgy, S. Ekstrom, A. Granada, G. Meynet, N. Mowlavi, P. Eggenberger, and A. Maeder. Populations of rotating stars. I. . *Astronomy and Astrophysics* , 553:A24, May 2013. doi: 10.1051/0004-6361/201220558. [pg: 105, 107, 108]



- A. S. Graus, J. B. Lamb, and M. S. Oey. Discovery of New, Dust-poor B[e] Supergiants in the Small Magellanic Cloud. *The Astrophysical Journal* , 759:10, November 2012. doi: 10.1088/0004-637X/759/1/10. [pg: 14]
- J. Gregorio-Hetem, J. R. D. Lepine, G. R. Quast, C. A. O. Torres, and R. de La Reza. A search for T Tauri stars based on the IRAS point source catalog. *Astronomical Journal* , 103: 549–563, February 1992. doi: 10.1086/116082. [pg: 22, 39]
- M. Gromadzki, J. Mikołajewska, and I. Soszyński. Light Curves of Symbiotic Stars in Massive Photometric Surveys II. S and D'-Type Systems. *Acta Astronomica* , 63:405–428, December 2013. [pg: 10, 12]
- C. A. Gummersbach, F.-J. Zickgraf, and B. Wolf. B[e] phenomenon extending to lower luminosities in the Magellanic Clouds. *Astronomy and Astrophysics* , 302:409, October 1995. [pg: 14]
- K. Hamaguchi, S. Yamauchi, and K. Koyama. X-ray Study of the Intermediate-Mass Young Stars Herbig Ae/Be Stars. *ArXiv Astrophysics e-prints*, June 2004. [pg: 80]
- K. G. Henize. Observations of southern emission-line stars. *The Astrophysical Journal, Supplement Series* , 30:491–550, April 1976. doi: 10.1086/190369. [pg: 23]
- G. H. Herbig. The Spectra of Be- and Ae-TYPE Stars Associated with Nebulosity. *The Astrophysical Journal, Supplement Series* , 4:337, March 1960. doi: 10.1086/190050. [pg: 5, 6, 81, 82]
- G. H. Herbig. The diffuse interstellar bands. IX - Constraints on the identification. *The Astrophysical Journal* , 407:142–156, April 1993. doi: 10.1086/172500. [pg: 19, 32, 33]
- L. A. Hillenbrand, S. E. Strom, F. J. Vrba, and J. Keene. Herbig Ae/Be stars - Intermediate-mass stars surrounded by massive circumstellar accretion disks. *The Astrophysical Journal* , 397: 613–643, October 1992. doi: 10.1086/171819. [pg: 5]
- K. H. Hinkle, F. C. Fekel, R. R. Joyce, and P. Wood. Infrared Spectroscopy of Symbiotic Stars. IX. D-type Symbiotic Novae. *The Astrophysical Journal* , 770:28, June 2013. doi: 10.1088/0004-637X/770/1/28. [pg: 10]
- L. D. Keller, G. C. Sloan, W. J. Forrest, S. Ayala, P. D'Alessio, S. Shah, N. Calvet, J. Najita, A. Li, L. Hartmann, B. Sargent, D. M. Watson, and C. H. Chen. PAH Emission from Herbig Ae/Be Stars. *The Astrophysical Journal* , 684:411–429, September 2008. doi: 10.1086/589818. [pg: 6]
- L. Kohoutek. New and misclassified planetary nebulae. In Y. Terzian, editor, *Planetary Nebulae*, volume 76 of *IAU Symposium*, pages 47–62, 1978. [pg: 25]

- M. Kraus, M. Borges Fernandes, and F. X. de Araújo. Neutral material around the B[e] supergiant star LHA 115-S 65. An outflowing disk or a detached Keplerian rotating disk? *Astronomy and Astrophysics*, 517:A30, July 2010. doi: 10.1051/0004-6361/200913964. [pg: 14]
- M. Kraus, L. S. Cidale, M. L. Arias, M. E. Oksala, and M. Borges Fernandes. Discovery of the First B[e] Supergiants in M31. *The Astrophysical Journal, Letters*, 780:L10, January 2014. doi: 10.1088/2041-8205/780/1/L10. [pg: 14]
- B. V. Kukarkin, P. N. Kholopov, Y. N. Efremov, N. P. Kukarkina, N. E. Kurochkin, G. I. Medvedeva, N. B. Perova, V. P. Fedorovich, and M. S. Frolov. *General Catalogue of Variable Stars. Volume\_1. Constellations Andromeda - Grus*. 1969. [pg: 25]
