

Dissertação de Mestrado

**VARIAÇÕES ESPACIAIS DE
PROPRIEDADES FÍSICAS DO
REMANESCENTE DE SUPERNOVA
RCW 103**

David Sanmartim

PPGFísica

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**VARIAÇÕES ESPACIAIS DE
PROPRIEDADES FÍSICAS DO
REMANESCENTE DE SUPERNOVA
RCW 103 †**

por

David Sanmartim

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Marcus Vinicius Fontana Copetti, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da USFM em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcus V. F. Copetti

Santa Maria, RS, Brasil

2008

†Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**“VARIAÇÕES ESPACIAIS DE PROPRIEDADES
FÍSICAS DO REMANESCENTE DE SUPERNOVA
RCW 103”**

elaborada por
David Sanmartim

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Física

COMISSÃO EXAMINADORA:

Marcus Vinicius Fontana Copetti, Dr. (Orientador)

Thaís Storchi Bergmann, Dr^a. (UFRGS)

Alex A. Schmidt, Dr. (UFMS)

Santa Maria, 19 de Junho de 2008

DEDICATÓRIA

*Aos meu avós,
José (in memoriam) e Tereza Sanmartim.
Neles encontrei a educação que
não se aprende nas escolas.*

Agradecimentos

Deixo meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho ou para a minha própria formação. Que ninguém se sinta excluído, mas agradeço em especial:

- ◇ À FAPERGS e ao PET pelo apoio financeiro durante a graduação e ao CNPq pelo financiamento desse trabalho.

- ◇ Ao professor Dr. Marcus Vicicius Fontana Copetti, pela orientação e pelos pacienciosos ensinamentos desde os tempos da graduação. Também por proporcionar constantes e agradáveis horas de observação no OPD;

- ◇ À secretária da Pós-Graduação, Saionara, por todo seu comprometimento com o trabalho e por sua disponibilidade sempre que necessário;

- ◇ A todos os professores do Curso de Física que efetivamente deram sua máxima contribuição para uma melhor formação de seus alunos;

- ◇ Aos meus avós. Principalmente a minha querida vó Tereza, por toda sua compreensão da importância dos estudos;

- ◇ À Francieli, por todos os bons momentos que temos passado, por permanecer sempre ao meu lado, dando incentivo e apoio, por tudo que me ensinou e deixou ensinar. Também por sua fiel amizade e pela contribuição na revisão do texto deste trabalho;

- ◇ Aos meus bons e fiéis amigos, pela convivência e parceria;

- ◇ Aos amigos e colegas de laboratório, Vinícius, Igor, Márcio e Aline, pela troca de informações e pelo bom-humor no dia-a-dia de trabalho;

“De nihilo nihil – Nada vem do nada”

Titus Lucretius Carus
(poeta e filósofo Romano do século I a.C.)

Resumo

Desde a observação do evento de supernova SN 1987A, o estudo observacional de supernovas e de remanescentes de supernova, inclusive no ótico, tem recebido atenção especial. No entanto, estudos observacionais no ótico têm se limitado, em sua grande maioria, a apresentar dados integrados ou de pontos específicos de remanescentes de supernova extragalácticos e galácticos. Tendo isso em vista, no presente trabalho, realiza-se um estudo observacional de algumas propriedades físicas e cinemáticas do remanescente de supernova galáctico RCW 103, não limitando-se a medidas pontuais. Espectros bidimensionais de fenda longa foram obtidos via medidas espectrofotométricas de alta razão sinal-ruído na faixa de 6000 a 7000 Å, para o que se utilizou o espectrógrafo Cassegrain acoplado ao telescópio de 1,6 m do Observatório Pico dos Dias (OPD), Brasópolis, MG. Com a fenda orientada ao longo da direção Leste-Oeste e em exposições de 1200 s, varreu-se a nebulosa galáctica RCW 103 em 14 diferentes declinações, sempre com uma separação de 5". Em uma primeira etapa, foram extraídos espectros unidimensionais a cada 4,6" em ascensão reta, a partir dos quais foram confeccionados mapas bidimensionais do fluxo da linha H α e da densidade eletrônica. Foram obtidos mapas com resolução espacial de aproximadamente 4,6" \times 5" para essas duas propriedades físicas. Em uma segunda etapa, dos mesmos espectros bidimensionais, foram extraídos espectros com abertura de aproximadamente 2,3", a partir dos quais se mediram o centro da linha H α e a sua largura a meia altura. Dessas duas medidas, foram confeccionados os mapas de velocidade radial e da própria largura a meia altura, ambos com resolução de cerca de 2,3" \times 5". Como sensor de densidade eletrônica, utilizou-se a razão de linhas [SII] ($\lambda 6716/\lambda 6731$), resultando em uma distribuição irregular de densidade eletrônica ao redor de $1433 \pm 15 \text{ cm}^{-3}$. No lado Sudeste de RCW 103, encontrou-se uma região com densidade eletrônica sistematicamente maior, o que pode ser resultado da interação da frente de choque com uma nuvem molecular. Do mapa de velocidade radial, encontraram-se velocidades desde -200 a $+100 \text{ km s}^{-1}$, com uma velocidade radial média de -22 km s^{-1} com relação ao padrão local de repouso. Devido à grande dispersão de velocidades no interior da região observada, encontraram-se regiões nebulares onde as linhas de emissão apresentam duas componentes, para o que se confeccionaram mapas apresentando esses pontos. A média da dispersão de velocidades encontrada foi de aproximadamente 76 km s^{-1} . Por fim, a partir dessas medidas, foi possível fazer algumas estimativas da distância cinemática da região observada, da massa correspondente, bem como da energia de turbulência. Encontrou-se a distância de aproximadamente $1,75 \pm 0,08 \text{ kpc}$ e a massa de cerca de $3,2 M_{\odot}$, com energia associada ao movimento interno de aproximadamente $2,3 \times 10^{47} \text{ ergs}$. A massa da nebulosa como um todo pode ainda ser pelo menos três ou quatro vezes maior que o valor apresentado.

Abstract

Since the observation of the supernova event SN 1987A, observational research on supernova and supernova remnants, including the ones on the optical spectrum, has been much explored. However, most of these studies have been limited to present integrated or punctual data from extragalactic or galactic supernova remnants. The present work has the objective of presenting some physical and kinematic properties from the galactical supernova remnant RCW 103, not limiting itself to punctual measures. Long slit two-dimensional spectra were obtained through spectrophotometric measures with high signal-noise in the range of 6000 to 7000 Å, by using the Cassegrain spectrograph attached to 1.6 m telescope of the Observatório Pico dos Dias. With the slit on the East-West direction and with exposure time of 1200s, the galactical nebula RCW 103 was swept at 14 different declinations, all the times with a distance of 5". As a first step, one-dimensional spectra at 4.6" one from each other in right ascension were extracted, allowing the construction of two-dimensional maps of the H α flux and of the electron density. Maps with a special resolution of 4.6" \times 5" for these two physical properties were obtained. As a second step, from the same two-dimensional spectra, spectra with apertures of 2.3" were extracted, from which measures of the center of the H α line and its width at half maximum were estimated. Based on these two measures, the maps of radial velocity and of the width at half maximum itself were constructed, both of them with resolution around of 2.3" \times 5". As a sensor of electron density, the [SII] (λ 6717/ λ 6731) lines ratio was used, generating an irregular distribution of electron density around $1433 \pm 15 \text{ cm}^{-3}$. At South-East from RCW 103, a region with electron density sistematically higher was observed, maybe a result from the interaction between the shock wave with a molecular cloud. In the radial velocity map, velocity measures from -200 to $+100 \text{ km s}^{-1}$, with a mean radial velocity of -22 km s^{-1} in relation to the local standard of rest, were found. Due to the large dispersion velocity in the internal part of the region observed, maps were constructed to show the nebular regions in which the emission lines present two components. The mean velocity dispersion observed was approximately 76 km s^{-1} . Finally, taking these measures as a reference, it was possible to estimate the kinematic distance of the region observed, its respective mass, as well as the turbulence energy. The distance found corresponds aproximately to $1.75 \pm 0.08 \text{ kpc}$ and the mass, around $3.2 M_{\odot}$, with the energy associated to the internal movement at about $2.3 \times 10^{47} \text{ ergs}$. It is estimated that the mass of the nebula as a whole should be at least three or four times higher than the value presented.

Lista de Figuras

1.1	Imagem ótica de RCW 103 na banda R	23
1.2	Imagem de RCW 103 na faixa de raios X	24
2.1	Representação esquemática das posições e orientação da fenda ao longo de RCW 103	28
2.2	Espectro de emissão de RCW 103 com alto sinal/ruído	33
2.3	Espectro de emissão de RCW 103 com baixo sinal/ruído	33
3.1	Diagrama dos níveis de energia da configuração $3p^3$ do [SII]	35
3.2	Espectro de emissão de RCW 103 evidenciando duas componentes das linhas do [SII]	39
3.3	Mapa das componentes 1 e 2 do fluxo da linha $H\alpha$	43
3.4	Mapa das componentes 1 e 2 da densidade eletrônica	45
3.5	Mapa das componentes 1 e 2 da velocidade radial LSR	47
3.6	Espectro de emissão de RCW 103 apresentando as duas componentes de $H\alpha$	48
3.7	Mapa das componentes 1 e 2 da largura de $H\alpha$ a meia altura	50
3.8	Mapas finais de RCW 103	51
3.9	Histograma das medidas da densidade eletrônica	53
3.10	Histograma das medidas da velocidade radial LSR	54
3.11	Histograma das medidas da largura da linha $H\alpha$ a meia altura	54

Lista de Tabelas

2.1	Registro das observações espectroscópicas.	29
2.2	Estrelas padrão utilizadas para calibração em unidades de fluxo. . . .	30
3.1	Estatísticas das propriedades físicas dos mapas	52
A.1	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.	66
A.2	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.	67
A.3	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.	68
A.4	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.	69
A.5	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.	70
A.6	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.	71
A.7	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.	72
B.1	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.	74
B.2	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.	75
B.3	R_{SII} e N_e de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.	76
B.4	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.	77
B.5	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.	78
B.6	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.	79
B.7	R_{SII} e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.	80

C.1	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.	82
C.2	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.	84
C.3	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.	86
C.4	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.	88
C.5	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.	90
C.6	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.	92
C.7	v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.	94

Lista de Símbolos e Constantes

α	Coordenada de ascensão reta do sistema equatorial
$\alpha_B(H^0, T_e)$	Coefficiente de recombinação aos níveis excitados do H
$\alpha_{H\beta}^{eff}(H^0, T_e)$	Coefficiente de recombinação efetiva de $H\beta$
AAO	<i>Anglo-Australian Observatory</i>
b	Coordenada de latitude Galáctica
c	Velocidade da luz no vácuo, $c = 2,99792458 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1}$
CCD	<i>Charge Coupled Device</i>
$C(H\beta)$	Coefficiente de extinção interestelar em $H\beta$
δ	Coordenada de declinação do sistema equatorial
d	Distância heliocêntrica
DSS2	<i>Digitalized Sky Survey 2</i>
erg	Unidade de energia do sistema CGS, $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$
eV	Elétron-Volt, $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J (SI)}$
$F(H\alpha)$	Fluxo da linha $H\alpha$
$F(H\beta)$	Fluxo da linha $H\beta$
FWHM	<i>Full Width at Half Maximum</i>
h	Constante de Planck, $h = 6,6260755 \times 10^{-27} \text{ erg s} = 4,1356692 \times 10^{-15} \text{ eV s}$
$H\alpha$	Primeira linha espectral da série de Balmer para o átomo de H
$H\beta$	Segunda linha espectral da série de Balmer para o átomo de H
IRAF	<i>Image Reduction and Analysis Facility</i>
l	Coordenada de longitude Galáctica

LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica
LSR	<i>Local Standard of Rest</i>
m_p	Massa do próton, $m_p = 1,6726231 \times 10^{-24}$ g
M_\odot	Massa solar, $M_\odot = 1,9891 \times 10^{33}$ g
N_e	Densidade eletrônica
OPD	Observatório Pico dos Dias
pc	Unidade de distâncias astronômicas, $1 \text{ pc} = 3,0856 \times 10^{18}$ cm
pxl	Píxel
$Q(\text{H}^0)$	Número de fótons ionizantes do Hidrogênio neutro (em unidades de s^{-1})
R	Distância ao centro Galáctico
RCW	Catálogo de Rodgers, Campbell e Whiteaok
$R_{\text{S II}}$	Razão de linhas do dubleto do [S II]
T_e	Temperatura eletrônica
2MASS	<i>Two Micron All Sky Survey</i>
v_{LSR}	Velocidade radial LSR
v_r	Velocidade radial
XMM-Newton	<i>X-ray Multi-Mirror Mission - Newton</i>

* Os valores das constantes físicas ou astronômicas são encontrados em Lang (1991)

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Supernovas	16
1.2	Remanescentes de Supernovas	17
1.3	Processos Físicos em Nebulosas Ionizadas	19
1.4	Sobre RCW 103	21
1.5	Motivação e Objetivos deste Estudo	25
2	Observação e Redução dos Dados	27
2.1	Observação	27
2.2	Redução dos Dados	30
3	Mapas das Propriedades Físicas	34
3.1	Densidade Eletrônica via Linhas Excitadas Colisionalmente	34
3.2	Efeito Doppler: Velocidade Radial e Dispersão de Velocidades	36
3.3	Intensidades das Linhas e Análise dos Erros	38
3.4	Mapa do Fluxo em $H\alpha$	42
3.5	Mapa da Densidade Eletrônica	44
3.6	Mapa da Velocidade Radial LSR	45
3.7	Mapa da Largura de $H\alpha$ a Meia Altura	47
3.8	Estatística das Propriedades Físicas	50
3.9	Histogramas das Medidas	53
4	Distância Cinemática, Massa e Energia	55
4.1	Distância Cinemática	55
4.2	Massa Nebular	56
4.3	Energia	58
5	Considerações Finais	60
A	Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103	65
B	Densidade Eletrônica de RCW 103	73
C	Velocidade Radial LSR e FWHM	81

Capítulo 1

Introdução

Até meados do século XVI, o modelo aceito acerca da mecânica celeste ainda era o modelo geocêntrico de Cláudio Ptolomeu (85 a 160 d.C.), ancorada na doutrina aristotélica, o qual mantinha-se intacto frente a quaisquer contestações, desde o século IV a.C.. Esse cenário, baseado no pensamento aristotélico, perdurou até que Nicolau Copérnico (1473 a 1543) propusesse um modelo de Universo em que a Terra não era o centro, mas apenas mais um entre os demais planetas, completando uma volta ao redor do Sol no período de um ano. Embora a idéia de Copérnico fosse sob certo aspecto revolucionária, uma vez que tirava a Terra do centro, ela ainda considerava que os planetas estavam fixados na esfera celeste, concebida como de natureza divina e imutável.

No outono de 1572, próximo à constelação de Cassiopéia, surge no céu uma nova estrela, com brilho comparável ao de Vênus, visível inclusive à luz do dia. Tycho Brahe (1546 a 1601), percebendo tratar-se de uma “nova estrela” (na verdade um evento de supernova) começou imediatamente a realização de medidas de posição e brilho dessa nova estrela ao longo dos meses seguintes à observação. Concluiu, com uma precisão de poucos minutos de arco, ainda não alcançada até então, que a nova estrela era de natureza fixa (Green e Stephenson, 2003). Assim, ela se situava além da região sublunar e entre as estrelas fixas, contrariando a natureza divina e imutável atribuída ao firmamento, conforme estabelecia a doutrina aristotélica.

Apesar desse evento não se tratar do primeiro registro de supernovas na história da Astronomia, nunca antes se havia medido com tanta precisão a posição de um novo astro, o que possibilitou a conclusão de que o fenômeno não era atmosférico e que situava-se entre as demais estrelas, inaugurando uma nova visão sobre o Universo. Com isso, soube-se que o surgimento de novas estrelas era possível. O que os

astrônomos da época não sabiam é que um evento desse tipo representa, na verdade, o ponto final da evolução de algumas estrelas e não o seu nascimento.

O evento de supernova ocorre nos estágios finais do processo evolutivo de estrelas de grande massa que explodem violentamente, expelindo suas camadas externas no meio interestelar e brilhando, por um curto período, mais do que uma galáxia inteira. Esse evento catastrófico é simplificado por dois mecanismos distintos: (1) por meio do colapso gravitacional de estrelas massivas ($M > 8M_{\odot}$) ou (2) pela destruição termonuclear ocasionada pela acreção de massa em um sistema binário.

O termo “supernovas” foi cunhado por Baade e Zwicky, em 1934, para designar o fenômeno de novas com luminosidades extramente grandes. Por sua vez, o termo “novas” é atribuído a Tycho Brahe pela observação do que acreditava ser o surgimento de uma nova estrela. As novas, assim como as supernovas, ejetam uma casca de gás da estrela em evolução para o meio interestelar, no entanto liberam menor quantidade de energia, voltando ao estágio pré-explosão em cerca de 10^2 anos. Como a explosão não é suficiente para destruir a estrela, o sistema volta ao estágio original em alguns anos, repetindo a explosão a cada $\sim 10^3$ a 10^5 anos (Osterbrock e Ferland, 2006).

1.1 Supernovas

As supernovas são tradicionalmente classificadas a partir de seus espectros em dois tipos: as que apresentam linhas de emissão do H (tipo II) e as que não as apresentam (tipo I). As supernovas do tipo I são subdivididas naquelas que apresentam (tipo Ia) e nas que não apresentam linhas do Si, que por sua vez podem apresentar linhas do He (tipo Ib) ou então não apresentar nem linhas do Si nem do He (tipo Ic). As do tipo II subdividem-se ainda em II-L e II-P, diferindo apenas na forma de suas curvas de brilho.

As supernovas do tipo II representam o estágio final da evolução de estrelas massivas ($M > 8M_{\odot}$), quando cessa a fusão nuclear no interior da estrela e o núcleo colapsa em uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, liberando as camadas externas para o meio interestelar em altas velocidades. As supernovas do tipo Ia resultam da destruição termonuclear de uma anã-branca em um sistema binário, configurando eventos bastante homogêneos, uma vez que sempre há a destruição de uma estrela que excede o limite de Chandrasekhar pela acreção de massa em um

sistema binário, caracterizando um bom padrão de vela para medidas de grandes distâncias. Supernovas do tipo Ib e Ic, ou passam pelo mesmo processo de explosão que as do tipo II, ou expõem seu envelope externo, rico em H, para o meio interestelar através do vento estelar. No entanto, a origem de supernovas do tipo Ib e Ic representa controvérsia que ainda deve ser resolvida (Weiler e Sramek, 1988). Supernovas do tipo Ia ejetam baixas massas ($\sim 1M_{\odot}$) e brilham com altas luminosidades ($M_{\text{bol}} \approx -19,6$), enquanto as do tipo II ejetam massas da ordem de $10M_{\odot}$ e brilham um pouco menos, $M_{\text{bol}} \approx -18$ (Osterbrock e Ferland, 2006).

Todo o material ejetado para o espaço em um evento de supernova configura uma nebulosidade chamada remanescente de supernova, que se mantém em expansão até que esteja completamente misturada ao meio interestelar. Esse fenômeno é de grande importância, uma vez que dispersa os elementos formados no interior das estrelas para o meio interestelar, influenciando na evolução química das galáxias. Além disso, o fenômeno aquece o meio interestelar e acelera raios cósmicos a energias de até 10 GeV, sendo também responsável pela formação dos elementos químicos de número atômico maior que 56, uma vez que a explosão fornece a energia necessária para formação desses elementos.

1.2 Remanescentes de Supernovas

Os remanescentes de supernova, do ponto de vista de suas características observacionais, como os seus espectros de emissão ótica e suas aparências nebulares, enquadram-se na classe de objetos conhecidos como nebulosas de emissão, assim como as regiões HII e as nebulosas planetárias, apesar de representarem eventos completamente distintos no contexto da evolução estelar. O espectro ótico desses objetos apresenta fortes linhas de emissão sobrepostas a um fraco contínuo, principalmente linhas de recombinação do H e He, bem como intensas linhas resultantes de excitações colisionais de íons como O^{++} , S^+ e N^+ , entre outros metais¹, conhecidas como linhas proibidas.

Apesar das semelhanças, a fonte de ionização dos remanescentes de supernova é completamente diferente das demais nebulosas gasosas, onde uma nuvem de gás difuso é fotoionizada pela emissão de fótons ultravioletas de uma única estrela (nebulosas planetárias e/ou regiões HII) ou de um conjunto de estrelas ionizantes (regiões HII). Nos remanescentes de supernova, a ionização do gás se dá ou pela radiação

¹Todos elementos atômicos que não sejam H e He.

sincrotrônica emitida por um remanescente estelar, ou então pela conversão de energia cinética do movimento de expansão e choque com as partículas do meio interestelar em energia térmica. Uma característica das regiões ionizadas pela frente de choque é a presença de linhas de baixa ionização mais fortes com relação a $H\alpha$ do que em regiões HII típicas; por exemplo, as linhas [OI] $\lambda\lambda$ 6300, 6363 ou [SII] $\lambda\lambda$ 6717, 6731 (Osterbrock e Ferland, 2006).

Esses objetos se apresentam bastante brilhantes em ondas de rádio e raios X e, por isso, são tradicionalmente estudados nessas regiões espectrais. Segundo Green (2004), aproximadamente 230 remanescentes de supernova são conhecidos na Via-Láctea e somente cerca de um quarto deles são visíveis no ótico (*e.g.*: Nebulosa do Caranguejo, Cassiopéia A, RCW 86 e inclusive o objeto estudado nesta dissertação, RCW 103).

Tradicionalmente os remanescentes de supernova têm sido catalogados como tendo a forma tipo casca ou casca parcial. No entanto, a partir de um estudo das nuvens de Magalhães, Mathewson *et al.* (1983, 1984 apud Weiler e Sramek, 1988) sugerem quatro categorias: *balmer-dominated*, *oxygen-rich*, *plerionic-composite*² e *evolved*. Weiler e Sramek (1988) detalham algumas de suas características, descritas no restante desta seção. Ainda reconhecem uma quinta classificação possível, os remanescentes de supernova centralmente influenciados (tipo *centrally influenced*).

Nos remanescentes de supernova do tipo *balmer-dominated*, os espectros das cascas filamentosas são fortes em linhas da série de Balmer, e ausentes, ou muito fracos, nas linhas do [OIII] e [SII]. Em rádio, possuem forma do tipo casca ou casca parcial. Bons exemplos são os remanescentes da supernova de Tycho (SN 1572), da supernova de Kepler (SN 1604) e do remanescente da supernova SN 1006. São jovens e se originam de supernovas do tipo Ia (aquelas que são resultantes da destruição termonuclear de anãs-brancas).