- R. Lachaume, T. Preibisch, T. Driebe, and G. Weigelt. Resolving the B[e] star Hen 3-1191 at 10  $\mu\text{m}$  with VLTI/MIDI. *Astronomy and Astrophysics*, 469:587–593, July 2007. doi: 10.1051/0004-6361:20066206. [pg: 19, 24, 72, 86]
- H. J. G. L. M. Lamers, F.-J. Zickgraf, D. de Winter, L. Houziaux, and J. Zorec. An improved classification of B[e]-type stars. *Astronomy and Astrophysics*, 340:117–128, December 1998. [pg: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 14, 15, 16, 19]
- S. J. C. Landaberry, C. B. Pereira, and F. X. de Araújo. The eta Carinae spectrum of SS73 11 (=Ve 2-27). *Astronomy and Astrophysics*, 376:917–927, September 2001. doi: 10.1051/0004-6361:20010947. [pg: 29]
- T. Le Bertre, M. Heydari-Malayeri, N. Epchtein, C. Gouiffes, and C. Perrier. Optical and infrared observations of four suspected proto-planetary objects. *Astronomy and Astrophysics*, 225:417–431, November 1989. [pg: 23, 24, 84, 190]
- H.-W. Lee, Y.-W. Kang, and Y.-I. Byun. Raman-scattered HE II Line in the Planetary Nebula M2-9 and in the Symbiotic Stars RR Telescopii and HE 2-106. *The Astrophysical Journal, Letters*, 551:L121–L124, April 2001. doi: 10.1086/319830. [pg: 10]
- C. Leitherer and B. Wolf. Early-type stars in OB associations in the infrared. I Extinction law and IR excesses. *Astronomy and Astrophysics*, 132:151–162, March 1984. [pg: 30]
- A. Liermann, M. Kraus, O. Schnurr, and M. B. Fernandes. The  $^{13}\text{C}$  Carbon footprint of B[e] supergiants. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 408:L6–L10, October 2010. doi: 10.1111/j.1745-3933.2010.00915.x. [pg: 14]
- G. J. M. Luna, J. L. Sokoloski, K. Mukai, and T. Nelson. Symbiotic stars in X-rays. *Astronomy and Astrophysics*, 559:A6, November 2013. doi: 10.1051/0004-6361/201220792. [pg: 27]

- F. Lykou, O. Chesneau, A. A. Zijlstra, A. Castro-Carrizo, E. Lagadec, B. Balick, and N. Smith. A disc inside the bipolar planetary nebula M2-9. *Astronomy and Astrophysics* , 527:A105, March 2011. doi: 10.1051/0004-6361/200913845. [pg: 9]
- J. Mikołajewska. Orbital and stellar parameters of symbiotic stars. *ArXiv Astrophysics e-prints*, October 2002. [pg: 101]
- J. Mikołajewska. Orbital and Stellar Parameters of Symbiotic Stars (invited review talks). In R. L. M. Corradi, J. Mikołajewska, and T. J. Mahoney, editors, *Symbiotic Stars Probing Stellar Evolution*, volume 303 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 9, 2003. [pg: 10]
- J. Mikołajewska. Symbiotic Stars: Observations Confront Theory. *Baltic Astronomy*, 21:5–12, 2012. [pg: 10]
- J. Mikołajewska, A. Acker, and B. Stenholm. Spectrophotometric study of southern symbiotic stars. *Astronomy and Astrophysics* , 327:191–198, November 1997. [pg: 26]
- A. S. Miroshnichenko. Galactic B[e] Stars: A Review of 30 Years of Investigation. In M. Kraus and A. S. Miroshnichenko, editors, *Stars with the B[e] Phenomenon*, volume 355 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 13, December 2006. [pg: 22]
- A. S. Miroshnichenko. Toward Understanding the B[e] Phenomenon. I. Definition of the Galactic FS CMa Stars. *The Astrophysical Journal* , 667:497–504, September 2007. doi: 10.1086/520798. [pg: 23, 39]
- A. S. Miroshnichenko. Properties of Galactic FS CMa Type Objects, a New Group of Dust-Forming Systems. In *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series*, volume 38 of *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series*, pages 100–101, February 2010. [pg: 16]
- A. S. Miroshnichenko, R. O. Gray, S. L. A. Vieira, K. S. Kuratov, and Y. K. Bergner. Observations of recently recognized candidate Herbig Ae/Be stars. *Astronomy and Astrophysics* , 347:137–150, July 1999. [pg: 5, 21, 22, 23, 39, 57, 80]
- A. S. Miroshnichenko, S. V. Zharikov, N. Manset, C. Rossi, and V. F. Polcaro. FS CMa Type Binaries with the B[e] Phenomenon: Towards Solving a Long-standing Puzzle. *Central European Astrophysical Bulletin*, 37:57–66, 2013. [pg: 16, 17]
- B. Miszalski, J. Mikołajewska, J. Köppen, T. Rauch, A. Acker, M. Cohen, D. J. Frew, A. F. J. Moffat, Q. A. Parker, A. F. Jones, and A. Udalski. The influence of binarity on dust obscuration events in the planetary nebula M 2-29 and its analogues. *Astronomy and Astrophysics* , 528:A39, April 2011. doi: 10.1051/0004-6361/201015469. [pg: 9]

- C. E. Moore. A Multiplet Table of Astrophysical Interest. Revised Edition. Part I - Table of Multiplets. Forbidden Lines. *Contributions from the Princeton University Observatory*, 20: D21, 1945. [pg: 29]
- K. F. Neugent, P. Massey, B. Skiff, M. R. Drout, G. Meynet, and K. A. G. Olsen. Yellow Supergiants in the Small Magellanic Cloud: Putting Current Evolutionary Theory to the Test. *The Astrophysical Journal*, 719:1784–1795, August 2010. doi: 10.1088/0004-637X/719/2/1784. [pg: 14]
- B. E. J. Pagel. Intrinsic Reddening of Eta Carinae. *Nature*, 221:325–327, January 1969. doi: 10.1038/221325a0. [pg: 23]
- M. Parthasarathy, J. Vijapurkar, and J. S. Drilling. Low resolution spectroscopy of hot post-AGB candidates. *Astronomy and Astrophysics, Supplement*, 145:269–274, August 2000. doi: 10.1051/aas:2000242. [pg: 23, 24, 80]
- C. B. Pereira. The Peculiar Planetary Nebula Hen 3-1312. In M. Meixner, J. H. Kastner, B. Balick, and N. Soker, editors, *Asymmetrical Planetary Nebulae III: Winds, Structure and the Thunderbird*, volume 313 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 521, July 2004. [pg: 16, 19, 21, 25, 26, 53, 67, 68, 70, 81, 83, 87, 105]
- C. B. Pereira, S. J. C. Landaberry, and F. da Conceição. Spectroscopic Observations of Seven Suspected Symbiotic Stars. *Astronomical Journal*, 116:1971–1976, October 1998. doi: 10.1086/300564. [pg: 26, 81, 106]
- C. B. Pereira, S. J. C. Landaberry, and F. X. de Araújo. Spectroscopic observations of two proto planetary-nebulae candidates: SS73 56 Hen 2-79. *Astronomy and Astrophysics*, 402: 693–700, May 2003. doi: 10.1051/0004-6361:20030202. [pg: 21, 23, 83]
- A. Pereyra, J. M. Girart, A. M. Magalhães, C. V. Rodrigues, and F. X. de Araújo. Near infrared polarimetry of a sample of YSOs. *Astronomy and Astrophysics*, 501:595–607, July 2009. doi: 10.1051/0004-6361/200809680. [pg: 24]
- P. Podsiadlowski, T. S. Morris, and N. Ivanova. Massive Binary Mergers: A Unique Scenario for the sgB[e] Phenomenon? In M. Kraus and A. S. Miroshnichenko, editors, *Stars with the B[e] Phenomenon*, volume 355 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 259, December 2006. [pg: 14]