Remanescentes de Supernova do tipo *oxygen-rich* possuem fortes linhas do [O II] e [SII] com relação a $H\alpha$, apresentando também linhas de Balmer. Geralmente se localizam próximos às regiões HII e resultam do colapso de estrelas massivas ($M < 25M_{\odot}$). Embora esses remanescentes de supernova também sejam ionizados pela interação com o meio interestelar, são principalmente ionizados pela interação da frente de choque com o material estelar expelido antes da explosão. Pup A e Cassiopéia A são bons exemplos.

Remanescentes de Supernova do tipo *plerionic-composite* apresentam uma forma do tipo casca, ou casca parcial, mas com centro preenchido. Preenchido significa

²*Plerions* deriva do grego, “pleres”, que significa “cheio”, “preenchido”.

dizer que o material próximo ao centro é ionizado por alguma fonte de radiação. Assim, as cascas brilham pela expansão da frente de choque e o centro deriva sua energia da energia rotacional perdida pelo remanescente estelar, uma estrela de nêutrons. A nebulosa do Caranguejo é o objeto modelo dessa classe, tendo sido inclusive o único representante por muitos anos.

Os remanescentes de supernova evoluídos (tipo *evolved*) apresentam cascas parciais e baixas taxas de expansão da frente de choque, por volta de 50 a 200 km s⁻¹. Suas linhas de emissão resultam da frente de choque em expansão pelo meio interestelar. Representam o estágio final na evolução dos demais tipos de remanescentes de supernova, onde cascas parciais ainda são geradas pela frente de choque, até que estejam completamente fundidos ao meio interestelar e desapareçam sem brilhar.

Com estudos posteriores mais detalhados, viu-se que alguns remanescentes de supernova não se ajustam em nenhuma das classes já citadas. Esses objetos não usuais têm forma geral do tipo casca, mas são significativamente alterados pela atividade de uma fonte central compacta, normalmente emitindo raios X; são os remanescentes de supernova centralmente influenciados.

Resumidamente, as supernovas do tipo Ia dão origem aos remanescentes de supernova do tipo *balmer-dominated*, as do tipo Ib aos *oxygen-rich* e as do tipo II aos *plerionic-composite*. Todos os três tipos de jovens remanescentes de supernova então dissipam-se no meio interestelar, apresentando cascas parciais fracas, e se tornam remanescentes de supernova “evoluídos”, cujas propriedades observacionais dependem principalmente das características do meio em que estão inseridos.

Os remanescentes de supernova centralmente influenciados representam uma classe de objetos que não se comportam nem como uma casca pura, ou um “plerion” puro, nem como misto de casca e “plerion”, nem como remanescentes de supernova evoluídos. Possuem sim, uma forma geral de casca, alterada pela fonte central. No entanto, mais estudos são necessários para maiores conclusões. (Weiler e Sramek, 1988)

1.3 Processos Físicos em Nebulosas Ionizadas

Os processos físicos que ocorrem no interior de nebulosas ionizadas são, a grosso modo, os mesmos para regiões HII, nebulosas planetárias e remanescentes de supernova. Basicamente são os processos de *fotoionização*, *recombinação*, *excitação colisional*, *desexcitação radiativa* e de *colisões elásticas* entre os elétrons livres (Os-

terbrock e Ferland, 2006).

Como já foi discutido na seção anterior, em alguns remanescentes de supernova, a fonte de ionização é a radiação sincrotrônica do remanescente estelar. Nesse caso, a matéria constituinte das nebulosas é ionizada pelo processo ordinário de fotoionização. Em outros, a ionização é colisional, resultante da conversão de energia cinética dos filamentos em expansão pelo espaço em energia térmica. Ainda é possível que ambos mecanismos estejam presentes na ionização dos remanescentes de supernova. Os demais processos físicos, como a recombinação, as desexcitações radiativas e as colisões entre elétrons livres ocorrem em todas as nebulosas ionizadas, diferindo apenas na intensidade com a qual são percebidos.

Na *fotoionização* um átomo qualquer absorve fótons ionizantes e libera elétrons com energia cinética igual à diferença entre a energia do fóton incidente e o potencial de ionização do átomo. Com isso, há a criação de duas partículas (elétron livre e íon) no lugar de apenas uma (átomo neutro). E então, é possível a ocorrência de novos processos, como a recombinação ou as colisões inelásticas entre elétrons ou entre elétrons e íons.

No processo inverso à fotoionização, a *recombinação*, ocorre a captura dos fotoelétrons e a conseqüente emissão de fótons com energias iguais à diferença da energia cinética do elétron e a energia do nível para o qual o elétron foi capturado. Após a captura, os elétrons decaem sucessivamente para níveis de energia mais baixos até que atinjam o estado fundamental, emitindo ao longo dessa trajetória fótons com energias específicas que dão origem às conhecidas linhas de recombinação. O H e o He, os elementos mais abundantes, são os principais responsáveis pela emissão das linhas de recombinação que permeiam todo o espectro das nebulosas.

No entanto, as linhas de recombinação do H e He não são as únicas linhas intensas que estão presentes nos espectros das nebulosas, nem mesmo são as mais intensas nos remanescentes de supernova. Nos remanescentes de supernova as linhas mais intensas normalmente são as “linhas proibidas”, como as do [N II], do [O III] ou do [S II], resultantes de transições que não são detectadas em laboratórios terrestres. Quando os elétrons livres colidem com outros íons e não possuem energia suficiente para causar uma nova ionização, acabam elevando os elétrons do íon para níveis de energia mais elevados, resultando, após algum tempo, em novas linhas de emissão, chamadas linhas de *excitação colisional*. Sempre que esses íons forem excitados colisionalmente para subníveis metaestáveis, a *desexcitação radiativa* desses níveis produzirá as chamadas linhas proibidas. Esse mecanismo só pode ocorrer em ambientes de densidades extremamente baixas, onde as condições físicas tornam despresíveis

desexcitações colisionais desses níveis, tornando-se possível a transição radiativa, produzida em transições do tipo quadripolo elétrico ou monopolo magnético.

O último dos processos citados é a *colisão inelástica* entre os elétrons livres presentes nas nebulosas. No caso de nebulosas típicas, esses elétrons são liberados pela fotoionização, mas no caso dos remanescentes de supernova, eles podem ser liberados pela colisão entre a frente de choque em expansão e as partículas do meio interestelar. Em ambos os casos, os elétrons liberados colidem frequentemente entre si. Embora as nebulosas não estejam em equilíbrio termodinâmico, os elétrons livres movem-se segundo uma distribuição maxwelliana de velocidades, para a qual se associa uma temperatura: a temperatura eletrônica.

Embora a fonte de ionização de alguns remanescentes de supernova não seja a mesma que das demais nebulosas ionizadas (a fotoionização), eles podem ser tratados fisicamente como objetos semelhantes e, portanto, toda a análise espectroscópica aplicada às regiões H II ou nebulosas planetárias pode ser aplicada aos remanescentes de supernova. Porém, é preciso levar em consideração algumas diferenças no grau de ionização dos elementos presentes nas nebulosas ordinárias e nos remanescentes de supernova ionizados pela frente de choque.

1.4 Sobre RCW 103

RCW 103³ (G332.4–0.4) é um jovem remanescente de supernova galáctico localizado na constelação do Esquadro e centrado sobre as coordenadas do sistema equatorial $\alpha=16^h17^m33^s$ e $\delta=-51^\circ02'$ (J2000). Westerlund e Mathewson (1966) obtiveram o primeiro espectro ótico desse objeto, sob o qual identificaram fortes linhas proibidas do [SII] e do [NII], confirmando que RCW 103 seria mesmo um remanescente de supernova. Além disso, devido a sua presença em associação com estrelas jovens, eles sugerem que RCW 103 seria o remanescente de uma explosão de supernova do tipo II. Danziger e Dennefeld (1974) também mediram essas linhas e encontraram intensidades relativas à $H\alpha$ características de remanescentes de supernova. RCW 103 é um objeto com alto brilho superficial e com uma estrutura de filamentos em expansão, avançando cerca de $1,8'' \pm 0,2''$ a cada 25 anos, que resulta em uma velocidade de expansão de aproximadamente 1100 km s^{-1} se a distância adotada for de 3,3 kpc (Carter *et al.*, 1997). Na faixa de rádio, apresenta uma

³Nome do remanescente de supernova de coordenadas Galácticas G332.4–0.4 segundo catálogo de Rodgers, Campbell e Whiteoak (1960)

estrutura de casca quase circular e completa, com diâmetro de aproximadamente $9'$ (Caswell *et al.*, 1975). No ótico, existem duas regiões filamentosas mais brilhantes, localizadas a Noroeste e a Sudeste, conforme a figura 1.1, que coincidem com as regiões mais brilhantes visualizadas também nas faixas de rádio e raios X (ex. Dickel *et al.*, 1996). Na figura 1.2 pode-se visualizar essa correspondência para a faixa de raios X, como acontece também em rádio. A forma relativamente circular desse objeto e o fato de que não tem sido significativamente distorcido pelo meio interestelar em que se expande, são indicativos de que se trata de um remanescente de supernova jovem, embora exista uma nuvem molecular ao Sul com a qual está interagindo. A nuvem molecular foi observada por Oliva *et al.* (1990) na linha $2,122 \mu\text{m}$ do H_2 e, mais recentemente, por Paron *et al.* (2004) por meio da observação de linhas de transição rotacional do HCO^+ e do ^{12}CO . Dickel *et al.* (1996) e Carter *et al.* (1997) estimam, respectivamente, que o remanescente possui cerca de 1000 ou 2000 anos.

Tuohy e Garmire (1980) detectaram a presença de uma fonte puntiforme de raios X, 1E 161348–5055.1, localizada no centro geométrico do objeto. Acredita-se ser uma estrela de nêutrons de temperatura muito elevada⁴, produzida pela explosão da supernova. Com isso, a estrela de nêutrons poderia ser o remanescente estelar da explosão de uma supernova do tipo II ou ainda de uma supernova do tipo Ib (Carter *et al.* 1997).

Muitas medidas da distância desse objeto têm sido feitas ao longo do tempo e por diferentes métodos, com os quais encontraram-se valores que variam de cerca de 3 a 9 kpc. Da associação com estrelas OB, Westerlund (1969) estimou uma distância de 3,9 kpc, que resultaria em um diâmetro de cerca de 7 pc. Caswell *et al.* (1975), pela linha de absorção do Hidrogênio em 21 cm, mediram a distância cinemática de 3,3 kpc, que corresponde a uma velocidade radial de -44 km s^{-1} e um diâmetro de $\sim 8,6 \text{ pc}$ (considerando o tamanho angular de $9'$). Leibowitz e Danziger (1983), da extinção visual que obtiveram, $A_V=4,5$ magnitudes, estimaram uma distância de 6,6 kpc. No entanto, de acordo com Guseinov *et al.* (2004), na direção de RCW 103, a extinção galáctica média é de 6,3 magnitudes. Com estudos de nuvens moleculares ao redor de RCW 103, Paron *et al.* (2004) estimaram uma distância cinemática de 3,3 kpc, resultante de uma velocidade radial de $\sim -48 \text{ km s}^{-1}$. Entre todas essas

⁴Se realmente for uma estrela de nêutrons, possui uma temperatura superficial de corpo negro de $\sim 2,0 \times 10^6$ (Tuohy e Garmire, 1980). Recentemente, de observações com o XMM-Newton, De Luca *et al.* (2006) detectaram uma periodicidade de $6,67 \pm 0,03$ horas no fluxo de raios X dessa fonte. Assim, esse objeto ainda poderia ser um sistema binário de baixa massa remanescente do evento de supernova ou ainda um magnetar com um campo magnético muito alto.

estimativas a mais utilizada é a de aproximadamente 3,3 kpc, adotada por exemplo por Tuohy e Garmire (1980), Green (2004) e Carter *et al.* (1997).

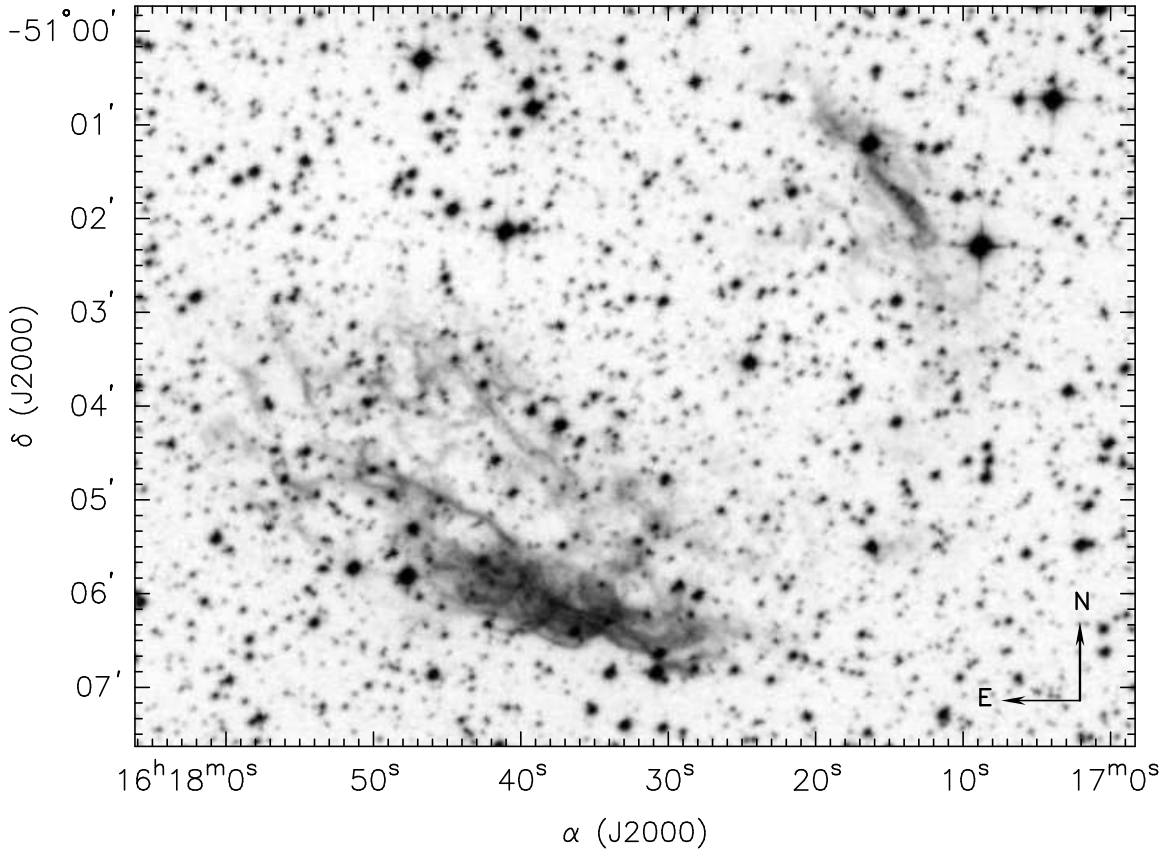


Figura 1.1: Imagem óptica de RCW 103 na banda R, número 225, obtida do *Digitized Sky Survey 2* e observada pelo programa de observação do *Anglo-Australian Observatory*. Localizada através do *software* astronômico Aladin do *Centre de Données astronomiques de Strasbourg* (<http://aladin.u-strasbg.fr>).

A partir de estudos espectrofotométricos cobrindo a faixa espectral de 3700 a 6900 Å, Leibowitz e Danziger (1983) mediram as intensidades relativas de cerca de trinta diferentes linhas de emissão em cinco pontos específicos da nebulosa, como as linhas do He I, He II, [Ne III], [Fe II], [Fe III], [O I], [O II], [O III], [S II] e as linhas da série de Balmer. Do espectro integrado, obtiveram uma extinção média $C(H\beta)=2,09$ e uma razão para as linhas do duplete do [S II] $\lambda 6717/\lambda 6731$ de $\sim 0,79$, resultando em uma densidade eletrônica de aproximadamente 1400 cm^{-3} . Dopita *et al.* (1980) e Leibowitz e Danziger (1983) encontraram abundâncias quase solares para O, N, Ne e He. No entanto, segundo Guseinov *et al.* (2004), há uma sobreabundância de Nitrogênio.

Devido as suas propriedades morfológicas, e apesar de se apresentar como um remanescente de supernova razoavelmente normal do tipo casca, RCW 103 é de difícil classificação. Isso porque contém uma fonte pontual de raios X, algo incomum entre remanescentes de supernova usuais (Weiler e Sramek, 1988). Caso se confirme que a fonte de raios X seja capaz de afetar a nebulosa, ao menos em regiões mais próximas ao centro, RCW 103 poderia ser classificado como um remanescente de supernova do tipo centralmente influenciado.

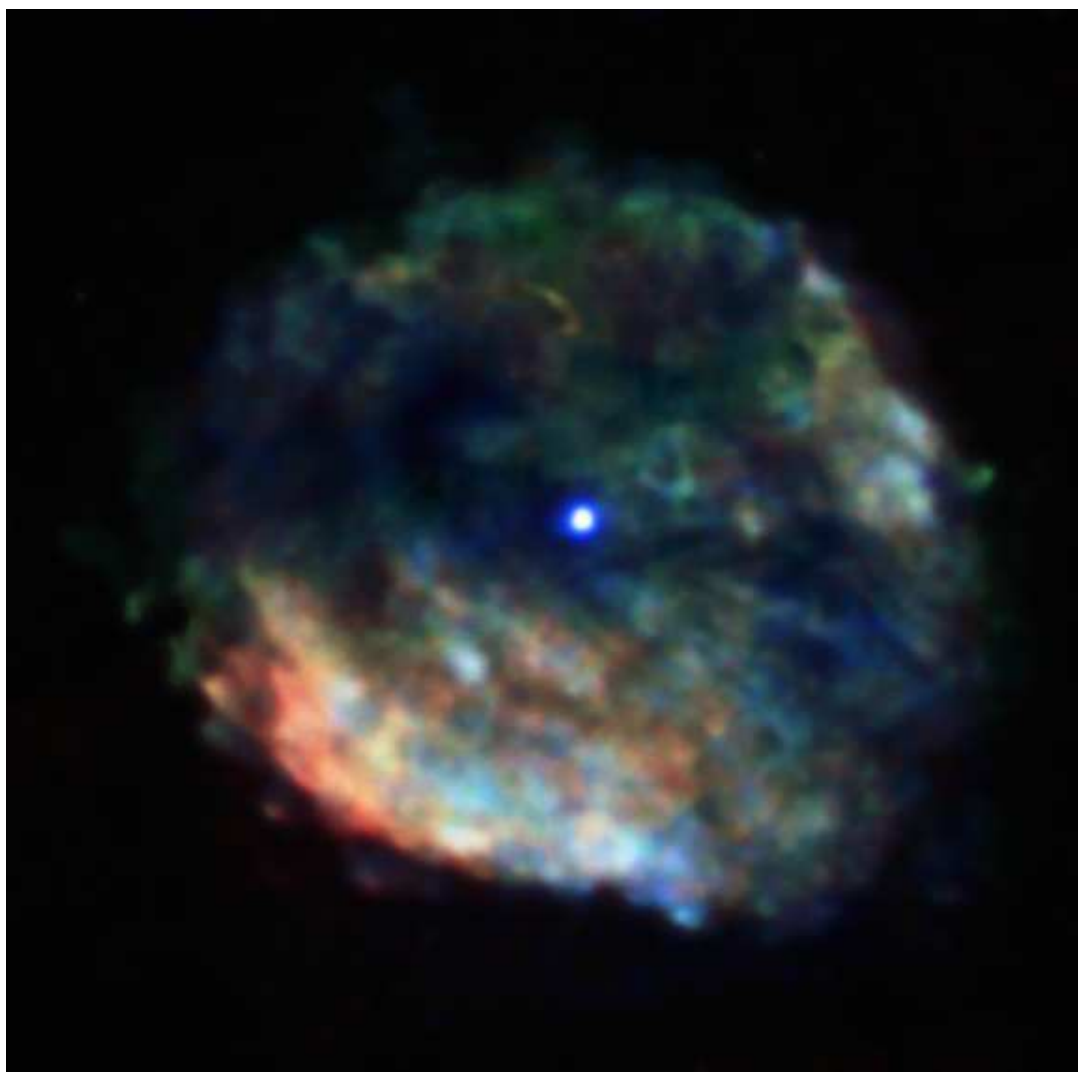


Figura 1.2: Imagem de RCW 103 obtida do *X-ray Observatory Chandra* na faixa de raios X. O Leste aponta para a esquerda da figura e o Norte para cima. (Crédito: NASA/CXC/Penn State/Garmire, G. *et al.*, 2006.)

1.5 Motivação e Objetivos deste Estudo

As supernovas e os remanescentes de supernova têm recebido atenção especial nos últimos anos, desde que se detectou o evento extragaláctico SN 1987A⁵. Tradicionalmente estudos observacionais desses objetos se dão em ondas de rádio, e mais recentemente, por meio de telescópios espaciais de raios X. Como já foi citado na seção 1.2, apenas um quarto dos cerca de 230 remanescentes de supernova galácticos catalogados são detectados no ótico. No entanto, a análise do espectro ótico fornece informações essenciais sobre esses objetos, como a temperatura e a densidade eletrônica. Esses são parâmetros físicos indispensáveis no estudo de nebulosas ionizadas, uma vez que medidas precisas possibilitam a interpretação do espectro de emissão, bem como o cálculo de composição química. Além disso, medidas dos fluxos e perfis de linhas podem fornecer informações a respeito do movimento interno desses objetos, do movimento do objeto com um todo, da massa ou ainda da energia associada aos eventos de supernovas.

Os trabalhos observacionais encontrados na literatura limitam-se em sua grande maioria a apresentar dados integrados de remanescentes de supernova extragalácticos ou então de partes específicas de objetos galácticos. No entanto, os remanescentes de supernova apresentam estruturas irregulares e grandes inomogeneidades em suas propriedades físicas e, portanto, informações importantes são perdidas em medidas integradas ou com pouca resolução espacial (Leibowitz e Danziger, 1983).