- G. F. Poellitsch. Interpretation of emission line profiles of rotating shells. *Astronomy and Astrophysics*, 97:175–181, April 1981. [pg: 38]
- B. Reipurth, A. Pedrosa, and M. T. V. T. Lago. H $\alpha$  emission in pre-main sequence stars. I. an atlas of line profiles. *Astronomy and Astrophysics, Supplement*, 120:229–256, December 1996. [pg: 7]

- G. Rodrigues. Categorifying measure theory: a roadmap. *ArXiv e-prints*, December 2009. [pg: 190]
- R. S. I. Ryans, P. L. Dufton, C. J. Mooney, W. R. J. Rolleston, F. P. Keenan, I. Hubeny, and T. Lanz. An analysis of the optical spectra of the post-asymptotic giant branch stars LSIV -12 111 and HD 341617. *Astronomy and Astrophysics* , 401:1119–1129, April 2003. doi: 10.1051/0004-6361:20030191. [pg: 7]
- M. J. Sartori, J. Gregorio-Hetem, C. V. Rodrigues, A. Hetem, Jr., and C. Batalha. Analysis of the Pico Dos Dias Survey Herbig Ae/Be Candidates. *Astronomical Journal* , 139:27, January 2010. doi: 10.1088/0004-6256/139/1/27. [pg: 22, 23, 39, 82]
- H. M. Schmid. Identification of the emission bands at 6830, 7088 Å. *Astronomy and Astrophysics* , 211:L31–L34, March 1989. [pg: 10]
- N. Soker. Stability analysis of the accretion line. *The Astrophysical Journal* , 358:545–550, August 1990. doi: 10.1086/169007. [pg: 9]
- N. Soker. Shaping Planetary Nebulae and Related Objects. In M. Meixner, J. H. Kastner, B. Balick, and N. Soker, editors, *Asymmetrical Planetary Nebulae III: Winds, Structure and the Thunderbird*, volume 313 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 562, July 2004. [pg: 9]
- L. Stanghellini, D. A. García-Hernández, P. García-Lario, J. E. Davies, R. A. Shaw, E. Villaver, A. Manchado, and J. V. Perea-Calderón. The Nature of Dust in Compact Galactic Planetary Nebulae from Spitzer Spectra. *The Astrophysical Journal* , 753:172, July 2012. doi: 10.1088/0004-637X/753/2/172. [pg: 25, 99]
- R. Szczerba, N. Siódmiak, G. Stasińska, and J. Borkowski. An evolutionary catalogue of galactic post-AGB and related objects. *Astronomy and Astrophysics* , 469:799–806, July 2007. doi: 10.1051/0004-6361:20067035. [pg: 23]
- S. Telescope Science Institute. Specview: 1-D spectral visualization and analysis of astronomical spectrograms, October 2012. Astrophysics Source Code Library. [pg: 29]
- A. D. Thackeray. Coudé spectra of Eta Carinae and the strongest lines of [Fe II] and [Ni II]. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , 135:51, 1967. [pg: 29]
- P. S. Thé, D. de Winter, and M. R. Pérez. A new catalogue of members and candidate members of the Herbig Ae/Be (HAEBE) stellar group. *Astronomy and Astrophysics, Supplement* , 104:315–339, April 1994. [pg: 5, 6, 23]
- A. G. G. M. Tielens. Interstellar Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Molecules. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* , 46:289–337, September 2008. doi: 10.1146/annurev.astro.46.060407.145211. [pg: 9]

- A. F. Torres, M. Kraus, L. S. Cidale, R. Barbá, M. Borges Fernandes, and E. Brandi. Discovery of Raman-scattered lines in the massive luminous emission-line star LHA 115-S 18. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , 427:L80–L84, November 2012. doi: 10.1111/j.1745-3933.2012.01349.x. [pg: 10, 14]
- J. A. Valenti, A. A. Fallon, and C. M. Johns-Krull. An IUE Atlas of Pre-Main-Sequence Stars. III. Co-added Final Archive Spectra from the Long-Wavelength Cameras. *The Astrophysical Journal, Supplement Series* , 147:305–336, August 2003. doi: 10.1086/375445. [pg: 80]