Por tudo isso, no presente trabalho, realiza-se um estudo observacional de algumas propriedades físicas e cinemáticas do remanescente de supernova RCW 103, para o qual confeccionaram-se mapas bidimensionais do fluxo em $H\alpha$, da densidade eletrônica, da velocidade radial e da largura a meia altura da linha $H\alpha$. No capítulo 2, apresenta-se um resumo dos procedimentos observacionais utilizados para obtenção dos dados e dos procedimentos de tratamento e redução dos dados. No capítulo 3, apresentam-se os mapas do fluxo em $H\alpha$ e da densidade eletrônica, ambos com uma resolução espacial de aproximadamente $4,6'' \times 5''$, além dos mapas de velocidade radial LSR e da largura da linha $H\alpha$, com resolução de cerca de $2,3'' \times 5''$. Além disso, são apresentadas algumas estatísticas das propriedades físicas medidas.

No capítulo 4, são apresentadas estimativas da massa de matéria ionizada da região observada, da distância cinemática e da energia associada à dispersão de velocidades do plasma. No capítulo 5, são apresentadas as conclusões e algumas

⁵Evento de supernova registrado na Grande Nuvem de Magalhães. Foi o evento de supernova mais próximo desde a supernova galáctica SN 1604 (supernova de Kepler), sendo visível a olho nu.

considerações finais. Por fim, nos apêndices, são apresentadas as tabelas com todos os valores das propriedades físicas medidas que foram utilizados para a confecção dos mapas.

Capítulo 2

Observação e Redução dos Dados

2.1 Observação

Entre os anos de 2004 e 2007, no Observatório Pico dos Dias (OPD), Brazópolis, MG, foram realizadas observações espectroscópicas de fenda longa do remanescente de supernova RCW 103. Nos primeiros dois anos, as observações foram conduzidas pelo Prof. Dr. Marcus Copetti, com o auxílio de David Sanmartim, no ano de 2004, e Aline Beatriz Rauber, no ano de 2005 (ambos alunos de iniciação científica nos referidos períodos). Em 2006 e 2007, as observações foram realizadas por David Sanmartim. As observações caracterizam-se por tempos de exposição que resultaram em alta relação sinal/ruído, imprescindível para uma apreciável confiabilidade das medidas. No entanto, limitaram-se os tempos de integração para que as imagens não fossem afetadas com excesso de raios cósmicos.

As observações espectroscópicas de fenda longa utilizadas neste trabalho foram realizadas com o auxílio do espectrógrafo Cassegrain acoplado ao telescópio Perkin-Elmer de 1,6 m do OPD. Foi utilizado o detector CCD Site de 2048×2048 pixels e uma rede de 1200 linhas mm^{-1} , resultando em uma escala espacial de $0,51'' \text{pxl}^{-1}$, uma escala de dispersão de $0,5 \text{ \AA} \text{pxl}^{-1}$ e uma resolução média de $2,3 \text{ \AA}$, cobrindo uma faixa espectral de 6000 a 7000 \AA . Nessa faixa é possível medir as linhas do oxigênio [OI] $\lambda 6300$ e [OI] $\lambda 6364$, a linha $H\alpha$ e os dubletos [N II] $\lambda\lambda 6548, 6584$ e [S II] $\lambda\lambda 6717, 6731$, conforme verifica-se na figura 2.2. A fenda esteve orientada na direção Leste-Oeste, com tamanho angular projetado sobre o céu de aproximadamente $300'' \times 1,5''$. Com essa configuração varreu-se a nebulosa com exposições a cada $5''$ em

declinação, desde 20'' ao Sul (20'' S) até 45'' ao Norte (45'' N) da estrela 2MASS 16173141-5106133 ($\alpha = 16^{\text{h}}17^{\text{m}}31,41^{\text{s}}$ e $\delta = -51^{\circ}06'13,30''$, J2000), tomada como referência de posição em declinação. Além disso, foram realizadas três exposições 270'' ao Norte da estrela de referência, em região diametralmente oposta as demais exposições, sob o Noroeste de RCW 103.

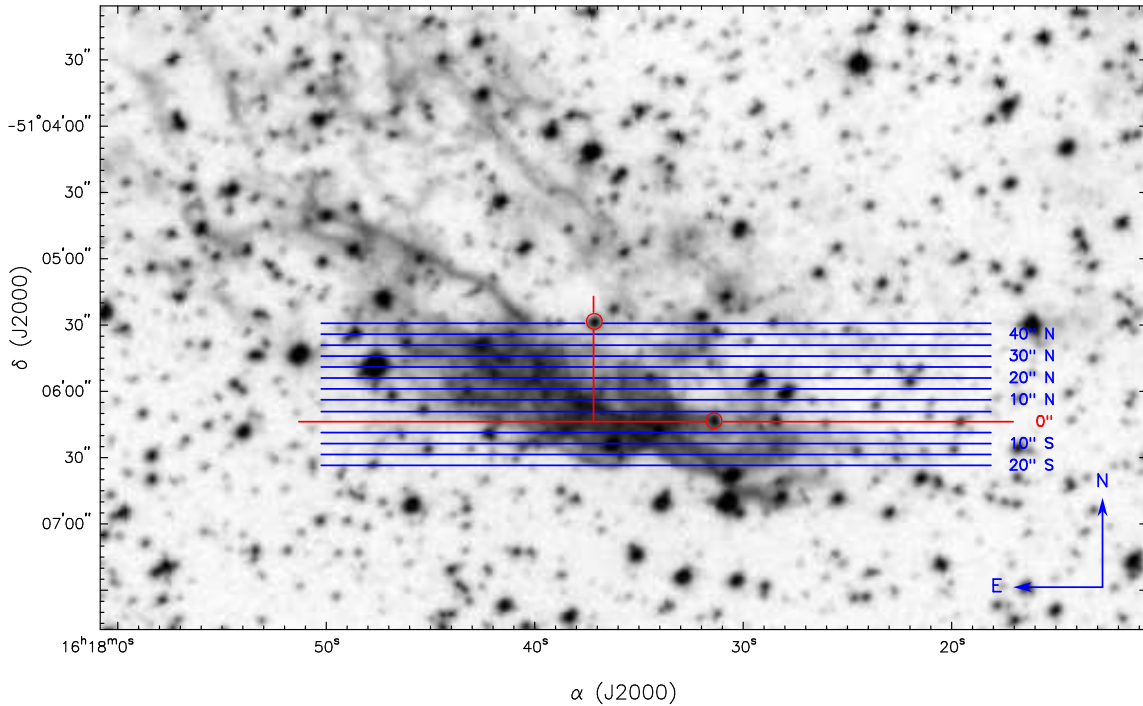


Figura 2.1: Representação esquemática das posições e orientação da fenda ao longo de RCW 103. Cada posição da fenda é medida a partir da declinação da estrela de referência, indicada entre o círculo na posição de fenda em 0''. O círculo sob a reta vertical, 45'' ao Norte da estrela de referência, indica a estrela de centragem da fenda. (Mesma imagem apresentada na figura 1.1).

Na tabela 2.1, são apresentadas as informações dos turnos de observação, onde as colunas apresentam a declinação $\Delta\delta$ da fenda em relação à estrela de referência, a data de observação, a quantidade de espectros obtidos e o tempo de exposição de cada um deles. Na figura 2.1, são apresentadas as posições da fenda ao longo do remanescente de supernova, dadas segundo a declinação $\Delta\delta$ em relação à estrela de referência.

Para o processo de tratamento das imagens e posteriores calibrações, em comprimento de onda e em fluxo, foram realizadas exposições de algumas imagens auxi-

Tabela 2.1: Registro das observações espectroscópicas.

$\Delta\delta$	Data	Exposição (s)	$\Delta\delta$	Data	Exposição (s)
20" S	08 Abr 2005	1 × 1 200	20" N	07 Abr 2005	1 × 1 200
	11 Abr 2005	2 × 1 200		08 Abr 2005	1 × 1 200
15" S	08 Abr 2005	1 × 1 200		11 Abr 2005	1 × 1 200
	11 Abr 2005	1 × 1 200	25" N	09 Abr 2005	2 × 1 200
	16 Abr 2007	1 × 1 200		11 Abr 2005	1 × 1 200
10" S	24 Abr 2004	1 × 1 200	30" N	08 Abr 2005	1 × 1 200
	15 Abr 2007	1 × 1 200		11 Abr 2005	1 × 1 200
	16 Abr 2007	1 × 1 200		24 Abr 2006	1 × 1 200
5" S	08 Abr 2005	1 × 1 200	35" N	09 Abr 2005	1 × 1 200
	10 Abr 2005	1 × 1 200		11 Abr 2005	1 × 1 200
	16 Abr 2007	1 × 1 200		24 Abr 2006	1 × 1 200
0"	23 Abr 2004	3 × 1 200	40" N	08 Abr 2005	1 × 1 200
5" N	08 Abr 2005	1 × 1 200		10 Abr 2005	1 × 1 200
	10 Abr 2005	1 × 1 200	11 Abr 2005	1 × 1 200	
	16 Abr 2007	1 × 1 200	45" N	11 Abr 2005	1 × 1 200
10" N	24 Abr 2004	3 × 1 200		24 Abr 2006	2 × 1 200
15" N	09 Abr 2005	1 × 1 200	270" N	23 Abr 2004	3 × 1 200
	11 Abr 2005	1 × 1 200			
	16 Abr 2007	1 × 1 200			

liares. Para as correções do CCD, foram realizadas exposições de *flat-field* e de *bias* no início e fim de cada noite, em número aproximado de 5 a 10 e de 30 a 40, respectivamente. Para a calibração em comprimento de onda, foram realizadas exposições da lâmpada de Ne-Ar antes e depois da exposição de cada objeto, visto que possuem padrão de linhas conhecido e tabelado. Para a calibração em unidades de fluxo ($\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$), foram obtidos espectros de estrelas padrão, citadas na tabela 2.2 e escolhidas conforme conveniência de data, hora e distância em ascensão reta e declinação ao objeto de estudo.

As exposições de RCW 103, tomadas em posições com passos de 5" em declinação a partir da estrela de referência, foram centradas em ascensão reta sobre o meridiano que passa sobre a estrela 2MASS 16173719–5105284 ($\alpha=16^{\text{h}}17^{\text{m}}37,19^{\text{s}}$ e $\delta=-51^{\circ}05'28,4''$, J2000), distante 45" ao Norte da estrela de referência. Assim, além da estrela de referência para as diferentes declinações da fenda, há uma segunda estrela usada como referência de centragem da fenda em ascensão reta, denominada, ao longo deste trabalho, como estrela de centragem. Com esse procedimento, evita-se um desalinhamento excessivo na direção Leste-Oeste entre as exposições realizadas

com declinações e em datas diferentes, o que torna-se um facilitador na hora de alinhar todos os espectros e formar os mapas de propriedades físicas.

Tabela 2.2: Estrelas padrão utilizadas para calibração em unidades de fluxo.

Padrão	α	δ	Época
HR 3454	08 ^h 42 ^m 28 ^s	03°27'06"	1985
HR 4468	11 ^h 35 ^m 56 ^s	-09°43'18"	1985
HR 4963	13 ^h 09 ^m 11 ^s	-05°27'42"	1985
HR 5501	14 ^h 45 ^m 30 ^s	00°43'02"	2000
HR 7596	19 ^h 53 ^m 57 ^s	00°14'36"	2000

2.2 Redução dos Dados

Todo o procedimento de redução dos dados foi realizado com o auxílio do *software* de análise e redução de imagens astronômicas IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*). Por meio do IRAF, foram realizadas todas as correções padrão de *bias*, *flat-field* e remoção de raios cósmicos, além dos processos de extração de espectros unidimensionais, calibrações em comprimento de onda, calibrações em unidades de fluxo e análise dos espectros resultantes. Esta seção trata de descrever todo o procedimento de redução, até que se obtenham espectros calibrados e prontos para a análise, que será apresentada nos próximos capítulos.

Nessa etapa, de tratamento das imagens, trabalha-se com imagens bidimensionais, os chamados *frames*, sob os quais realizam-se todos os procedimentos de redução relativos ao CCD. Inicialmente, analisando os *frames* de *flat-field* através da rotina *implot*, determina-se a área da imagem que contém dados úteis e a região de *overscan*. Com isso, excluem-se as bordas das imagens, onde há uma variação muito grande de resposta dos pixels, excluindo-se também as colunas que contém o nível de pedestal eletrônico do CCD. Esse processo de corte e remoção da região de *overscan* foi realizado sobre todas as imagens: *bias*, *flat-field*, lâmpada de Ne-Ar, estrelas padrão e objeto.

Uma vez determinada a região útil das imagens e após a obtenção de um *bias* médio, com o auxílio da rotina *ccdproc*, o primeiro passo foi remover os efeitos aditivos do nível de *bias*, ajustados ao longo das colunas, utilizando-se o *bias* da região de *overscan*. Nesse ponto, também efetivou-se o seccionamento da região

útil determinada anteriormente. O segundo passo, ainda sobre a rotina *ccdproc*, foi remover os efeitos multiplicativos de ganho, píxel a píxel. Foi usada uma média das exposições de *flat-field* para realizar a divisão e remover esses efeitos. Essa correção foi aplicada sobre as imagens da lâmpada de Ne-Ar, das estrelas padrão e sobre os objetos. Antes da divisão, por meio da rotina *response*, no intuito de preservar o nível de contagens e corrigir variações de sensibilidade do CCD ou mesmo variações devidas à própria emissão da lâmpada usada, esta imagem foi normalizada. Com esses procedimentos e a remoção interativa de raios cósmicos, via rotina *imedit*, o tratamento básico das imagens foi finalizado, restando ainda a extração dos espectros unidimensionais e as calibrações.

O procedimento todo de extração de espectros unidimensionais foi realizado utilizando-se a rotina *apall* do pacote *noao.twodspec.apextract*, com a qual foram definidos os tamanhos de abertura e as funções de traço de cada espectro bidimensional. A função de traço é um ajuste para o desalinhamento do espectro ao longo do eixo de dispersão. No caso dos espectros do objeto, foram extraídos espectros unidimensionais com duas configurações diferentes de aberturas: (1) aberturas com tamanho aproximado de 9 píxels, equivalente a aproximadamente 4,6", para a confecção dos mapas de densidade eletrônica e de fluxo em H α e (2) aberturas de aproximadamente 2,3", ou 4,5 píxels, para os mapas de velocidade radial LSR e da largura a meia altura da linha H α (FWHM). Dessa forma, o processo de extração possibilitou mapas com resolução de 4,6" \times 5", no primeiro caso, e de 2,3" \times 5", no segundo. A opção por uma maior resolução no segundo caso é para a identificação mais precisa de filamentos de material em expansão no mapa de velocidade radial.

Das exposições realizadas desde 20" S até 45" N, em passos de 5", foi obtido um total de 14 espectros bidimensionais, seccionados em 65 aberturas para o primeiro caso, e 130, para o segundo. Logo, são 910 e 1820 espectros unidimensionais para serem medidos em cada caso, respectivamente. Para que todas essas medidas, abertura por abertura, e em cada posição da fenda, fossem coerentes umas com as outras, no que diz respeito ao alinhamento nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste da nebulosa, foi utilizada a estrela de centragem. Fixou-se a abertura sobre a estrela de centragem em ascensão reta como a abertura de número x , de forma que todas as demais exposições estivessem alinhadas a essa abertura através de uma triangulação de estrelas, possibilitando estimar o quanto as demais exposições estariam deslocadas da abertura de centragem. Para o primeiro caso, x foi igual a 30 e, para o segundo, igual a 60. Assim, em cada declinação da fenda, todas as aberturas de onde extrairam-se espectros unidimensionais foram definidas em relação à posição

da estrela de centragem, de forma que todos os espectros unidimensionais estão devidamente alinhados em ascensão reta e correspondem ponto a ponto às regiões adjacentes da nebulosa. As exposições realizadas em $\Delta\delta = 270''$ N foram reduzidas da mesma forma que as demais, no entanto não fazem parte dos mapas de propriedades físicas.

Os últimos passos na redução dos dados foram os procedimentos de calibração em comprimento de onda e em fluxo. Para a calibração em comprimento de onda, extraíram-se espectros unidimensionais de cada espectro bidimensional da lâmpada de Ne-Ar. Esses espectros unidimensionais, visto que há uma exposição antes e depois de cada objeto, foram extraídos com as mesmas configurações de tamanhos de aberturas e função de traço dos objetos a que se referem. Utilizando-se as rotinas *identify* e *reidentify*, identificaram-se, através de dados tabelados, as linhas de emissão presentes nos espectros de comparação, ajustando-se então uma função de dispersão para cada um desses espectros. Indicando no cabeçalho de cada imagem de objeto quais eram os seus espectros de comparação, bastou então proceder a calibração em comprimento de onda, aplicada sobre os espectros de RCW 103 e das estrelas padrão por meio da rotina *dispcor*, a qual efetivamente aplica a função de dispersão.

Antes da calibração em fluxo, com o auxílio da rotina *setairmass*, realizou-se o cálculo da massa de ar para cada exposição das estrelas padrão. Isso possibilita, juntamente com a curva de extinção atmosférica local, extrair efeitos atmosféricos dos espectros a serem calibrados. Para cada estrela padrão, via rotina *standard*, gerou-se um arquivo contendo os seus fluxos absolutos e as respectivas contagens ao longo do eixo de dispersão. Dessa forma, foi possível determinar interativamente a função de sensibilidade, ajustada através da rotina *sensfunc*. Por fim, com a rotina *calibrate*, aplicou-se a correção atmosférica e a função de sensibilidade, obtendo-se espectros calibrados em unidades de fluxo absoluto.

Conforme a tabela de registro das observações (tabela 2.1), foram realizadas até 3 exposições por declinação $\Delta\delta$ e, por isso, os espectros unidimensionais de cada posição foram combinados. Por meio da rotina *scombine* somaram-se as contagens dos espectros unidimensionais não calibrados em fluxo e obteve-se a média para aqueles já calibrados. Assim, os espectros finais apresentam uma relação sinal/ruído otimizada. Na figura 2.2, um desses espectros unidimensionais é apresentado, ilustrando a alta relação entre o sinal e o ruído. Contrapondo esse espectro, apresenta-se a figura 2.3, mostrando uma região nebulosa com menor relação sinal/ruído, localizada na periferia do remanescente de supernova.

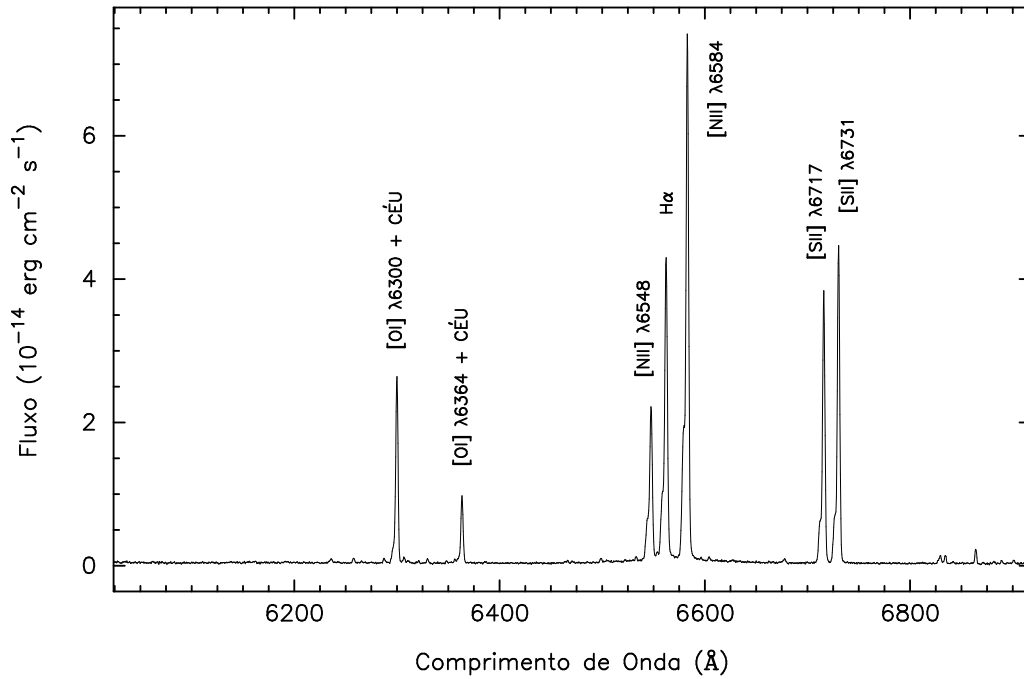


Figura 2.2: Espectro de emissão de RCW 103 com alto sinal/ruído. Trata-se do espectro obtido com a fenda orientada sobre a estrela de referência ($\Delta\delta = 0''$) e da abertura de número 26.

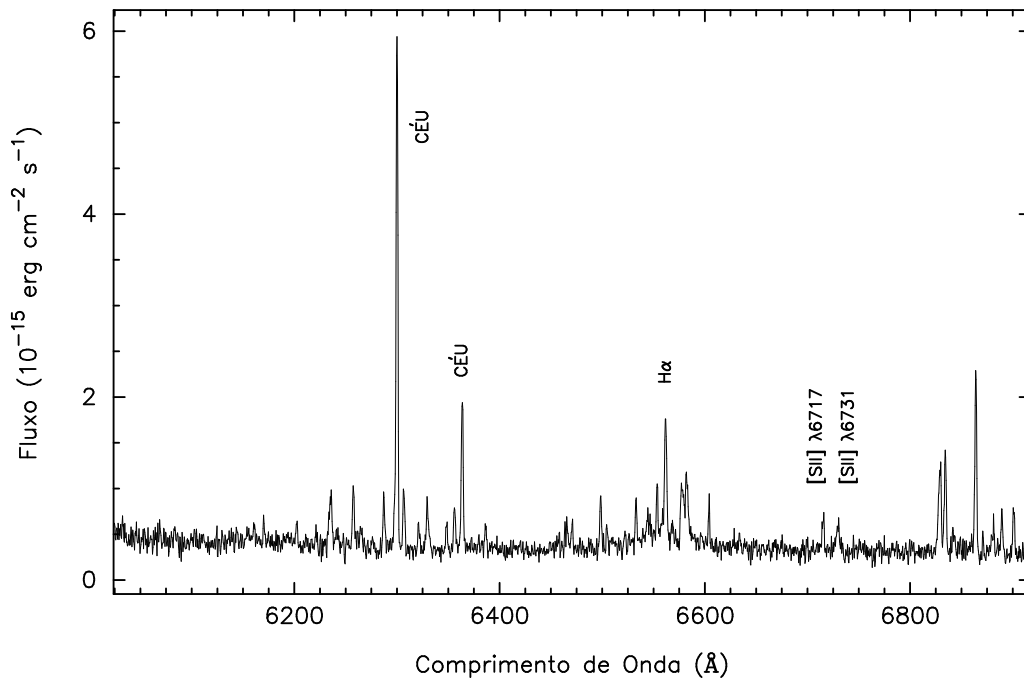


Figura 2.3: Espectro de emissão de RCW 103 com baixo sinal/ruído. Trata-se do espectro obtido com a fenda orientada sobre a estrela de referência ($\Delta\delta = 0''$) e da abertura de número 62.

Capítulo 3

Mapas das Propriedades Físicas

Ao longo deste capítulo, descreve-se e discute-se como foram realizadas as medidas das linhas de emissão e de seus erros estatísticos, os procedimentos adotados para a confecção de mapas de propriedades físicas e ainda algumas estatísticas dessas medidas.

De cada espectro unidimensional, mediram-se as linhas $H\alpha$, [SII] $\lambda 6717$ e [SII] $\lambda 6731$. Da linha $H\alpha$, foram medidas sua intensidade, o comprimento de onda central e sua largura a meia altura (FWHM). Do dubleto do [SII], bastou a mensuração das intensidades relativas entre as linhas $\lambda 6717$ e $\lambda 6731$, utilizadas como sensor de densidade eletrônica. Dessas medidas foram confeccionados mapas do fluxo de $H\alpha$, da densidade eletrônica, da velocidade radial, da largura de $H\alpha$ a meia altura e da razão das intensidades do dubleto do [SII] por $H\alpha$.

3.1 Densidade Eletrônica via Linhas Excitadas Colisionalmente

A determinação da densidade eletrônica média em uma nebulosa pode ser feita por diferentes métodos, desde aqueles baseados nas linhas de emissão do espectro infravermelho até aqueles que se utilizam das linhas de recombinação de rádio frequência, passando também pelo contínuo térmico e pelos métodos baseados na emissão de linhas excitadas colisionalmente, sejam do espectro ótico ou da região ultravioleta. Neste trabalho, mediu-se densidade eletrônica via linhas de emissão colisionalmente excitadas, mais especificamente utilizando-se o sensor de densidade

do duplete do íon S^+ , $[S II] \lambda 6717/\lambda 6731$. Outros exemplos de sensores de densidade são as razões $[Ne IV] \lambda 2422/\lambda 2424$, $[O II] \lambda 3729/\lambda 3726$, $[O II] \lambda 3729/\lambda 3726$, $[Ar IV] \lambda 4711/\lambda 4740$, $[N I] \lambda 5200/\lambda 5198$ e $[Cl III] \lambda 5517/\lambda 5537$; todas relativas a íons de configuração eletrônica p^3 , com diagramas de níveis de energia semelhantes ao da figura 3.1. No entanto, os melhores exemplos, e mais usados, são os sensores do $[O II]$ e do $[S II]$. O sensor do $[S II]$ apresenta algumas vantagens sobre o duplete do $[O II]$, como uma maior sensibilidade dos detectores CCD na região vermelha do espectro ótico e linhas relativamente bem espaçadas, que não exigem resolução espectral demasiadamente alta para serem resolvidas.

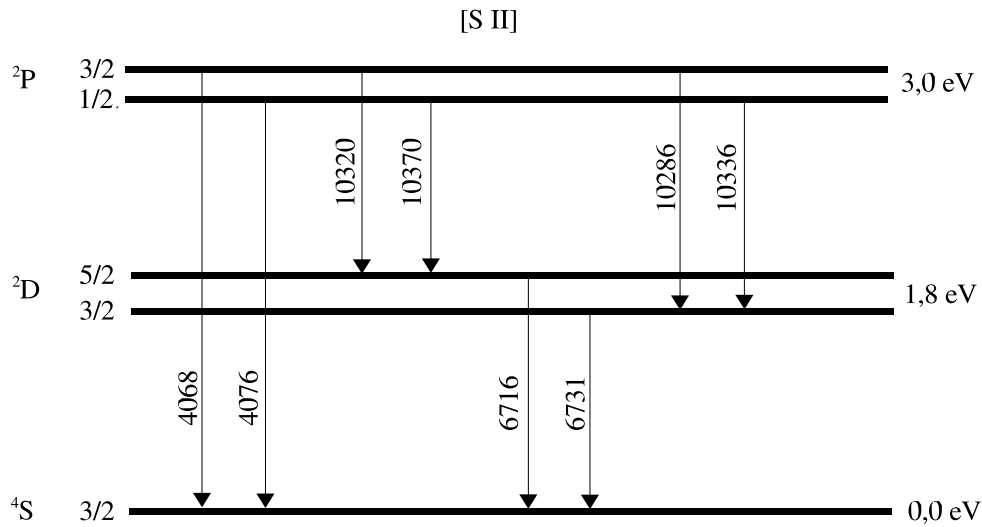


Figura 3.1: Diagrama dos níveis de energia da configuração $3p^3$ do $[S II]$, onde evidenciam-se os potenciais de excitação em unidades de eV.

Nesse método, a densidade eletrônica pode ser inferida da razão das intensidades de duas linhas de um mesmo íon, desde que possuam energias de excitação muito próximas, de forma que as taxas de excitação relativa dos dois níveis dependa unicamente das forças de colisão. Nesse caso, se as probabilidades de transição radiativa ou as taxas de desexcitação colisional das linhas são diferentes, a população relativa dos níveis e, por conseqüência, a razão das intensidades das linhas, dependerão fortemente da densidade eletrônica.

Entre os regimes de altas e baixas densidades, a dependência da razão das intensidades das linhas com a população relativa dos níveis, e logo com a densidade eletrônica é encontrada ao resolver a equação de equilíbrio estatístico do átomo de 5 níveis (Osterbrock e Ferland, 2006). Essa aproximação leva em conta o fato de que

níveis de energia mais altos do que aproximadamente 5 eV em íons do tipo p^3 não são significativamente preenchidos por colisões, recombinações ou outros mecanismos (De Robertis *et al.*, 1987). Dessa forma, para o sensor do [SII], uma vez que a razão das intensidades das linhas $\lambda 6717$ e $\lambda 6731$ é proporcional a razão das populações relativas dos níveis $^2D_{5/2}$ e $^2D_{3/2}$,

$$\frac{I(\lambda 6717)}{I(\lambda 6731)} = \frac{N(^2D_{5/2}) A_{\lambda 6717}}{N(^2D_{3/2}) A_{\lambda 6731}}, \quad (3.1)$$

encontra-se a densidade eletrônica resolvendo-se a equação de equilíbrio estatístico desses níveis. Para cada nível i , essas equações podem ser escritas como (Osterbrock e Ferland, 2006)

$$\sum_{j \neq i} n_j N_e q_{ji} + \sum_{j > i} n_j A_{ji} = \sum_{j \neq i} n_i N_e q_{ij} + \sum_{j < i} n_i A_{ij}, \quad (3.2)$$

onde n_j é a fração (por número) de íons com elétrons no nível j ; N_e é a densidade eletrônica (cm^{-3}); q_{ij} e q_{ji} são as taxas de excitação e desexcitação colisionais ($\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$) e A_{ij} (s^{-1}) são as probabilidades de transição radiativa do nível i para o nível j .

Alguns métodos para solução dessa equação são a aproximação analítica para o átomo de 5 níveis, como o método de Seaton e Osterbrock (1957 apud Mallmann, 1998) e a solução numérica de De Robertis *et al.* (1987). Para a aproximação analítica, Writzl (2000) encontrou a seguinte dependência da razão R_{SII} entre as intensidades das linhas do [SII] em relação à densidade eletrônica:

$$R_{\text{SII}} = \frac{I(\lambda 6717)}{I(\lambda 6731)} = 1,44 \left[\frac{1 + 3,98x}{1 + 12,83x} \right], \quad (3.3)$$

onde $x = 10^{-4} N_e / t^{1/2}$, $t = 10^{-4} T_e$ e T_e é a temperatura eletrônica. Devido às taxas de transição colisional, a razão das intensidades das linhas também deve depender ligeiramente da temperatura eletrônica, na ordem de $T_e^{1/2}$.

3.2 Efeito Doppler: Velocidade Radial e Dispersão de Velocidades

O deslocamento das linhas de emissão de nebulosas ionizadas (ou de qualquer fonte de radiação eletromagnética) com relação ao comprimento de onda de labo-

ratório, assim como o alargamento das mesmas, quando analisados no contexto do conhecido efeito Doppler, podem fornecer ou ajudar na obtenção de importantes propriedades físicas e dinâmicas desses objetos, como nas medidas de velocidade radial ou da dispersão de velocidades do movimento interno do plasma. Para nebulosas de emissão galácticas, por exemplo, assume-se um modelo de rotação para a Via-Láctea e, a partir de uma velocidade radial média, pode-se fazer uma estimativa da distância desses objetos. Distâncias determinadas por esse método são conhecidas como distâncias cinemáticas. Outra estimativa possível de se fazer é a energia cinética associada ao movimento interno, desde que se conheça a média da dispersão de velocidades presente no objeto e sua massa.

Quando uma linha de emissão de comprimento de onda de laboratório λ_0 é deslocada para o comprimento de onda λ medido na Terra pela quantidade $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$, associa-se à fonte uma velocidade radial v_r , que, para o caso não relativístico, é dada por

$$v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}, \quad (3.4)$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo. Quando o comprimento de onda medido desloca-se para valores maiores que λ_0 (“redshift”) é porque a fonte de radiação afasta-se do observador, caso em que se convencionou velocidades positivas. Do contrário, caso ocorra um deslocamento em direção ao azul (“blueshift”), a velocidade radial negativa deve indicar aproximação. É importante ressaltar que o efeito Doppler não relativístico não oferece qualquer informação a respeito das componentes do vetor velocidade que não estejam ao longo da linha de visada.

Da mesma maneira que o deslocamento das linhas indica o quanto a fonte como um todo move-se em relação ao observador, o alargamento das linhas é uma medida da dispersão de velocidades, quantificando como essas partículas movem-se umas em relação às outras. Tem-se que, ao longo da linha de visada, a formação de uma linha específica se dá pela soma de todas as componentes responsáveis pela sua emissão. Como cada uma das componentes desloca-se ou para o azul ou para o vermelho, a soma de todas as componentes resulta em uma linha alargada. Por isso, a dispersão de velocidades pode ser quantificada também através do efeito Doppler, como na relação acima, de forma que

$$\sigma_v = c \frac{\sigma_\lambda}{\lambda_0}, \quad (3.5)$$

onde σ_λ é a largura de um desvio padrão da linha. Ajustando-se um perfil gaussiano,

pode-se, de maneira equivalente, quantificar a dispersão de velocidades pela relação $\text{FWHM} = 2.355\sigma_\lambda$, onde FWHM (*Full Width at Half Maximum*) é a largura da linha a meia altura (Bevington e Robinson, 1992).

3.3 Intensidades das Linhas e Análise dos Erros

Por meio da rotina *splot* do IRAF foram medidas as intensidades das linhas de emissão pelo ajuste de perfis gaussianos às mesmas. Mais especificamente, utilizou-se o comando “d” dessa rotina, que ajusta uma gaussiana entre dois pontos da base do perfil e um centro inicial da linha, que são parâmetros de entrada fornecidos interativamente pelo usuário. Conforme já mencionado na seção 2.2, os mapas do fluxo de $\text{H}\alpha$ e da densidade eletrônica foram confeccionados com resoluções diferentes dos mapas de velocidade radial e da largura de $\text{H}\alpha$ a meia altura. Por isso, as medidas dos fluxos de $\text{H}\alpha$ e das linhas do duplete do [SII] foram realizadas em etapas diferentes das medidas do centro e da largura a meia altura de $\text{H}\alpha$. O procedimento de medida das linhas foi repetido 910¹ vezes para cada uma das três linhas ($\lambda 6717$, $\lambda 6731$ e $\text{H}\alpha$) em uma primeira etapa e 1820² vezes para $\text{H}\alpha$ na segunda etapa.

Em alguns pontos de RCW 103, seus espectros unidimensionais apresentam linhas de emissão com duas componentes, algo ainda não relatado em trabalhos anteriores, conforme levantado na pesquisa bibliográfica realizada. Dessa maneira, as propriedades físicas desses pontos apresentam-se também em duas componentes, como por exemplo, as componentes 1 e 2 da densidade eletrônica. No caso da velocidade radial, em que as linhas apresentam duas componentes, uma estará deslocada mais para o azul (componente 1) e outra mais para o vermelho (componente 2). O mesmo ocorre com a largura das linhas, resultado de uma largura total que indica alta dispersão de velocidades na nebulosa. Na figura 3.2, o espectro mostra as duas componentes das linhas do duplete do [SII].

Os erros para as medidas das intensidades das linhas de emissão foram determinados pela estimativa de erros de Poisson. Uma distribuição de Poisson considera que num total de n eventos, quando $n \rightarrow \infty$, apenas uma quantidade muito pequena deles são bem-sucedidos. O número total de eventos não é conhecido, apenas se tem uma estimativa da média de eventos bem-sucedidos por unidade de tempo (Bevington, 1992). Assim, o registro das contagens de um CCD é realizado segundo uma

¹910=14×65, onde 14 é o número de posições da fenda e 65 o número de espectros unidimensionais em cada posição. Nesse caso, a resolução dos mapas é de aproximadamente $4,6'' \times 5''$.

²1820=14×130. Nesse caso, a resolução dos mapas é de aproximadamente $2,3'' \times 5''$.

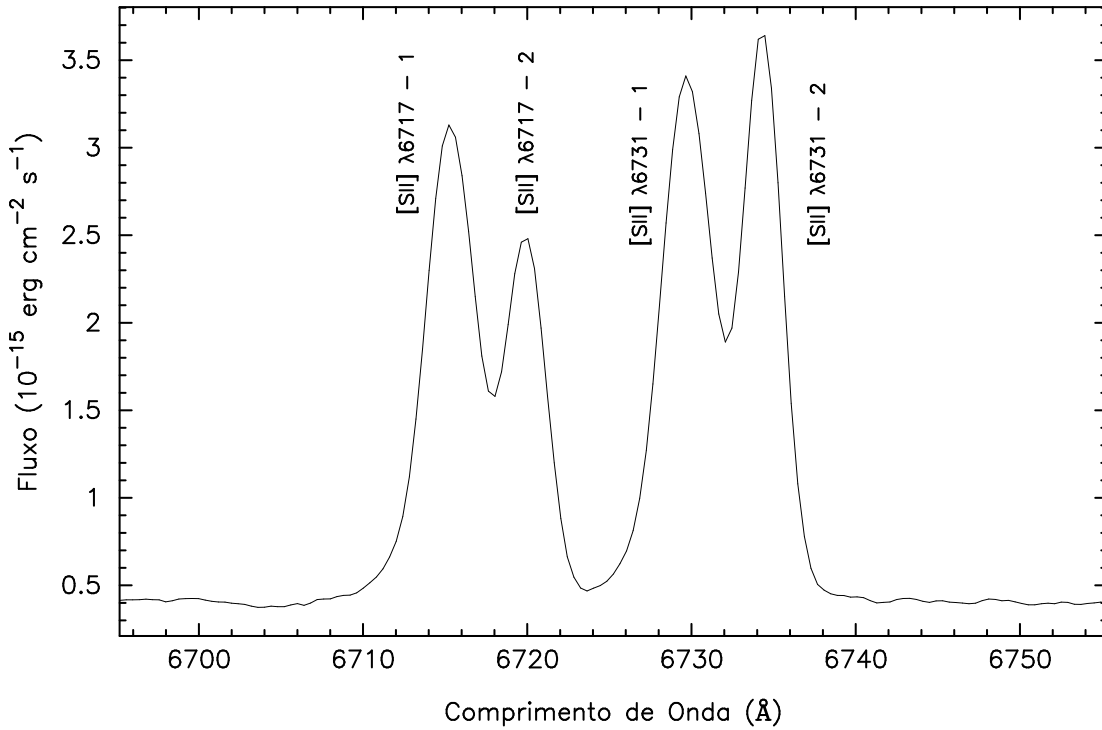


Figura 3.2: Espectro de emissão de RCW 103 evidenciando as duas componentes das linhas do dupletto [SII] $\lambda\lambda$ 6717,6731 e a grande variação de densidade entre as componentes 1 e 2. Esse é o espectro obtido com a fenda orientada sobre a estrela de referência e correspondente à abertura de número 23.

distribuição de Poisson, em que apenas uma pequena parcela dos fótons incidentes são efetivamente convertidos em fotoelétrons e contabilizados. Além disso, o próprio fluxo de fótons é poissônico. Como em uma distribuição poissônica o desvio padrão é a raiz quadrada do número de contagens de eventos, o erro relativo na medida de uma linha de emissão pode ser dado por

$$\frac{\sigma_L}{F_L} = \frac{1}{\sqrt{C_L}}, \quad (3.6)$$

onde σ_L é o erro do fluxo da linha, F_L é o fluxo integrado da linha (em unidades de energia, por unidade de área, por unidade de tempo) e C_L , o número total de contagens na linha, levando-se em conta o fator de ganho do CCD.

Neste trabalho, o erro total da linha foi estimado pela soma quadrática do erro associado à medida da intensidade da linha (σ_L) e o erro do contínuo (σ_{cont}). Somouse à expressão 3.6 o termo que leva em conta o erro do contínuo, resultando no erro

total calculado por

$$\sigma_T^2 = \sigma_{\text{cont}}^2 + \sigma_L^2 \quad (3.7)$$

$$= N(\Delta \sigma_C)^2 + \frac{F_L^2}{C_L}, \quad (3.8)$$

onde σ_T é o erro poissônico total do fluxo da linha, σ_{cont} é o erro na medida do contínuo, N é a largura da linha na base (em píxels), Δ é a escala de dispersão ($\text{\AA}/\text{pxl}$) e σ_C é valor quadrático médio (*rms*) do fluxo do contínuo próximo à linha. Essa estimativa de erro contabiliza os erros sistemáticos introduzidos pelo próprio processo de aquisição das imagens, bem como os resultantes das alterações sofridas pelas imagens no processo de tratamento dos dados.

Da mesma maneira que a equação 3.6 relaciona o erro relativo da linha (σ_L) com o seu número de contagens (C_L), pode-se relacionar σ_C com as contagens do contínuo C_C em um píxel (também levando-se em conta o fator de ganho), resultando na expressão

$$\frac{\sigma_C}{F_C} = \frac{1}{\sqrt{C_C}}, \quad (3.9)$$

que, reescrita, pode ser dada por

$$\frac{F_C}{C_C} = \frac{\sigma_C^2}{F_C}, \quad (3.10)$$

onde F_C é o nível do contínuo em unidades de fluxo. Uma vez que a calibração em fluxo aplicada ao espectro é proporcional às contagens tanto para o fluxo total da linha F_L quanto para o nível do contínuo em fluxo F_C , tem-se ainda a relação

$$\frac{F_L}{C_L} = \frac{\Delta F_C}{C_C}. \quad (3.11)$$

Das relações 3.10 e 3.11 aplicadas em 3.6, chega-se a

$$\begin{aligned} \sigma_L^2 &= \frac{F_L}{C_L} F_L \\ &= \Delta \frac{F_C}{C_C} F_L \\ &= \Delta \sigma_C^2 \frac{F_L}{F_C} \\ &= \Delta \sigma_C^2 (EW), \end{aligned} \quad (3.12)$$

onde EW (do inglês, *Equivalent Width*) é a largura equivalente da linha. Assim, com a expressão 3.12, fica estabelecida uma relação entre o erro da linha σ_L (antes determinada pela segunda parcela da equação 3.8) e a sua largura equivalente EW juntamente com o valor do *rms* do contínuo. Inserindo o erro da linha conforme dado em 3.12, na expressão 3.6, tem-se que

$$\sigma_T = \sqrt{N\Delta}\sigma_C \sqrt{1 + \frac{EW}{N\Delta}}, \quad (3.13)$$

de forma que as relações 3.8 e 3.13 são estimativas de erro equivalentes. No entanto, nesta dissertação, a expressão utilizada foi aquela dada em 3.8, com a qual foi necessário medir as contagens e os fluxos integrados das linhas dos espectros calibrados e dos não calibrados.

Os erros nas medidas dos fluxos das linhas do [SII] ($\sigma_{\lambda 6717}$ e $\sigma_{\lambda 6731}$) foram propagados para encontrar o erro da razão das intensidades dessas linhas. A partir disso, determinaram-se os limites superiores e inferiores da densidade eletrônica. O erro da função de dispersão de cada espectro unidimensional foi adotado como estimativa do erro na medida do centro de $H\alpha$, sendo então propagado para estimar o erro da velocidade radial.

Se uma quantidade x é função de outras duas variáveis, ou seja, $x = f(u, v)$, o erro nas medidas de u e v é propagado para x conforme a expressão

$$\sigma_x^2 \simeq \sigma_u^2 \left(\frac{\partial x}{\partial u} \right)^2 + \sigma_v^2 \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right)^2 + 2\sigma_{uv} \left(\frac{\partial x}{\partial u} \right) \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right), \quad (3.14)$$

onde σ_u e σ_v são os erros nas medidas de u e v , e, σ_{uv} é o termo de covariância. O termo de covariância será nulo se as variáveis u e v não estiverem correlacionadas, como no caso do erro extrapolado para a razão das linhas do duplete do [SII] a partir do erro das linhas $\lambda 6717$ e $\lambda 6731$.

Fornecendo à rotina *temden* do pacote *stsdas.nebular* a razão das intensidades das linhas do duplete do [SII] e adotando uma temperatura eletrônica de 10000 K, foram obtidas as densidades eletrônicas para cada espectro unidimensional. Em comunicação privada, por meio da razão de linhas [NII] ($\lambda 6548 + \lambda 6584$)/ $\lambda 5876$ Melnik (2007) encontrou uma temperatura eletrônica de 12000 K.

A propagação do erro das intensidades das linhas do [SII] resultou na expressão dada por

$$\sigma_{R_{\text{SII}}} = \frac{I_{6717}}{I_{6731}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{6717}}{I_{6717}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{6731}}{I_{6731}} \right)^2}, \quad (3.15)$$

que estima o erro na razão das intensidades dessas linhas, sendo $R_{\text{SII}} = I_{6717}/I_{6731}$ e I_{6717} , I_{6731} , σ_{6717} e σ_{6731} as intensidades e os erros das medidas das linhas $\lambda 6717$ e $\lambda 6731$. A partir do erro das intensidades das linhas, foram calculados ainda os limites inferiores e superiores da densidade eletrônica. Tabelas com as medidas de densidade obtidas são apresentadas no apêndice B.