- R. van Boekel, L. B. F. M. Waters, C. Dominik, J. Bouwman, A. de Koter, C. P. Dullemond, and F. Paresce. Grain growth in the inner regions of Herbig Ae/Be star disks. *Astronomy and Astrophysics* , 400:L21–L24, March 2003. doi: 10.1051/0004-6361:20030141. [pg: 24]
- M. E. van den Ancker, D. de Winter, and H. R. E. Tjin A Djie. HIPPARCOS photometry of Herbig Ae/Be stars. *Astronomy and Astrophysics* , 330:145–154, February 1998. [pg: 7]
- R. G. Vieira, J. Gregorio-Hetem, A. Hetem, G. Stasińska, and R. Szczerba. Distinguishing post-AGB impostors in a sample of pre-main sequence stars. *Astronomy and Astrophysics* , 526:A24, February 2011. doi: 10.1051/0004-6361/201015592. [pg: 23, 39, 83]
- S. L. A. Vieira, W. J. B. Corradi, S. H. P. Alencar, L. T. S. Mendes, C. A. O. Torres, G. R. Quast, M. M. Guimarães, and L. da Silva. Investigation of 131 Herbig Ae/Be Candidate Stars. *Astronomical Journal* , 126:2971–2987, December 2003. doi: 10.1086/379553. [pg: 8, 22, 80]
- J. Vijapurkar, M. Parthasarathy, and J. S. Drilling. Low resolution spectroscopy of IRAS sources with PN like IR colours. *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 26:497, 1998. [pg: 23, 57]
- H. E. Wheelwright, W. J. de Wit, G. Weigelt, R. D. Oudmaijer, and J. D. Ilee. AMBER and CRIRES observations of the binary sgB[e] star HD 327083: evidence of a gaseous disc traced by CO bandhead emission. *Astronomy and Astrophysics* , 543:A77, July 2012. doi: 10.1051/0004-6361/201219325. [pg: 15]
- R. K. Zamanov, M. F. Bode, C. H. F. Melo, J. Porter, A. Gomboc, and R. Konstantinova-Antova. Rotational velocities of the giants in symbiotic stars - I. D'-type symbiotics\*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , 365:1215–1219, February 2006. doi: 10.1111/j.1365-2966.2005.09808.x. [pg: 10]
- F.-J. Zickgraf. Current Definition of B[e] Stars. In A. M. Hubert and C. Jaschek, editors, *B[e] stars*, volume 233 of *Astrophysics and Space Science Library*, page 1, 1998. [pg: 1, 3]

- F.-J. Zickgraf, B. Wolf, O. Stahl, C. Leitherer, and G. Klare. The hybrid spectrum of the LMC hypergiant R126. *Astronomy and Astrophysics* , 143:421–430, February 1985. [pg: 3, 14, 15]
- F.-J. Zickgraf, B. Wolf, C. Leitherer, I. Appenzeller, and O. Stahl. B(e)-supergiants of the Magellanic Clouds. *Astronomy and Astrophysics* , 163:119–134, July 1986. [pg: 3, 14]
- F.-J. Zickgraf, B. Wolf, O. Stahl, and R. M. Humphreys. S 18 - A new B(e) supergiant in the Small Magellanic Cloud with evidence for an excretion disk. *Astronomy and Astrophysics* , 220:206–214, August 1989. [pg: 14]
- F.-J. Zickgraf, O. Stahl, and B. Wolf. IR survey of OB emission-line stars in the SMC - Detection of a new B(e) supergiant, AV 172. *Astronomy and Astrophysics* , 260:205–212, July 1992a. [pg: 14]
- F.-J. Zickgraf, O. Stahl, and B. Wolf. IR survey of OB emission-line stars in the SMC - Detection of a new B(e) supergiant, AV 172. *Astronomy and Astrophysics* , 260:205–212, July 1992b. [pg: 14]
- F.-J. Zickgraf, J. Kovacs, B. Wolf, O. Stahl, A. Kaufer, and I. Appenzeller. R4 in the Small Magellanic Cloud: a spectroscopic binary with a B[e]/LBV-type component. *Astronomy and Astrophysics* , 309:505–514, May 1996. [pg: 14]