Nenhuma correção da extinção interestelar foi aplicada sobre as linhas do [SII], uma vez que elas são afetadas praticamente pela mesma quantidade, pois possuem comprimentos de onda muito próximos. Também não foi aplicada correção de extinção interestelar sobre as linhas $H\alpha$, pois seus fluxos foram utilizados apenas como um delimitador da nebulosa.

A propagação do erro da velocidade radial foi determinada pela propagação do erro da função de dispersão. Uma vez que a velocidade radial é determinada pela equação 3.4, o erro da velocidade radial deve ser dado por

$$\sigma_{v_r} = \frac{\lambda_{H\alpha}}{c} \sigma_{\text{disp}}, \quad (3.16)$$

onde σ_{v_r} é o erro da velocidade radial, $\lambda_{H\alpha}$ é o comprimento de onda de laboratório de $H\alpha$, c é a velocidade da luz no vácuo e σ_{disp} é o erro da função de dispersão da calibração em comprimento de onda. As medidas de velocidade radial são apresentadas no apêndice C.

Das medidas realizadas sobre as linhas do [SII] e sobre a linha $H\alpha$, foram então confeccionados os mapas das propriedades físicas correspondentes. Nas próximas seções, são apresentados os mapas de cada propriedade física, primeiramente separados em suas duas componentes, e, por fim, com todas as medidas.

3.4 Mapa do Fluxo em $H\alpha$

O mapa do fluxo de $H\alpha$, bem como todos os demais mapas, foi formado com o auxílio da rotina *wtextimage* do pacote *clpackage.dataio* do IRAF. Os parâmetros de entrada dessa rotina são as medidas de cada espectro unidimensional (dispostas em um arquivo texto de coluna única) e as dimensões do mapa. Muitas vezes a linha mais intensa dos espectros nem foi a linha $H\alpha$, mas sim as linhas $\lambda 6548$ e/ou $\lambda 6584$ do [NII]. No entanto, um bom delimitador para a nebulosa é encontrado no fluxo de $H\alpha$, uma vez que é o elemento mais abundante encontrado no plasma.

O fluxo delimitador foi aquele que representa aproximadamente 2% do valor

máximo do fluxo de $H\alpha$. Esse foi o valor que obteve melhor resultado para delimitar a nebulosa sem excluir medidas com boa precisão, dando um fluxo limitante de aproximadamente $0,371 \times 10^{-14} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, por elemento espacial ($4,6'' \times 5''$). Todos os pontos do mapa com fluxo menor que esse valor foram desconsiderados, resultando no mapa apresentado no topo da figura 3.8. A partir desse mapa, foi formada uma máscara a ser aplicada nos demais, dando a eles contornos idênticos ao mapa do fluxo de $H\alpha$.

Nesta e nas seções seguintes, em todos as figuras dos mapas, o eixo horizontal é o eixo com as coordenadas de ascensão reta (J2000), e o eixo vertical, disposto sempre à esquerda da figura, o eixo de declinações dadas em relação à posição da estrela de referência. A linha indicada pela posição $0''$ é aquela com coordenada de declinação (J2000) igual à da estrela de referência. No lado direito das figuras dos mapas estão as escalas de cores, que indicam os valores das propriedades físicas medidas.

Todos os mapas possuem resolução de $5''$ em declinação (direção Norte-Sul), mas, na direção Leste-Oeste, possuem resolução de $4,6''$ para o fluxo de $H\alpha$ e densidade eletrônica, ou de $2,3''$ para a velocidade radial e a largura de $H\alpha$ a meia altura. Ou seja, os mapas de velocidade radial e da largura da linha $H\alpha$ a meia altura foram originalmente construídos com uma resolução duas vezes maior que os demais mapas.

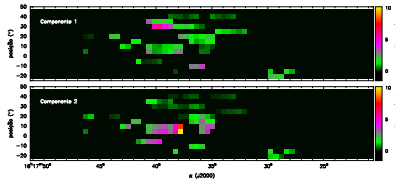


Figura 3.3: Mapas das componentes 1 e 2 do fluxo de $H\alpha$. As componentes 1 e 2 apresentam intensidades de fluxos variadas, mas aparentemente as componentes 2 são mais intensas do que as componentes 1. Ainda assim não representa um comportamento dominante.

Os pontos em que os espectros unidimensionais apresentaram duas componentes para a linha $H\alpha$ foram analisados separadamente, de forma que se formaram os mapas com as componentes 1 e 2 do fluxo, responsáveis por evidenciar os locais da nebulosa onde existem duas componentes para as propriedades físicas. Esses dois mapas estão dispostos na figura 3.3. O mapa no topo da figura 3.8 apresenta o fluxo de todos os pontos da nebulosa, tanto onde existem ou não duas componentes. Nos pontos que apresentam duas componentes, o fluxo total de $H\alpha$ é a soma dos fluxos individuais.

3.5 Mapa da Densidade Eletrônica

A máscara construída a partir do mapa de fluxo de $H\alpha$ da figura 3.8 foi aplicada sobre os mapas da densidade eletrônica apresentados nas figuras 3.4 e 3.8 (segundo mapa de cima pra baixo). A máscara torna nulos os pontos que não estão dentro dos limites da nebulosa ou com medidas de pouca confiabilidade. O limite físico da máscara representa na verdade a região a partir da qual há uma quantidade muito baixa de hidrogênio ionizado.

Os mapas dos pontos com duas componentes para a densidade eletrônica são apresentados na figura 3.4, onde o mapa das componentes 2 parece apresentar valores de densidade maiores que nas componentes 1, conforme também ocorre com as duas componentes dos mapas de $H\alpha$. A partir da média ponderada (pelo fluxo em $H\alpha$) dos pontos com duas componentes, construiu-se o mapa com todas as medidas, ou seja, contendo os pontos que possuem e os que não possuem duas componentes, conforme segundo mapa da figura 3.8, que caracteriza a distribuição de densidade eletrônica na porção observada de RCW 103.

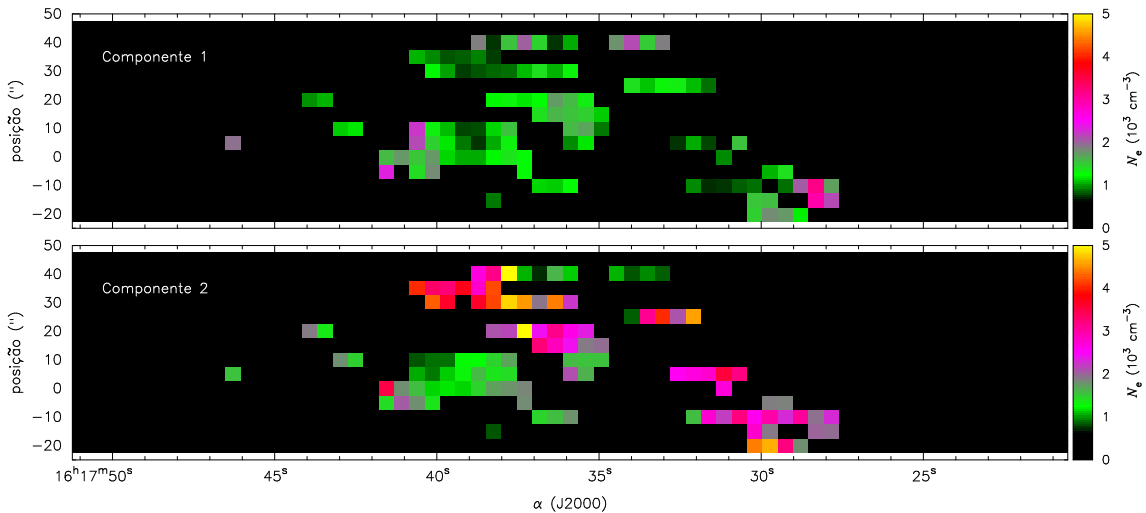


Figura 3.4: Mapa das componentes 1 e 2 da densidade eletrônica. Cada um dos mapas refere-se às medidas das linhas do [SII] onde as linhas são duplas.

Como é esperado, devido a inhomogeneidades das propriedades físicas de remanescentes de supernova, o mapa de densidade eletrônica da figura 3.8 apresenta uma distribuição irregular. No entanto, pode-se observar duas regiões do mapa com densidades eletrônicas sistematicamente maiores que nos seus arredores. As duas regiões

estão dispostas sobre linhas diagonais posicionadas à esquerda e mais ao centro do mapa, com coloração rosada. Essa região corresponde aproximadamente à parte Sudeste do remanescente quando considerado em toda sua extensão, onde já se detectou a presença de uma nuvem molecular interagindo com a frente de choque da nebulosa (por exemplo, Oliva *et al.*, 1990 e Paron *et al.*, 2004). Com isso, tem-se mais um indicativo de que essa interação de fato está ocorrendo. Um indício mais forte dessa interação é dado pelo mapa na base da figura 3.8, que apresenta a razão das intensidades do dubleto do [SII] ($\lambda 6717 + \lambda 6731$) pela intensidade da linha $H\alpha$. Como pode-se perceber, as regiões rosadas à esquerda e mais ao centro (em menor quantidade) da figura apresentam razões mais elevadas do que nos arredores, corroborando a existência da interação da frente de choque do remanescente com uma nuvem molecular. Assim, ao menos nas bordas da região localizada à Sudeste de RCW 103 a matéria nebulosa deve estar sendo ionizada pela interação da frente de choque com a nuvem molecular.

3.6 Mapa da Velocidade Radial LSR

Conforme já foi citado outras vezes no decorrer do texto, a estimativa de velocidade radial foi calculada por meio do deslocamento *Doppler* da linha $H\alpha$. Também já foi citado que o processo de extração de espectros unidimensionais ocorreu em duas etapas. Na etapa que diz respeito aos espectros utilizados para confecção dos mapas desta e da próxima seção, seccionou-se cada espectro bidimensional (dos objetos e das lâmpadas de comparação) em uma região que compreendesse uma faixa estreita de uns poucos angströms ao redor da linha $H\alpha$. Assim, o processo de calibração em comprimento de onda deve ter maior precisão ao redor de $H\alpha$, uma vez que dispensa uma flexibilidade muito grande na função de dispersão. Todos os procedimentos de extração de espectros unidimensionais e calibrações, após o seccionamento, deram-se seguindo os mesmos passos já descritos na seção 2.2, que trata sobre a redução dos dados.

Devido ao movimento relativo entre o observador e a fonte, todas as medidas de velocidade radial devem ser corrigidas para algum sistema de referência específico. No caso, esse sistema de referência foi o padrão local de repouso – LSR (*Local Standard of Rest*). Essa correção deve depender do instante e do local da observação. Por isso, uma vez que os espectros utilizados foram observados em datas diferentes, como mostra a tabela 2.1, utilizou-se a rotina *rvcorrect* do pacote *noao.rv* para

realizar as devidas correções. Essa rotina determina a correção que deve ser aplicada, incluindo termos que levam em conta o movimento da velocidade de rotação da Terra, o movimento do centro da Terra em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua, o movimento heliocêntrico desse sistema e o movimento do Sol relativo ao padrão local de repouso. Na prática, essa rotina edita o *header* de cada imagem com a correção a ser aplicada, de acordo com a data, hora e local da observação. Com a rotina *dopcor* do pacote *noao.onedspec*, essas correções são efetivamente aplicadas e os espectros estarão corrigidos para o mesmo sistema de referência. A partir disso, foram então realizadas as medidas do centro da linha $H\alpha$, determinando-se a velocidade radial LSR (v_{LSR}) por meio da expressão 3.4.

A formação dos mapas de velocidade radial deu-se a partir dos mesmos procedimentos adotados na formação dos demais mapas. Assim como nos outros casos, foram obtidos os mapas que apresentam duas componentes, dados na figura 3.5, e o mapa com todas as medidas, dado na figura 3.8. Assim como no mapa de densidade eletrônica, figura 3.8, os pontos com duas componentes foram calculados a partir de suas médias, ponderadas pelo fluxo em $H\alpha$. Tomando-se o módulo da diferença entre as componentes 1 e 2 da velocidade radial, pôde-se ainda confeccionar o mapa apresentado na base da figura 3.5.

Nas respectivas regiões centrais dos mapas das componentes 1 e 2 da velocidade radial, figura 3.5, pode-se verificar que as velocidades encontradas apresentam sinais opostos, com matéria aproximando-se e afastando-se do observador. Essas diferenças de velocidade são de aproximadamente 180 km s^{-1} (segundo estatísticas da tabela 3.1), indicando que a ocorrência de linhas de emissão separadas em duas componentes pode estar relacionada com a sobreposição, ao longo da linha de visada, de matéria expandindo-se em direções opostas. Assim, não deve estar relacionada a expansão de um único filamento, pois com velocidades dessa ordem os filamentos seriam de natureza transiente. Trata-se, portanto, da observação direta das cascas em expansão, ainda que apenas da componente radial, sem levar em conta os efeitos de projeção.

No mapa de velocidade radial apresentado na figura 3.8, pode-se observar que as mesmas regiões (agora em tons avermelhados), de densidades sistematicamente maiores, também possui velocidades radiais maiores. Além disso, nessas regiões há matéria com velocidades radiais positivas, onde a nebulosidade está afastando-se do observador.

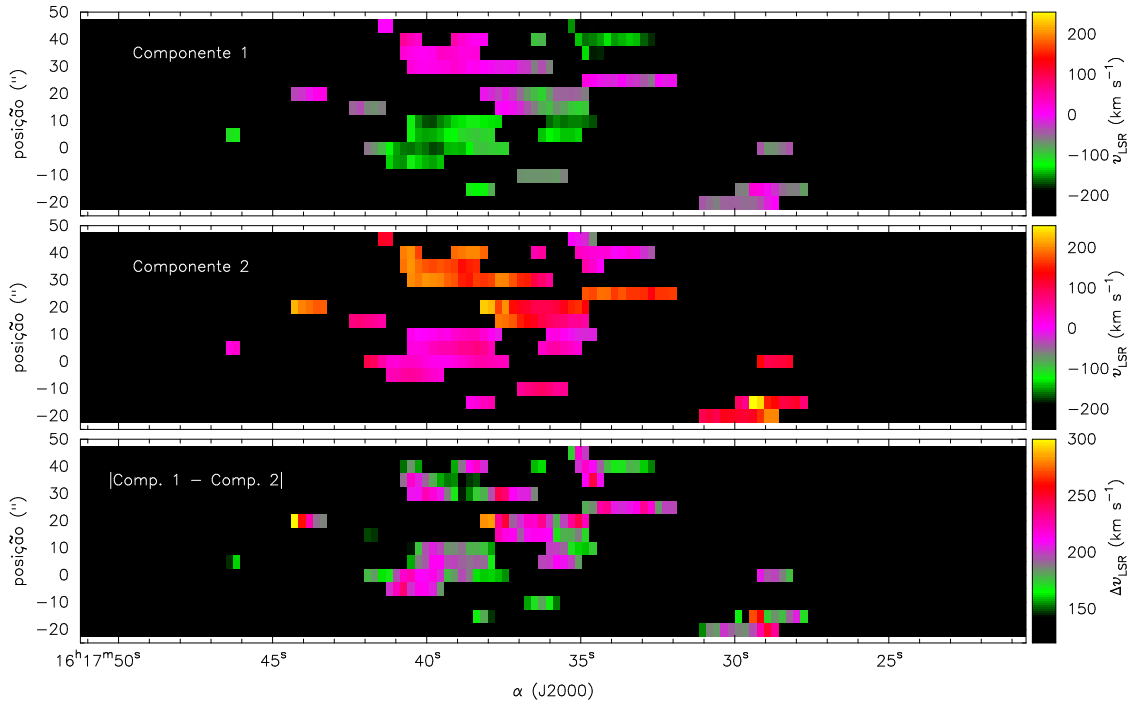


Figura 3.5: Mapa das componentes 1 e 2 da velocidade radial LSR e da diferença do módulo da diferença de velocidade radial entre as componentes. Os mapas das componentes 1 e 2 referem-se às medidas onde a linha $H\alpha$ apresenta duas componentes, uma mais “azulada” e outra mais “avermelhada”.

3.7 Mapa da Largura de $H\alpha$ a Meia Altura

O mapa da largura da linha $H\alpha$ a meia altura (FWHM) é uma medida da dispersão de velocidades no objeto ao longo da linha de visada. Essas velocidades são ocasionadas pelos movimentos turbulentos da matéria no interior da nebulosa. Assim, a existência de duas componentes se dá pela alta dispersão de velocidades presente. Por isso, foram confeccionados mapas das componente 1 e 2 separadamente e o mapa final com todas as medidas, conforme figura 3.8. Com a expressão 3.5, pode-se, de forma direta, fazer uma conversão da escala da largura de $H\alpha$, dada em angströms, para a escala dada em km s^{-1} .

De cada espectro unidimensional, mediu-se a largura de $H\alpha$ a meia altura, ajustando-se um perfil gaussiano à linha. Dos valores obtidos descontou-se ainda o alargamento instrumental, estimado por meio da largura das linhas dos espectros de comparação utilizadas. Os valores corrigidos são apresentados nas tabelas do apêndice C.

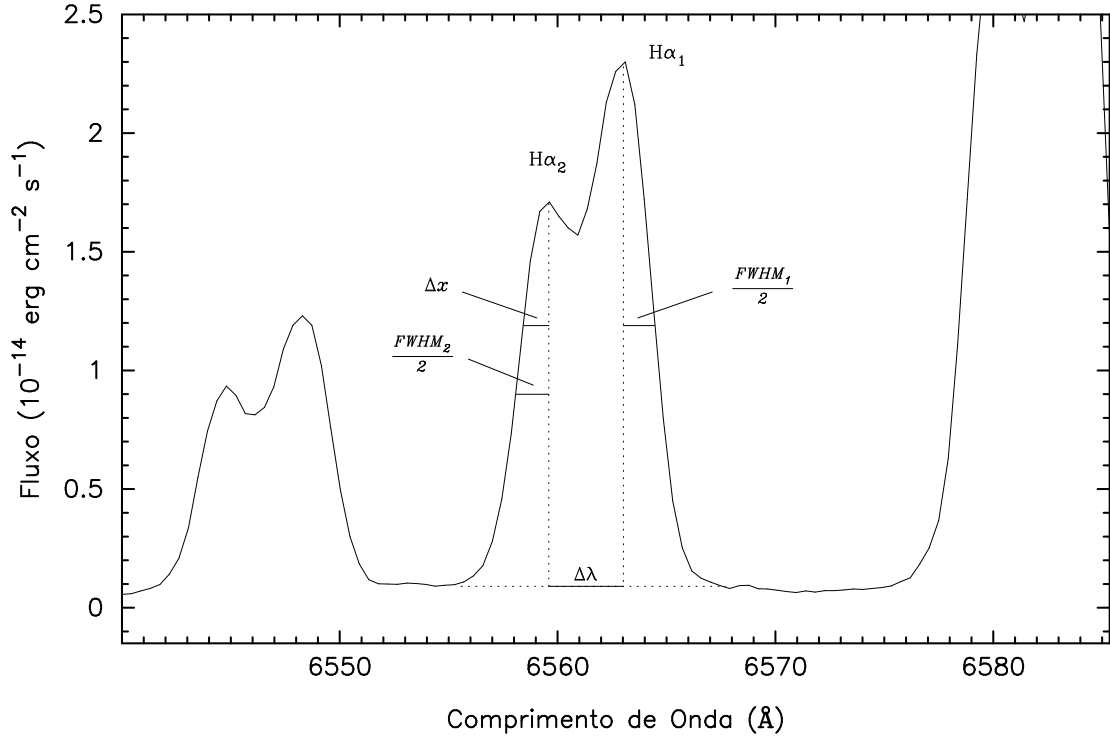


Figura 3.6: Espectro de RCW 103 apresentando duas componentes de $H\alpha$. Foi tomado na posição de fenda $\Delta\delta = 0''$ e sobre a abertura de número 56 (dos espectros com resolução de $4,6''$ em ascensão reta). O subíndice 1 está indicando a componente de $H\alpha$ que possui maior fluxo relativo e não necessariamente a linha com maior comprimento de onda, que está posicionada mais à direita no espectro; ou seja, os subíndices aqui não se confundem com as componentes 1 ou 2.

Quando a linha apresenta apenas uma componente e apenas uma gaussiana é ajustada, a largura total da linha a meia altura é o próprio FWHM medido, no entanto, quando se ajustam duas gaussianas (como nos pontos com duas componentes), a largura total não é apenas a soma direta das duas medidas. Portanto, adotou-se o seguinte critério para estimar a largura total das linhas com duas componentes:

$$FWHM = \begin{cases} FWHM_1 & \text{se } F_2^o \leq \frac{F_1^o}{2} \\ \frac{FWHM_1}{2} + \Delta\lambda + \Delta x & \text{se } F_2^o > \frac{F_1^o}{2} \end{cases} \quad (3.17)$$

sendo: $FWHM_1$, a largura a meia altura da linha mais intensa; $\Delta\lambda$, a diferença de velocidade das duas linhas (em angströms); e $\Delta x = \frac{FWHM_2}{2} f$, o incremento indicado na figura 3.6, e calculado como segue.

Uma única gaussiana pode ser ajustada por uma função do tipo

$$F(x) = F^o e^{-\alpha \left(\frac{x-c}{FWHM}\right)^2}, \quad (3.18)$$

onde $F(x)$ é a função da gaussiana, F^o é o fluxo máximo (encontrado no centro c da linha) e α é uma constante. Se $x - c = \frac{FWHM}{2}$, então $F(x) = \frac{F^o}{2}$, de forma que $\alpha = 4 \ln 2$. Quando se ajustam duas gaussianas, se o fluxo da linha 2 (figura 3.6) for dado por

$$F_2(x) = F_2^o e^{-4 \ln 2 \left(\frac{x-c_2}{FWHM_2}\right)^2}, \quad (3.19)$$

tem-se que, na altura em que $F_2(x) = \frac{F_1^o}{2}$, a diferença entre o ponto x e o centro da linha menos intensa é dado por

$$|x - c_2| = \Delta x \quad (3.20)$$

e, logo,

$$\frac{F_1^o}{2} = F_2^o e^{-4 \ln 2 \left(\frac{\Delta x}{FWHM_2}\right)^2}, \quad (3.21)$$

de forma que

$$\Delta x = \frac{FWHM_2}{2} f, \quad (3.22)$$

onde o fator f depende da razão entre os fluxos das duas linhas e é dado por

$$f = \sqrt{\frac{\ln F_2^o - \ln F_1^o + \ln 2}{\ln 2}}. \quad (3.23)$$

Assim, no mapa final da largura da linha $H\alpha$ a meia altura (na figura 3.8), os pontos com duas componentes são calculados segundo o critério dado em 3.17 e por meio das expressões 3.22 e 3.23.

3.8 Estatística das Propriedades Físicas

A partir do fluxo total das linhas de $H\alpha$, pode-se estimar o número de fótons ionizantes do hidrogênio neutro, $Q(H^0)$, que por sua vez, juntamente com a densidade eletrônica, é indispensável para a determinação da massa de matéria ionizada da nebulosa. Para esse fim, foram somados os fluxos de todos os pontos do respectivo mapa da figura 3.8, resultando em um fluxo total de aproximadamente

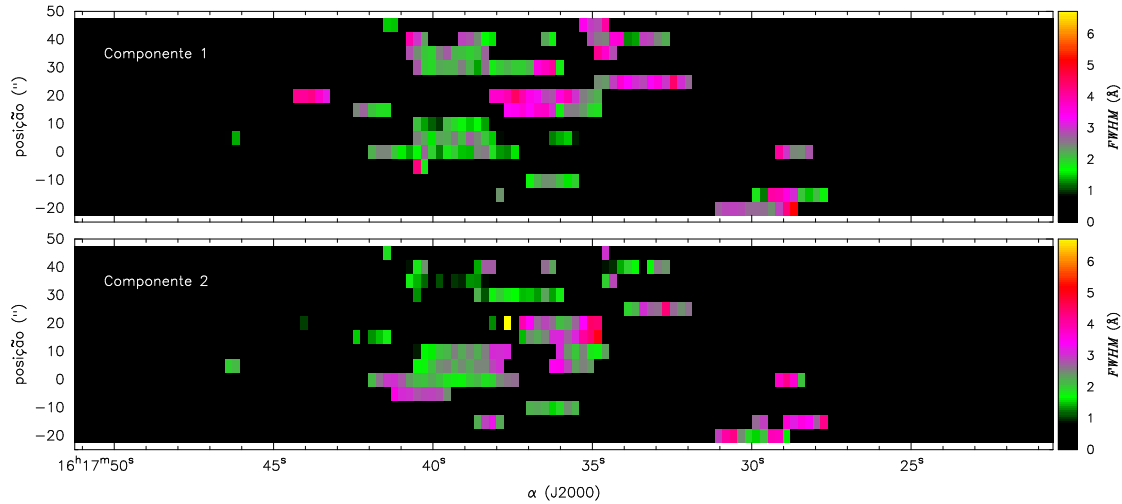


Figura 3.7: Mapa das componentes 1 e 2 da largura de $H\alpha$ a meia altura, onde cada um deles refere-se às medidas de uma das componentes.

$F(H\alpha) = 1,80 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Cabe, nesse ponto, reiterar que os fluxos das linhas não foram corrigidos pela extinção interestelar. Uma vez que as observações foram realizadas com uma fenda de $1,5''$ de abertura e o mapa possui resolução de $5''$ em declinação, o fluxo total da área de RCW 103 que foi observada deve ser $5/1,5$ vezes maior que o valor medido. Portanto, o fluxo total corrigido da região observada de RCW 103 é igual a $6,00 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ou, equivalentemente, $\log F(H\alpha) = -10,22$.

Remanescentes de supernova normalmente apresentam grandes variações em suas propriedades físicas, pois resultam de eventos que espalham matéria desordenadamente pelo meio interestelar. Assim, RCW 103 apresenta uma distribuição irregular de densidade eletrônica, variando desde aproximadamente 100 até cerca de 4800 cm^{-3} . No entanto, 50% dos valores encontram-se entre aproximadamente 1033 e 1555 cm^{-3} , com uma densidade eletrônica média de 1430 cm^{-3} . Na tabela 3.1, são apresentadas as estatísticas da densidade eletrônica, bem como das demais propriedades físicas, incluindo o número N de áreas nebulares, a mediana, os máximos e mínimos, os primeiros e terceiros quartis, Q_1 e Q_3 respectivamente, a média ponderada pelo fluxo $H\alpha$, o desvio padrão das medidas (σ) e o desvio padrão da média ($\sigma_{\langle \rangle}$).

As medidas de velocidade radial com relação ao padrão local de repouso também apresentam uma distribuição irregular; no entanto, apresentam boa coincidência com os pontos de maior densidade eletrônica. Nos pontos em que as densidades são um pouco mais elevadas as velocidades radiais também apresentam-se mais elevadas, sendo inclusive os pontos que apresentam velocidades positivas (mapas 2 e

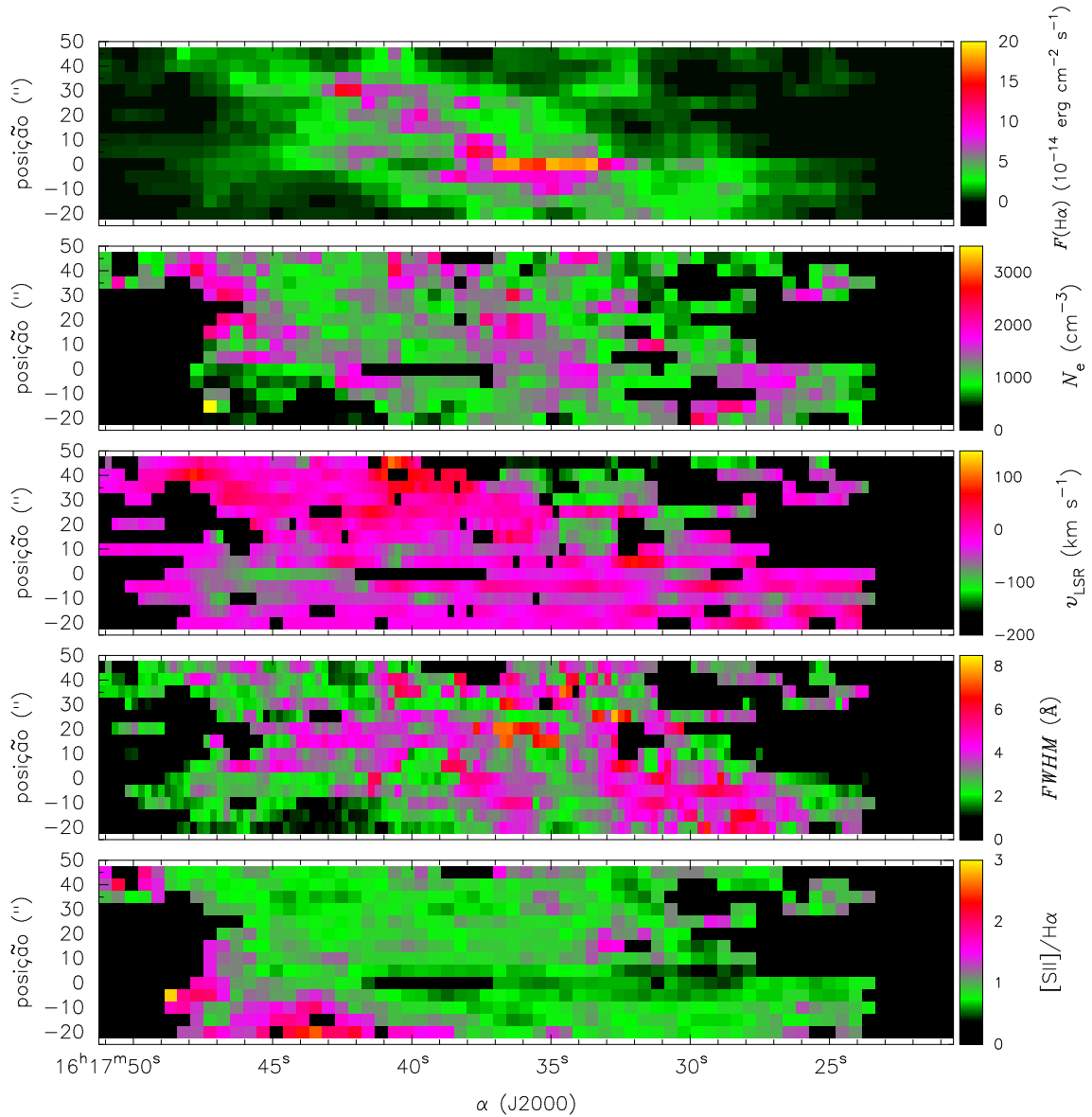


Figura 3.8: Mapas finais das propriedades físicas de RCW 103. O primeiro mapa, de cima para baixo, é o dos fluxos da linha H α ; o segundo, o mapa da densidade eletrônica; o terceiro, o mapa da velocidade radial LSR; o quarto é o mapa da largura de H α a meia altura; e, por fim, o quinto deles é o mapa da razão [SII]/H α . Em cada um dos mapas o eixo horizontal indica a ascensão reta e, o vertical, a declinação em relação à estrela de referência. Para a esquerda, aponta a direção Leste, e, para cima, a direção Norte.

3 da figura 3.8). Metade das medidas encontram-se entre aproximadamente -48 e -4 km s^{-1} , apresentando ainda assim uma grande variação de velocidades, com velocidades entre cerca de -201 e $+106$ km s^{-1} . A velocidade média encontrada é aproximadamente -22 km s^{-1} para a região dos mapas (Sul e Sudeste de RCW 103). Na porção diametralmente oposta aos mapas, à Noroeste de RCW 103, as velocidades radiais encontradas resultam em uma média de cerca de -37 km s^{-1} . Nessa porção, foram medidas apenas 25 áreas nebulares, portanto, não se pode afirmar que toda essa parte da nebulosa possui velocidade radial diferente da porção ao Sul. Ao contrário, não deve haver grande diferença entre a velocidade radial medida ao Sul e ao Noroeste do remanescente. Encontrou-se ainda uma dispersão das medidas de velocidade radial (σ) de cerca de $36,34$ km s^{-1} , que pode ser considerada como uma dispersão das velocidades radiais no plano do céu.

Tabela 3.1: Estatísticas da densidade eletrônica, velocidade radial, diferença de velocidade radial entre as componentes 1 e 2, largura de $\text{H}\alpha$ a meia altura e a correspondente dispersão de velocidades.

	N_e (cm^{-3})	v_{LSR} (km s^{-1})	Δv_{LSR} (km s^{-1})	$FWHM$ (\AA)	σ_v (km s^{-1})
N	604	1196	217	1254	1254
min.	16	-200,99	122,70	5,59	0,288
Q_1	1033	-48,24	164,41	45,02	2,321
mediana	1306	-22,30	182,77	59,48	3,067
Q_3	1555	-3,85	198,39	74,87	3,860
max.	4821	106,07	278,37	154,75	7,978
média	1433	-21,43	181,19	67,01	3,455
σ	358	36,34	27,05	21,71	1,119
$\sigma_{<>}$	15	1,05	1,84	0,61	0,032

As medidas da largura da linha $\text{H}\alpha$ são apresentadas na tabela acima e são dadas em unidades de angströms e na correspondente dispersão de velocidades (σ_v), em km s^{-1} . A média da dispersão de velocidades é de aproximadamente 67 km s^{-1} , e metade dos pontos encontram-se entre as velocidades de $45,02$ e $74,87$ km s^{-1} . Isso pode ser melhor visualizado no histograma da figura 3.11. A distribuição da largura da linha $\text{H}\alpha$ ainda possui alguns pontos com velocidades de cerca de 5 km s^{-1} , no limite inferior, chegando até aproximadamente 150 km s^{-1} , no limite superior.

3.9 Histogramas das Medidas

Das medidas dos mapas de densidade eletrônica, velocidade radial LSR e da largura da linha $H\alpha$ a meia altura, pôde-se confeccionar os histogramas apresentados nas figuras 3.9, 3.10 e 3.11. As linhas de cor vermelha são aquelas que representam os histogramas com todas as medidas do mapa correspondente, inclusive aquelas com duas componentes. As linhas de cor azul correspondem aos histogramas dos pontos que possuem uma única componente. Quando apenas uma das linhas é mostrada, é porque as linhas estão sobrepostas.

A partir da confecção dos histogramas pode-se visualizar em que faixa de valores as medidas estão concentradas em sua grande maioria, bem como verificar que as medidas dos pontos com duas componentes estão distribuídas de forma idêntica às medidas com apenas uma componente.

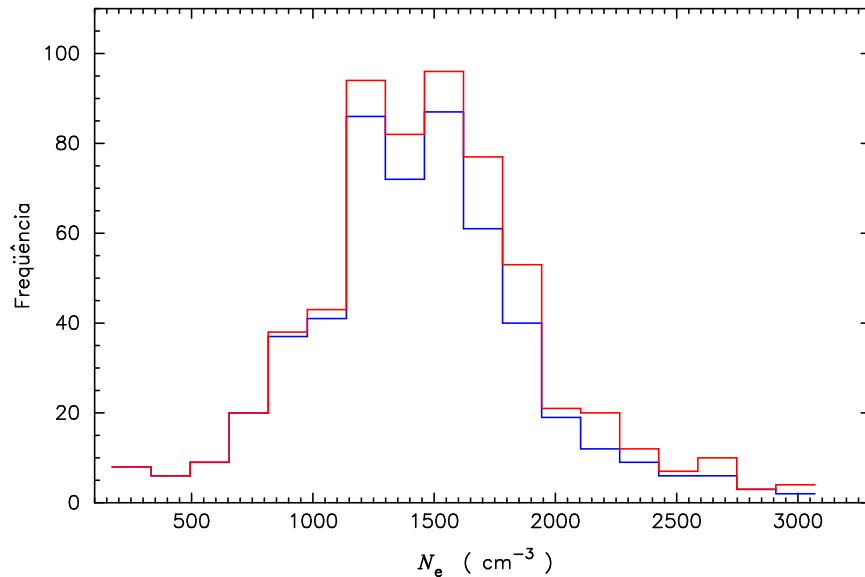


Figura 3.9: Histograma das medidas da densidade eletrônica. Em azul estão as medidas dos pontos que apresentam apenas uma componente e, em vermelho, todos os pontos.

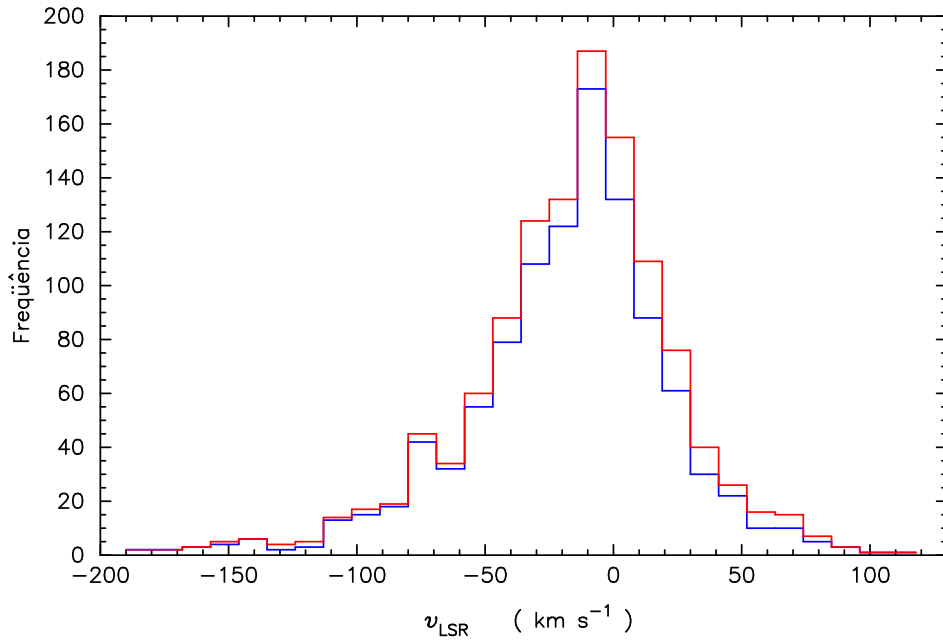


Figura 3.10: Histogramas das medidas da velocidade radial LSR.

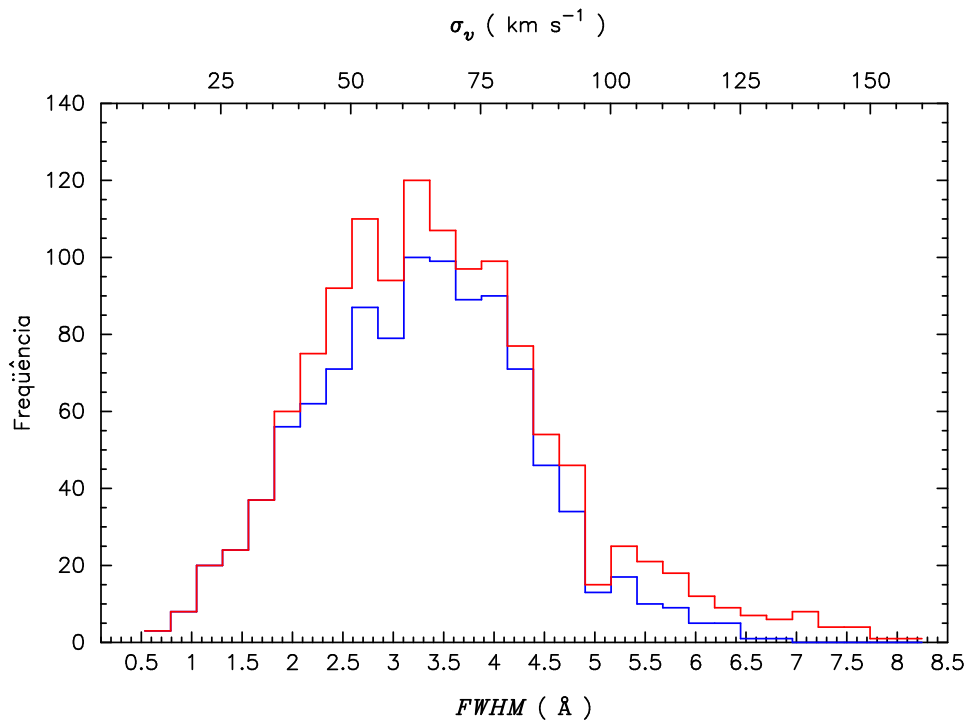


Figura 3.11: Histogramas das medidas da largura da linha $H\alpha$ a meia altura. Em azul estão as medidas dos pontos que apresentam apenas uma componente e, em vermelho, todos os pontos. Na base do eixo horizontal está a largura de $H\alpha$ a meia altura (em angströms) e, no topo, a dispersão de velocidades correspondente (em km s^{-1}).

Capítulo 4

Distância Cinemática, Massa e Energia

4.1 Distância Cinemática

A partir do mapa de velocidade radial, calculada por meio do deslocamento *Doppler* da linha $H\alpha$, foi possível estimar uma velocidade radial para a porção de RCW 103 observada. Com isso, adotando-se um modelo de rotação da Via-Láctea, pode-se estimar a distância cinemática dessa porção. Com esse fim, adotou-se o modelo de rotação de Brand e Blitz (1993), em que a velocidade radial LSR de um objeto de coordenadas galácticas l e b é dada por

$$v_{\text{LSR}} = \left(\frac{\Theta R_o}{R} - \Theta_o \right) \sin l \cos b, \quad (4.1)$$

sendo R a distância do objeto ao centro galáctico e Θ a velocidade de rotação do objeto, enquanto R_o e Θ_o são a distância galactocêntrica do Sol e a velocidade de rotação da galáxia na mesma posição, respectivamente. Conforme adotado por Brand e Blitz (1993), assumiu-se que a distância do Sol ao centro galáctico é de $R_o = 8,5$ kpc, com uma velocidade de rotação de $\Theta_o = 220 \text{ km s}^{-1}$.

O modelo de rotação de Brand e Blitz (1993) considera que a velocidade de rotação de um objeto situado à distância R do centro galáctico pode ser dada por

$$\frac{\Theta}{\Theta_o} = a_1 \frac{R^{a_2}}{R_o} + a_3 \Theta_o, \quad (4.2)$$

onde a_1 , a_2 e a_3 são os parâmetros de ajuste da curva. Brand e Blitz (1993) encontraram os valores de $a_1 = 1,00767$, $a_2 = 0,0394$ e $a_3 = 0,00712$ para um melhor ajuste da curva. Substituindo a velocidade radial v_{LSR} nas expressões 4.1 e 4.2, pôde-se então estimar a distância cinemática da porção observada de RCW 103. Fazendo essa substituição a partir da mediana da velocidade radial, $v_{\text{LSR}} = -22,30 \pm 1,05 \text{ km s}^{-1}$, encontrou-se então a distância galactocêntrica $R = 7,00 \pm 0,06 \text{ kpc}$.

A conversão da distância galactocêntrica $R = 7,00 \text{ kpc}$ para a distância heliocêntrica d pôde ser obtida pela expressão

$$R = \sqrt{d^2 \cos^2 b + R_o^2 - 2R_o d \cos b \cos l}, \quad (4.3)$$

que resultou na distância heliocêntrica $d = 1,75 \pm 0,08 \text{ kpc}$. Deve-se observar, no entanto, que na estimativa da distância cinemática, a rigor, a velocidade radial adotada deveria ser a velocidade com a qual o centro de massa do remanescente de supernova se move na galáxia. No entanto, se ao longo da linha de visada a expansão acontece de forma simétrica quando material se afasta e se aproxima do observador, mesmo que nas bordas da nebulosa, a velocidade radial estimada deve ser aproximadamente igual à do centro de massa. Assim, o valor encontrado está próximo da distância mais vezes adotada para RCW 103, que é de aproximadamente 3,3 kpc (Caswell *et al.*, 1975).

4.2 Massa Nebular

Em regiões HII ou nebulosas planetárias, onde a ionização se dá pelos fótons provenientes de uma estrela quente, o número de fótons ionizantes de uma região nebulosa está relacionado com a luminosidade observada em $\text{H}\beta$, segundo a relação (Osterbrock e Ferland, 2006)

$$Q(\text{H}^0) = \frac{\alpha_{\text{B}}(\text{H}^0, T)}{\alpha_{\text{H}\beta}^{\text{eff}}(\text{H}^0, T)} \frac{L(\text{H}\beta)}{h\nu_{\text{H}\beta}} 10^{C(\text{H}\beta)}, \quad (4.4)$$

onde $\alpha_{\text{B}}(\text{H}^0, T)$ é o coeficiente de recombinação a todos os níveis excitados do hidrogênio, $\alpha_{\text{H}\beta}^{\text{eff}}(\text{H}^0, T)$ é o coeficiente de recombinação efetivo de $\text{H}\beta$, $h\nu_{\text{H}\beta}$ é a energia dos fótons de $\text{H}\beta$ (emitidos via transições radiativas do nível 4 para o nível 2), $L(\text{H}\beta)$ é a luminosidade emitida em $\text{H}\beta$ e $C(\text{H}\beta)$ é o coeficiente de extinção interestelar em $\text{H}\beta$. No entanto, remanescentes de supernova não são ionizados pela radiação ionizante de uma estrela. Assim, por meio da equação 4.4, apenas calcula-

se o número equivalente de fótons capaz de produzir a luminosidade observada em $H\beta$.

Devido à diluição geométrica, o fluxo de fótons diminui de forma quadrática com a distância d entre o observador e a fonte, de forma que

$$F(d) = \frac{L}{4\pi d^2}, \quad (4.5)$$

sendo $F(d)$ o fluxo observado na distância d e L a luminosidade da fonte. Assim, a equação 4.4 pode ser reescrita em termos do fluxo em $H\beta$ e da distância ao objeto, resultando na expressão

$$Q(H^0) = \frac{\alpha_B(H^0, T)}{\alpha_{H\beta}^{\text{eff}}(H^0, T)} \frac{4\pi d^2 F(H\beta)}{h\nu_{H\beta}} 10^{C(H\beta)}. \quad (4.6)$$

Na seção 3.8, foi calculado um fluxo total de $H\alpha$, proveniente da região nebulosa observada, de $F(H\alpha) = 6,00 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com $\log F(H\alpha) = -10,22$. Todavia, a equação 4.6 leva em conta o fluxo em $H\beta$, que foi encontrado por meio da seguinte expressão

$$\frac{F_{H\alpha}}{F_{H\beta}} = \frac{F_{H\alpha}^0}{F_{H\beta}^0} 10^{-C(H\beta) \frac{f(H\alpha) - f(H\beta)}{f(H\beta)}}, \quad (4.7)$$

onde $F_{H\alpha}$ é o fluxo total de $H\alpha$ medido, $F_{H\beta}$ é o fluxo equivalente de $H\beta$, $F_{H\alpha}^0/F_{H\beta}^0$ é a razão corrigida dos fluxos de $H\alpha$ e $H\beta$ e $f(\lambda)$ é a função de extinção interestelar (que depende do comprimento de onda). Com isso, o fluxo equivalente de $H\beta$ foi obtido diretamente por

$$F_{H\beta} = \frac{F_{H\alpha}}{\frac{F_{H\alpha}^0}{F_{H\beta}^0} 10^{-C(H\beta) \frac{f(H\alpha) - f(H\beta)}{f(H\beta)}}}, \quad (4.8)$$

resultando em um fluxo total $F(H\beta) = 1,06 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ou, equivalentemente, no logaritmo do fluxo igual a $-10,98$. Para realizar essa conversão, adotou-se que a razão dos fluxos corrigidos é de 2,86 e que a extinção interestelar de RCW 103 é $C(H\beta) = 2,09$ (Leibowitz e Danziger, 1983). Os valores de $f(H\alpha)$ e $f(H\beta)$ são aqueles dados por Osterbrock e Ferland (2006), com $f(H\alpha) = 0,818$ e $f(H\beta) = 1,164$

Portanto, a partir do fluxo total em $H\beta$, $\log F(H\beta) = -10,98$, da distância heliocêntrica do objeto, $d = 1,75 \text{ kpc}$, e da extinção interestelar, $C(H\beta) = 2,09$, calculou-se a quantidade equivalente de fótons ionizantes por meio da expressão 4.6, resultando em $\log Q(H^0) = 48,00$ (em unidade de s^{-1}). Os valores de $\alpha_B(H^0, T)$ e $\alpha_{H\beta}^{\text{eff}}(H^0, T)$ são aqueles do “case B” dados por Osterbrock e Ferland (2006) para

nebulosas ionizadas com temperatura eletrônica de 10000 K.

Por fim, assumindo-se uma temperatura eletrônica de $T_e = 10000$ K e tomando-se a mediana da densidade eletrônica $N_e = 1300 \text{ cm}^{-3}$ (tabela 3.1), o fluxo de fótons ionizantes de $\log Q(\text{H}^0) = 48,00$, uma abundância de hélio ionizado de $y^+ = 0,088$ e uma abundância total de hélio de $y = 0,1$, estimou-se a massa nebular da região observada por meio da expressão

$$M = \frac{m_p(1 + 4y)}{(1 + y^+)\alpha_B(\text{H}^0, T_e)} \frac{Q(\text{H}^0)}{N_e}, \quad (4.9)$$

onde m_p é a massa do próton (Copetti *et al.*, 2007). A abundância de hélio ionizado foi estimada por meio da intensidade da linha $\lambda 5876$ dada por Leibowitz e Danziger (1983). Disso resultou uma massa de aproximadamente $M = 3,2 M_\odot \left(\frac{d}{1,75 \text{ kpc}}\right)^2$, correspondente apenas à porção observada de RCW 103.

Com esse método, calculou-se a massa de gás da região filamentar, que é a responsável pelas linhas de emissão observadas. Logo, a massa calculada deve ser maior que o valor encontrado, uma vez que pode existir matéria neutra entre os filamentos. A massa de RCW 103 como um todo pode ainda ser pelo menos 3 ou 4 vezes maior que o valor estimado, pois a região observada representa apenas uma porção da nebulosa toda.

Leibowitz e Danziger (1983) e Clark e Caswell (1976), estimam que RCW 103 estaria na distância heliocêntrica de cerca de 6,6 kpc e 8,7 kpc, respectivamente. Desses resultados, a massa nebular calculada seria da ordem de $40 M_\odot$ e $70 M_\odot$, para cada um dos casos. Considerando ainda que a massa da nebulosa toda deveria ser maior que esses valores, tem-se que 40 e $70 M_\odot$ são valores demasiadamente grandes, de forma que RCW 103 deve estar a menos do que 6,6 kpc. Na distância heliocêntrica de 3,3 kpc a massa estimada é de aproximadamente $11 M_\odot$, que representa um valor dentro dos limites esperados.

4.3 Energia

Uma vez que se tem determinada a massa nebular da região observada e que se tem uma estimativa da dispersão de velocidades presente, pode-se determinar a energia de turbulência do movimento interno da nebulosa. Assim, a energia cinética do movimento deve ser dada pela expressão usual da energia cinética, ou seja, por

$$E = \frac{1}{2} M \langle v^2 \rangle, \quad (4.10)$$

onde M é a massa calculada na seção 4.2 e $\langle v^2 \rangle$ a dispersão de velocidades.

As estimativas da dispersão de velocidades podem ser dadas pela dispersão das medidas de velocidade radial no plano do céu e ao longo da linha de visada, que por sua vez está relacionada ao alargamento das linhas. Do espectro integrado, considerando apenas as áreas nebulares do mapa final do fluxo em $H\alpha$, mediu-se uma largura de $3,96 \text{ \AA}$ para $H\alpha$ a meia altura, que representa uma dispersão de velocidades ao longo da linha de visada de 77 km s^{-1} . Para a dispersão das velocidades no plano do céu encontrou-se $36,34 \text{ km s}^{-1}$. Com isso, a partir da massa de $3,2 M_{\odot}$, encontrou-se uma energia de turbulência de $1,88 \times 10^{47}$ ergs para a dispersão de velocidades ao longo da linha de visada, e uma energia de $4,22 \times 10^{46}$ ergs para a dispersão de velocidades radiais no plano do céu. Portanto, a energia total do movimento interno encontrada para a região observada é de cerca de $2,3 \times 10^{47}$ ergs. Na distância de $3,3 \text{ kpc}$ a massa resultante foi de aproximadamente $11 M_{\odot}$, que resultaria em uma energia de $8,2 \times 10^{47}$ ergs, mas como a massa pode ser 3 ou 4 vezes maior, a energia também pode ser um pouco maior, da ordem de 10^{48} ergs.

Considerando que o remanescente de supernova expande-se com uma velocidade de 1100 km s^{-1} (Carter *et al.*, 1997), na distância de $3,3 \text{ kpc}$ (e logo, $M \sim 11 M_{\odot}$), a energia associada a expansão deve ser de aproximadamente $1,4 \times 10^{50}$ ergs, que é cerca de 170 vezes maior que a energia de turbulência. Valores tão baixos para a energia de turbulência devem estar relacionados aos efeitos de projeção das medidas de dispersão, à expansão mais ou menos homogênea de cada filamento e também devido ao cancelamento das componentes de dispersão ao longo da linha de visada. Também podem estar relacionados a uma expansão laminar da estrutura de filamentos, com pouca turbulência, de forma que a interação do remanescente de supernova com a nuvem molecular deve estar em fase inicial, com intensidades insuficientes para provocar uma distorção na forma mais ou menos esférica de RCW 103. Nugent *et al.* (1984), por exemplo, derivaram uma energia de 6×10^{50} ergs para a explosão inicial da nebulosa, mas consideram que existem grandes incertezas em seus cálculos, como também pode estar havendo nesse trabalho.

Capítulo 5

Considerações Finais

Visando à confecção de mapas bidimensionais de propriedades físicas do remanescente de supernova galáctico RCW 103, neste trabalho, foram realizadas medidas espectroscópicas de fenda longa na faixa de 6000 a 7000 Å. Apoiando-se nas medidas resultantes dos mapas, concentraram-se esforços na estimativa da distância cinemática, da massa e da energia de turbulência associada ao movimento interno do objeto. Assim, apresentaram-se mapas das medidas de fluxo da linha $H\alpha$ e densidade eletrônica, ambos com resolução espacial de $4,6'' \times 5''$, e também mapas das medidas de velocidade radial e largura da linha $H\alpha$ a meia altura, mas com resolução espacial de cerca de $2,3'' \times 5''$.

A partir dos fluxos da linha $H\alpha$, delimitou-se a nebulosa conforme os mapas apresentados na figura 3.8, além de se estimar o número equivalente de fótons ionizantes do hidrogênio neutro presentes em RCW 103. As medidas de densidade eletrônica foram estimadas por meio da razão de linhas [SII] ($\lambda 6717/\lambda 6731$), e as velocidades radiais, por meio do deslocamento *Doppler* da linha $H\alpha$, da qual também foram extraídas as medidas da largura a meia altura, que, por sua vez, representam a dispersão de velocidades ao longo da linha de visada observada em RCW 103.

Do trabalho realizado, as principais conclusões obtidas são sumarizadas como segue:

- A densidade eletrônica média estimada de todas as medidas do mapa correspondente foi de $1433 \pm 15 \text{ cm}^{-3}$. Esse resultado é compatível com o valor encontrado para RCW 103 dado por Leibowitz e Danziger (1983). Dos mapas de densidade eletrônica, ainda pôde-se verificar uma distribuição irregular, com regiões em que as

densidades são mais elevadas (cerca de 2000 a 3000 cm^{-3}), principalmente à Sudeste do centro de RCW 103. Isso vem reforçar as evidências já apresentadas de que, justamente nessa direção, a frente de choque está interagindo com uma nuvem molecular, conforme discutem, por exemplo, Paron *et al.* (2004). Além disso, o mapa da razão de linhas $[\text{SII}]/\text{H}\alpha$ corrobora e fortalece as evidências de que RCW 103 está interagindo com um nuvem molecular na porção mais ao Sul.

- A velocidade radial média da porção observada foi de aproximadamente -22 km s^{-1} , com relação ao padrão local de repouso. No entanto, haja vista a alta dispersão de velocidades no interior da nebulosa, foram encontradas medidas desde cerca de -200 a $+100 \text{ km s}^{-1}$. Também pôde-se perceber que regiões nebulares com densidades eletrônicas mais elevadas correspondem a velocidades radiais também relativamente maiores (e positivas) que as encontradas nos arredores (mapas centrais da figura 3.8).

- Da largura da linha $\text{H}\alpha$ a meia altura, obtida por meio do espectro integrado, estimou-se que a dispersão de velocidades média ao longo da linha de visada corresponde a uma velocidade de cerca de 76 km s^{-1} , representando um valor maior que aqueles encontrados em outras nebulosas gasosas, como as regiões H II, por exemplo. Essa alta dispersão é a responsável pela formação de linhas de emissão separadas em duas componentes.

- A partir da velocidade radial medida e adotando-se um modelo de rotação para a Via-Láctea, estimou-se que RCW 103 deve estar a cerca de $1,75 \pm 0,08 \text{ kpc}$ de distância (heliocêntrica).

- Por meio da estimativa da densidade eletrônica média e pelo número equivalente estimado de fótons ionizantes do hidrogênio, encontrou-se que a massa da porção observada é de cerca de $3,2 M_{\odot}$. No entanto, a massa de RCW 103 como um todo pode ser pelo menos três ou quatro vezes maior.

- Por fim, da massa estimada e das medidas de dispersão de velocidades, tanto da dispersão das velocidades radiais no plano do céu quanto da dispersão relacionada ao alargamento das linhas, encontrou-se que a energia associada ao movimento interno da região observada da nebulosa é de aproximadamente $2,3 \times 10^{47} \text{ ergs}$.

Com isso, tem-se um estudo observacional apresentando propriedades físicas de

RCW 103 ponto a ponto, com resolução espacial de pelo menos 5", não limitando-se a pontos específicos ou dados integrados do remanescente de supernova em questão. Mais estudos ainda podem ser realizados para outras nebulosas semelhantes a RCW 103, como os remanescentes de supernova RCW 86 e Puppis A, estudos que inclusive já vêm sendo desenvolvidos por outros membros do grupo de pesquisa a que esse trabalho se vincula.

Referências Bibliográficas

BEVINGTON, P.R.; ROBINSON, D.K. **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**. 2nd ed. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1992. 328 p.

BRAND, J.; BLITZ, L. **Astronomy and Astrophysics**, 275: 67-90, 1993.

CARTER, L.M.; DICKEL, J.R.; BOMANS, D.J. **Astronomical Society of the Pacific**, 109: 990-997, 1997.

CASWELL, J.L.; MURRAY, J.D.; ROGER, R.S.; COLE, D.J.; COOKE, D.J. **Astronomy and Astrophysics**, 45: 239-258, 1975.

CLARK, D.H.; CASWELL, J.L. **Mon. Not. Royal Astronomical Society**, 174: 267-305, 1976.

COPETTI, M.V.F.; OLIVEIRA, V.A.; RIFFEL, R.; CASTAÑEDA, H.O.; SANMARTIM, D. **Astronomy and Astrophysics**, 472: 847-854, 2007.

DANZIGER, I.J.; DENNEFELD, M. **Astronomy and Astrophysics**, 36: 149-152, 1974.

DE LUCA, A.; CARAVEO, P.A.; MEREGHETTI, S.; TIENGO, A.; BIGNAMI, G.F. **Science**, 313: 814-817, 2006.

DE ROBERTIS, M.M.; DUFOUR, R.J.; HUNT, R.W. **J. Roy. Astron. Soc. of Canada**, 81, 6: 195-220, 1987.

DICKEL, J.R.; GREEN, A.; YE, T.; MILNE, D.K. **Astronomical Journal**, 111, 1: 340-345, 1996.

DOPITA, M.A.; D'ODORICO, S.; BENVENUTI, P. **The Astrophysical Journal**, 236: 628-644, 1980.

GREEN, D.A. **Bulletin of the Astronomical Society of India**, 32: 335-370, 2004.

- GREEN, D.A.; STEPHENSON, F.R. **ARxiv:astro-ph/0301603v1**, 2003.
- GUSEINOV, O.H.; ANKAY, A.; TAGIEVA, S.O. **Serbian Astronomical Journal**, 169: 65-82, 2004.
- LANG, K.R.; **Astrophysical Data: Planets and Stars**. 1st ed. New York, NY: Springer-Verlag, 1991. 937 p.
- LEIBOWITZ, E.M.; DANZIGER, I.J. **Mon. Not. Royal Astronomical Society**, 204: 273-287, 1983.
- MALLMANN, J.A.H. **Estudo de Variações Internas de Densidade Eletrônica em Regiões HII Galácticas**. Santa Maria: UFSM, 1998, 109 f. Dissertação “Mestrado em Física” - Universidade Federal de Santa Maria, 1998.
- NUGENT, J.J.; PRAVDO, S.H.; GARMIRE, G.P.; BECKER, R.H.; TUOHY, I.R.; WINKLER, P.F. **Astrophysics Journal**, 284: 612-630, 1984.
- OLIVA, E.; MOORWOOD, A.F.M.; DANZIGER, I.J. **Astronomy and Astrophysics**, 240: 453-466, 1990.
- OSTERBROCK, D.E.; FERLAND, G.J. **Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei**. 2nd ed. Mill Valey, CA: University Science Books, 2006. 461 p.
- PARON, S.; REYSNO, E.; DUBNER, G.; CASTELLETTI, G. **Bol. Asociación Argentina de Astronomia**, 47: 272-275, 2004.
- RODGERS, A.W.; CAMPBELL, C.T.; WHITEOAK, J.B. **Mon. Not. Royal Astronomical Society**, 121: 103-110, 1960.
- TUOHY, I.; GARMIRE, G. **Astrophysics Journal**, 293: 107-110, 1980.
- WEILER, K.W., SRAMEK, R.A. **Ann. Rev. Astronomy and Astrophysics**, 26: 295-341, 1988.
- WESTERLUND, B.E. **Astronomical Journal**, 74, 7: 882-890, 1969.
- WESTERLUND, B.E.; MATHEWSON, D.S. **Mon. Not. Royal Astronomical Society**, 131: 371-381, 1966.
- WRITZL, B.C. **Estudo de Densidade Eletrônica em Nebulosas Planetárias**. Santa Maria: UFSM, 2000, 58f. Dissertação “Mestrado em física” - Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

Apêndice A

Fluxo em $H\alpha$ de RCW 103

Neste apêndice, na forma de tabelas, apresentam-se todos os resultados utilizados para a confecção dos mapas de fluxo em $H\alpha$ e seus respectivos erros. Os valores dos fluxos estão em unidades de 10^{-14} erg cm⁻² s⁻¹. Cada uma das tabelas apresenta-se em dois grandes blocos, que se referem a posição da fenda em relação à estrela de referência. Cada um desses blocos é subdividido nas componentes 1 e 2, as quais apresentam os fluxos e respectivos erros para cada abertura. As aberturas destacadas com uma seta indicam a existência de duas componentes; as demais apresentam apenas uma, cujos valores são apresentados sob a coluna “componente 1” das tabelas. As linhas rotuladas com o sinal de asterisco são aquelas com baixa relação sinal/ruído, normalmente nas bordas da nebulosa.

Tabela A.1: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 20'' e 15'' ao Sul da estrela de referência.

$\Delta\delta = 20''$ S							$\Delta\delta = 15''$ S					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%
1	0,226	0,014	6,30				0,187	0,014	7,24			
2	0,229	0,014	6,28				0,243	0,016	6,61			
3	0,241	0,015	6,20				0,241	0,017	7,23			
4	0,288	0,018	6,33				0,286	0,018	6,12			
5	0,291	0,016	5,48				0,310	0,018	5,80			
6	0,343	0,017	4,93				0,337	0,017	5,00			
7	0,375	0,019	4,99				0,331	0,017	4,98			
8	0,375	0,018	4,69				0,486	0,019	3,85			
9	0,374	0,018	4,86				1,320	0,029	2,23			
10	0,386	0,018	4,58				0,826	0,024	2,87			
11	0,472	0,020	4,14				0,479	0,019	3,88			
12	0,555	0,021	3,80				0,755	0,023	3,05			
13	0,428	0,018	4,32				0,855	0,024	2,81			
14	0,350	0,017	4,94				0,602	0,020	3,26			
15	0,413	0,019	4,55				0,569	0,020	3,56			
16	0,500	0,020	3,99				0,436	0,018	4,18			
17	0,483	0,019	3,89				0,370	0,018	4,88			
18	0,447	0,019	4,19				0,351	0,018	5,06			
19	0,435	0,019	4,31				0,391	0,015	3,75			
20	0,399	0,019	4,71				0,401	0,019	4,66			
21	0,376	0,017	4,52				0,618	0,022	3,60			
22	0,347	0,018	5,07				1,221	0,030	2,48			
23	0,386	0,019	5,03				1,772	0,035	1,96			
24	0,428	0,018	4,25				2,640	0,042	1,59			
25	0,434	0,018	4,16				2,687	0,042	1,56			
26	0,488	0,019	3,85				1,854	0,035	1,91			
27	0,553	0,020	3,66				2,142	0,036	1,67			
28	1,219	0,031	2,53				0,345	0,017	5,01	1,826	0,032	1,77 ←
29	2,954	0,047	1,58				2,999	0,040	1,34			
30	4,363	0,052	1,19				3,783	0,046	1,22			
31	3,164	0,044	1,39				4,836	0,051	1,05			
32	2,623	0,040	1,51				4,506	0,050	1,11			
33	2,647	0,041	1,54				4,910	0,051	1,03			
34	1,576	0,033	2,07				5,668	0,055	0,97			
35	0,841	0,024	2,81				4,864	0,053	1,08			
36	0,813	0,024	2,99				3,304	0,043	1,31			
37	1,842	0,036	1,97				4,215	0,047	1,12			
38	4,341	0,053	1,22				4,386	0,047	1,08			
39	4,179	0,051	1,22				4,078	0,046	1,13			
40	3,793	0,048	1,27				5,062	0,050	0,99			
41	5,066	0,056	1,11				4,248	0,046	1,09			
42	5,760	0,059	1,02				3,376	0,041	1,21			
43	4,146	0,051	1,23				2,921	0,038	1,31			
44	2,869	0,042	1,48				2,975	0,039	1,30			
45	3,197	0,044	1,38				3,195	0,040	1,24			
46	2,316	0,037	1,61	1,149	0,028	2,48 ←	1,201	0,026	2,14	1,911	0,032	1,68 ←
47	2,111	0,037	1,74	1,290	0,030	2,33 ←	3,230	0,040	1,25			
48	2,012	0,036	1,81	0,440	0,021	4,73 ←	3,645	0,043	1,18			
49	1,829	0,035	1,89				1,886	0,032	1,72	1,274	0,027	2,11 ←
50	1,504	0,031	2,07				0,933	0,023	2,48	0,856	0,023	2,67 ←
51	1,297	0,029	2,27				1,262	0,027	2,16			
52	1,175	0,027	2,32				1,308	0,026	2,01			
53	0,834	0,024	2,87				0,863	0,022	2,52			
54	0,423	0,019	4,60				0,879	0,024	2,68			
55	0,284	0,016	5,51				1,022	0,025	2,42			
56	0,261	0,016	6,10				1,016	0,024	2,39			
57	0,431	0,019	4,41				0,606	0,019	3,17			
58	0,466	0,018	3,86				0,384	0,018	4,71			
59	*	*	*				0,245	0,013	5,26			
60	*	*	*				0,209	0,009	4,43			
61	*	*	*				0,087	0,007	7,52			
62	*	*	*				0,125	0,007	5,99			
63	*	*	*				0,059	0,005	8,26			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Tabela A.2: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 10'' e 5'' ao Sul da estrela de referência.

$\Delta\delta = 10''$ S							$\Delta\delta = 5''$ S						
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2			
N	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	
1	0,149	0,016	10,67				0,320	0,019	5,98				
2	0,254	0,023	8,97				0,332	0,018	5,43				
3	0,363	0,024	6,73				0,391	0,018	4,71				
4	0,407	0,025	6,18				0,400	0,018	4,47				
5	0,464	0,028	6,04				0,399	0,018	4,49				
6	0,486	0,028	5,77				0,405	0,018	4,46				
7	0,479	0,031	6,42				0,440	0,019	4,35				
8	0,563	0,028	4,94				0,836	0,024	2,93				
9	1,117	0,036	3,24				1,151	0,029	2,50				
10	1,262	0,038	2,99				1,148	0,028	2,48				
11	0,685	0,030	4,38				1,323	0,029	2,23				
12	0,786	0,034	4,35				1,259	0,029	2,29				
13	0,990	0,035	3,56				0,924	0,025	2,66				
14	0,815	0,031	3,75				1,044	0,027	2,60				
15	0,639	0,030	4,74				1,009	0,028	2,77				
16	0,532	0,031	5,76				0,933	0,027	2,88				
17	0,549	0,032	5,89				0,892	0,027	3,06				
18	0,524	0,028	5,35				0,964	0,027	2,84				
19	0,587	0,031	5,34				1,531	0,033	2,18				
20	0,852	0,035	4,14				2,209	0,037	1,67				
21	1,573	0,039	2,49				1,460	0,031	2,14	0,884	0,029	3,32	←
22	1,667	0,039	2,37				0,229	0,015	6,71	2,141	0,039	1,81	←
23	2,184	0,044	2,03				0,262	0,020	7,54	3,279	0,049	1,48	←
24	3,948	0,057	1,45				0,378	0,019	5,10	3,717	0,047	1,28	←
25	3,997	0,055	1,39				0,539	0,022	4,03	4,243	0,049	1,17	←
26	4,211	0,059	1,40				5,972	0,058	0,98				
27	3,975	0,060	1,50				8,724	0,071	0,81				
28	3,848	0,062	1,61				10,730	0,077	0,72				
29	5,242	0,067	1,28				7,890	0,069	0,88				
30	5,081	0,064	1,27				7,643	0,068	0,89				
31	3,013	0,052	1,73	1,920	0,044	2,28	←	9,480	0,073	0,78			
32	2,847	0,060	2,12	1,417	0,047	3,34	←	9,532	0,074	0,77			
33	3,523	0,054	1,53	2,207	0,043	1,97	←	9,452	0,074	0,78			
34	8,037	0,082	1,02				9,790	0,073	0,75				
35	10,230	0,091	0,89				9,715	0,075	0,77				
36	8,000	0,077	0,96				7,899	0,067	0,85				
37	5,905	0,067	1,14				8,226	0,071	0,86				
38	5,030	0,065	1,29				7,019	0,064	0,91				
39	5,417	0,068	1,26				4,906	0,053	1,08				
40	4,795	0,064	1,33				3,566	0,046	1,28				
41	3,658	0,058	1,57				3,245	0,043	1,33				
42	2,805	0,052	1,84				2,737	0,039	1,42				
43	2,230	0,047	2,12				2,351	0,037	1,57				
44	2,233	0,048	2,14				2,043	0,035	1,73				
45	3,473	0,057	1,64				2,095	0,035	1,66				
46	3,156	0,052	1,64				2,393	0,037	1,56				
47	3,251	0,055	1,70				2,579	0,038	1,48				
48	4,804	0,063	1,31				2,914	0,040	1,39				
49	4,305	0,060	1,38				2,692	0,039	1,43				
50	3,361	0,054	1,60				2,108	0,035	1,65				
51	2,183	0,043	1,98				1,404	0,029	2,09				
52	1,496	0,038	2,54				1,302	0,028	2,18				
53	1,512	0,041	2,69				1,344	0,028	2,08				
54	1,730	0,041	2,38				0,828	0,023	2,72				
55	1,428	0,041	2,89				0,700	0,022	3,15				
56	1,650	0,040	2,41				0,766	0,022	2,90				
57	0,833	0,032	3,86				0,536	0,019	3,54				
58	0,606	0,029	4,85				0,372	0,017	4,67				
59	0,619	0,023	3,77				0,235	0,013	5,62				
60	0,333	0,013	3,92				0,056	0,006	10,25				
61	0,254	0,011	4,48				0,041	0,005	11,93				
62	0,204	0,011	5,30				0,046	0,005	10,38				
63	0,104	0,008	7,66				*	*	*				
64	*	*	*				*	*	*				
65	*	*	*				*	*	*				

Tabela A.3: Fluxo em H α de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e 5'' ao Norte.

$\Delta\delta = 0''$							$\Delta\delta = 5''$ N						
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2			
N	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	
1	*	*	*				0,511	0,024	4,68				
2	*	*	*				0,592	0,025	4,18				
3	0,335	0,027	8,18				0,515	0,022	4,36				
4	0,295	0,027	9,16				0,645	0,025	3,83				
5	0,321	0,027	8,39				0,658	0,025	3,83				
6	0,548	0,037	6,75				0,648	0,025	3,82				
7	0,707	0,041	5,73				0,626	0,025	3,93				
8	0,963	0,044	4,61				0,670	0,025	3,78				
9	1,264	0,049	3,84				0,807	0,027	3,38				
10	1,396	0,050	3,56				1,072	0,034	3,18				
11	1,455	0,052	3,58				0,636	0,025	3,94	0,695	0,027	3,82 ←	
12	1,526	0,053	3,48				1,383	0,034	2,49				
13	1,435	0,052	3,60				1,660	0,036	2,19				
14	1,784	0,056	3,16				2,064	0,039	1,88				
15	2,389	0,065	2,74				2,948	0,046	1,57				
16	2,660	0,066	2,49				3,459	0,049	1,43				
17	3,171	0,072	2,28				4,431	0,055	1,24				
18	3,748	0,078	2,07				4,796	0,059	1,23				
19	4,796	0,086	1,79				5,403	0,061	1,13				
20	6,021	0,097	1,62				6,858	0,067	0,98				
21	4,517	0,087	1,92	2,159	0,064	2,96 ←	6,804	0,066	0,97				
22	2,248	0,064	2,85	4,126	0,083	2,02 ←	6,243	0,063	1,01				
23	1,561	0,054	3,48	5,543	0,094	1,70 ←	2,882	0,044	1,54	2,339	0,044	1,89 ←	
24	1,174	0,053	4,47	6,180	0,100	1,63 ←	0,862	0,029	3,42	3,299	0,047	1,43 ←	
25	1,188	0,050	4,17	7,755	0,110	1,42 ←	0,956	0,029	3,03	3,909	0,049	1,26 ←	
26	1,671	0,060	3,57	8,249	0,115	1,39 ←	1,180	0,033	2,79	4,144	0,051	1,24 ←	
27	1,946	0,060	3,06	11,820	0,135	1,14 ←	1,674	0,035	2,07	3,128	0,044	1,42 ←	
28	5,453	0,094	1,73	10,240	0,126	1,23 ←	2,952	0,043	1,47	5,352	0,058	1,08 ←	
29	8,632	0,116	1,35	8,639	0,116	1,34 ←	3,022	0,040	1,34	10,120	0,078	0,77 ←	
30	6,426	0,103	1,60	8,964	0,120	1,33 ←	12,190	0,082	0,67				
31	17,650	0,164	0,93				8,016	0,065	0,81				
32	18,020	0,167	0,92				3,520	0,045	1,28				
33	16,150	0,157	0,97				0,658	0,024	3,69	2,549	0,041	1,59 ←	
34	15,440	0,154	1,00				0,594	0,024	3,96	4,049	0,049	1,21 ←	
35	18,460	0,167	0,91				4,901	0,053	1,09				
36	17,840	0,165	0,93				4,814	0,051	1,06				
37	17,660	0,163	0,93				5,803	0,056	0,97				
38	18,530	0,168	0,91				6,253	0,058	0,92				
39	12,210	0,137	1,12				2,651	0,038	1,42				
40	9,172	0,120	1,30				1,628	0,030	1,87				
41	6,610	0,103	1,56				1,063	0,026	2,43				
42	4,787	0,090	1,88				1,037	0,026	2,49				
43	1,617	0,055	3,38	2,352	0,064	2,74 ←	1,152	0,026	2,28				
44	4,089	0,082	1,99				1,343	0,029	2,14				
45	5,108	0,090	1,77				1,132	0,027	2,42				
46	5,188	0,091	1,75				1,602	0,030	1,88				
47	3,437	0,074	2,16	0,658	0,055	8,38 ←	1,906	0,032	1,67				
48	2,679	0,067	2,51	1,321	0,054	4,11 ←	1,249	0,027	2,20				
49	2,570	0,065	2,55	0,819	0,042	5,16 ←	0,615	0,020	3,32				
50	2,457	0,065	2,65				0,397	0,018	4,55				
51	2,100	0,060	2,86				0,329	0,018	5,54				
52	1,646	0,055	3,33				0,251	0,017	6,65				
53	1,643	0,055	3,36				0,187	0,014	7,52				
54	1,135	0,045	4,00				0,197	0,018	9,02				
55	0,883	0,043	4,85				0,232	0,016	6,90				
56	0,757	0,039	5,18				0,190	0,017	9,17				
57	0,588	0,039	6,69				0,171	0,016	9,44				
58	0,517	0,036	6,94				0,172	0,015	8,55				
59	0,393	0,032	8,22				0,131	0,016	12,09				
60	0,307	0,036	11,73				*	*	*				
61	0,260	0,030	11,66				*	*	*				
62	0,219	0,033	15,18				*	*	*				
63	0,262	0,029	10,89				*	*	*				
64	0,326	0,032	9,76				*	*	*				
65	0,317	0,038	11,97				*	*	*				

Tabela A.4: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 10'' e 15'' ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 10''$ N						$\Delta\delta = 15''$ N							
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2				
	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%		
1	0,393	0,030	7,54				0,267	0,014	5,26					
2	0,376	0,032	8,58				0,250	0,012	4,94					
3	0,435	0,034	7,74				0,281	0,013	4,64					
4	0,412	0,032	7,70				0,309	0,015	4,74					
5	0,467	0,032	6,90				0,320	0,014	4,46					
6	0,460	0,033	7,22				0,341	0,014	4,22					
7	0,459	0,033	7,21				0,363	0,015	4,18					
8	0,508	0,033	6,51				0,296	0,014	4,57					
9	0,538	0,036	6,73				0,408	0,015	3,75					
10	0,631	0,035	5,51				0,830	0,020	2,46					
11	0,914	0,041	4,45				0,603	0,018	2,91					
12	0,884	0,040	4,58				0,756	0,019	2,58					
13	0,959	0,042	4,42				1,255	0,025	2,02					
14	1,694	0,053	3,11				1,060	0,023	2,18					
15	1,926	0,054	2,78				1,184	0,024	2,05					
16	2,098	0,057	2,71				3,142	0,038	1,22					
17	3,044	0,067	2,21				3,158	0,038	1,21					
18	1,559	0,049	3,15	1,711	0,051	2,99	←	2,565	0,034	1,33				
19	1,108	0,044	3,95	2,984	0,066	2,21	←	2,977	0,037	1,24				
20	4,640	0,081	1,74				1,379	0,026	1,87	2,227	0,032	1,45	←	
21	4,293	0,079	1,83				1,592	0,027	1,71	2,191	0,032	1,46	←	
22	4,412	0,079	1,78				4,575	0,045	0,99					
23	2,053	0,057	2,78	2,075	0,058	2,79	←	6,051	0,052	0,87				
24	0,919	0,042	4,56	2,652	0,063	2,38	←	7,913	0,060	0,76				
25	0,819	0,039	4,81	3,042	0,066	2,17	←	6,760	0,055	0,82				
26	1,179	0,048	4,05	3,345	0,070	2,10	←	6,629	0,056	0,84				
27	1,264	0,046	3,65	2,695	0,062	2,29	←	6,000	0,052	0,87				
28	1,977	0,056	2,83	4,745	0,082	1,72	←	5,281	0,049	0,93				
29	1,917	0,055	2,85	8,034	0,105	1,31	←	3,690	0,041	1,11				
30	8,414	0,108	1,28				2,743	0,036	1,30					
31	5,072	0,083	1,63				1,782	0,029	1,63	1,178	0,023	1,99	←	
32	2,858	0,065	2,27				0,894	0,021	2,33	1,893	0,030	1,57	←	
33	0,450	0,036	7,93	2,718	0,065	2,38	←	1,088	0,022	2,06	3,287	0,039	1,18	←
34	0,587	0,035	5,88	3,527	0,071	2,00	←	1,700	0,028	1,65	1,699	0,028	1,66	←
35	0,359	0,032	8,81	3,461	0,071	2,04	←	1,534	0,027	1,78	1,431	0,026	1,84	←
36	4,306	0,081	1,87				2,691	0,036	1,34					
37	4,450	0,078	1,76				2,356	0,033	1,40					
38	4,767	0,082	1,71				1,195	0,024	2,03					
39	2,126	0,058	2,75				1,201	0,024	2,01					
40	1,253	0,044	3,50				0,637	0,018	2,88					
41	0,980	0,042	4,28				*	*	*					
42	0,793	0,038	4,79				*	*	*					
43	0,921	0,043	4,67				0,682	0,018	2,60					
44	1,402	0,047	3,35				0,807	0,020	2,48					
45	1,098	0,044	3,99				0,674	0,019	2,75					
46	1,640	0,052	3,17				0,959	0,022	2,25					
47	1,719	0,052	3,03				0,956	0,022	2,28					
48	1,005	0,042	4,15				0,430	0,016	3,72					
49	0,616	0,039	6,35				*	*	*					
50	0,451	0,032	7,09				*	*	*					
51	0,400	0,030	7,57				0,213	0,013	5,88					
52	0,328	0,029	8,93				0,152	0,010	6,76					
53	0,360	0,033	9,06				0,181	0,011	6,01					
54	0,327	0,029	8,77				0,167	0,011	6,70					
55	0,341	0,023	6,88				0,148	0,011	7,09					
56	0,304	0,030	9,85				0,139	0,010	7,20					
57	0,309	0,030	9,68				0,148	0,010	6,98					
58	0,279	0,031	11,05				0,143	0,012	8,20					
59	0,147	0,020	13,41				*	*	*					
60	*	*	*				*	*	*					
61	*	*	*				*	*	*					
62	*	*	*				*	*	*					
63	*	*	*				*	*	*					
64	*	*	*				*	*	*					
65	*	*	*				*	*	*					

Tabela A.5: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 20'' e 25'' ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 20''$ N				$\Delta\delta = 25''$ N								
	componente 1		componente 2		componente 1		componente 2						
	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%				
1	0,312	0,018	5,90				*	*	*				
2	0,406	0,020	4,81				*	*	*				
3	0,538	0,023	4,35				0,216	0,011	5,14				
4	0,497	0,023	4,60				0,203	0,010	5,04				
5	0,391	0,022	5,59				0,164	0,009	5,67				
6	0,341	0,020	5,85				0,168	0,013	7,79				
7	0,342	0,019	5,70				0,262	0,014	5,31				
8	*	*	*				*	*	*				
9	*	*	*				*	*	*				
10	0,612	0,025	4,12				0,545	0,018	3,33				
11	0,186	0,017	9,11	0,759	0,027	3,55	←	0,792	0,021	2,70			
12	0,242	0,019	7,67	1,142	0,032	2,81	←	1,214	0,027	2,22			
13	1,191	0,032	2,70				1,428	0,031	2,16				
14	1,511	0,036	2,39				1,492	0,031	2,05				
15	1,794	0,039	2,17				1,424	0,031	2,16				
16	2,156	0,043	1,99	0,252	0,018	7,01	←	1,461	0,028	1,93			
17	1,993	0,042	2,09	0,355	0,020	5,70	←	2,176	0,036	1,67			
18	3,023	0,050	1,67				3,468	0,048	1,40				
19	4,147	0,058	1,40				3,888	0,050	1,29				
20	5,932	0,069	1,17				4,144	0,050	1,20				
21	5,707	0,067	1,18				8,633	0,077	0,89				
22	5,103	0,064	1,26				6,070	0,061	1,01				
23	5,331	0,067	1,25				4,101	0,049	1,19				
24	7,449	0,077	1,03				5,006	0,055	1,09				
25	10,060	0,089	0,88				6,468	0,063	0,97				
26	5,764	0,068	1,18				4,886	0,052	1,06				
27	3,792	0,055	1,45				4,521	0,050	1,11				
28	3,362	0,053	1,57				7,424	0,070	0,94				
29	2,766	0,048	1,74	0,243	0,018	7,40	←	8,346	0,077	0,93			
30	2,149	0,043	2,00	0,274	0,019	6,98	←	4,100	0,050	1,22			
31	1,637	0,038	2,30	1,323	0,034	2,58	←	4,058	0,050	1,24			
32	1,265	0,034	2,67	1,666	0,038	2,31	←	4,954	0,057	1,16			
33	1,624	0,037	2,30	2,487	0,045	1,82	←	4,309	0,051	1,19			
34	2,078	0,042	2,01	1,157	0,033	2,81	←	3,036	0,041	1,35			
35	1,966	0,041	2,06	0,553	0,022	4,01	←	2,030	0,034	1,65			
36	2,073	0,042	2,05				1,467	0,029	1,95	0,130	0,012	9,07	←
37	2,093	0,043	2,03				1,168	0,026	2,20	0,293	0,014	4,77	←
38	0,924	0,029	3,10				1,192	0,026	2,19	0,427	0,016	3,84	←
39	0,997	0,030	3,03				0,988	0,023	2,38	0,408	0,016	3,95	←
40	0,492	0,022	4,47				0,767	0,021	2,68	0,509	0,018	3,46	←
41	0,573	0,025	4,32				1,003	0,024	2,34	0,325	0,014	4,40	←
42	0,818	0,028	3,42				1,385	0,028	2,00				
43	0,933	0,029	3,09				0,847	0,022	2,60				
44	0,720	0,027	3,69				0,852	0,022	2,63				
45	0,707	0,024	3,42				1,009	0,024	2,42				
46	*	*	*				1,421	0,029	2,07				
47	*	*	*				1,011	0,024	2,36				
48	*	*	*				0,684	0,020	2,91				
49	*	*	*				0,902	0,024	2,61				
50	0,226	0,017	7,56				0,771	0,021	2,75				
51	0,206	0,016	7,86				0,314	0,014	4,50				
52	0,171	0,016	9,59				0,192	0,012	6,29				
53	0,211	0,015	7,03				0,167	0,011	6,68				
54	0,195	0,017	8,58				0,225	0,013	6,01				
55	0,191	0,016	8,16				0,276	0,014	4,89				
56	0,195	0,015	7,64				0,268	0,014	5,08				
57	0,173	0,016	9,38				0,258	0,013	5,21				
58	0,160	0,016	9,71				0,213	0,013	6,27				
59	0,090	0,009	10,41				0,112	0,009	7,79				
60	*	*	*				0,136	0,010	7,44				
61	*	*	*				0,145	0,010	6,55				
62	*	*	*				0,123	0,010	7,92				
63	*	*	*				0,114	0,009	7,86				
64	*	*	*				0,110	0,009	8,07				
65	*	*	*				0,103	0,009	8,84				

Tabela A.6: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 30'' e 35'' ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 30''$ N							$\Delta\delta = 35''$ N					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%
1	*	*	*				0,548	0,019	3,47			
2	*	*	*				0,398	0,018	4,49			
3	0,386	0,017	4,29				0,385	0,018	4,57			
4	0,372	0,017	4,58				0,518	0,019	3,62			
5	0,370	0,017	4,50				0,472	0,018	3,79			
6	0,331	0,017	5,16				0,353	0,016	4,57			
7	0,351	0,016	4,69				*	*	*			
8	0,560	0,019	3,38				0,612	0,019	3,03			
9	0,714	0,021	3,00				0,976	0,023	2,39			
10	1,064	0,026	2,43				1,435	0,027	1,90			
11	1,984	0,035	1,75				2,764	0,037	1,35			
12	3,835	0,048	1,26				2,961	0,039	1,31			
13	3,946	0,046	1,17				1,929	0,032	1,66			
14	4,093	0,047	1,14				2,600	0,036	1,38			
15	3,451	0,043	1,26				2,518	0,035	1,41			
16	3,282	0,043	1,30				2,870	0,038	1,32			
17	4,264	0,050	1,16				3,546	0,042	1,17			
18	6,526	0,060	0,92				4,103	0,045	1,10			
19	14,090	0,090	0,64				6,830	0,058	0,85			
20	13,450	0,087	0,64				6,559	0,056	0,86			
21	7,290	0,063	0,87				4,052	0,045	1,11			
22	7,227	0,062	0,86				4,564	0,047	1,04			
23	6,560	0,060	0,92				3,228	0,040	1,24	1,420	0,027	1,90 ←
24	5,492	0,055	0,99	0,435	0,020	4,58 ←	1,759	0,030	1,73	1,374	0,028	2,00 ←
25	5,775	0,056	0,96	0,257	0,015	5,86 ←	1,795	0,030	1,67	0,665	0,020	2,98 ←
26	4,179	0,048	1,15	0,260	0,016	6,23 ←	2,020	0,032	1,57	0,444	0,017	3,72 ←
27	3,481	0,044	1,25	0,616	0,020	3,21 ←	1,327	0,027	2,03	0,787	0,022	2,78 ←
28	1,871	0,032	1,72	0,623	0,019	3,12 ←	1,921	0,032	1,65			
29	1,890	0,032	1,71	0,364	0,016	4,45 ←	1,371	0,027	1,96			
30	2,196	0,036	1,64	0,317	0,016	5,12 ←	1,630	0,029	1,77			
31	1,618	0,031	1,91	0,738	0,021	2,87 ←	1,075	0,024	2,25			
32	0,818	0,023	2,86	0,869	0,023	2,70 ←	0,699	0,020	2,89			
33	0,559	0,019	3,43	0,494	0,019	3,87 ←	0,558	0,019	3,46			
34	0,919	0,023	2,54				0,696	0,021	3,06			
35	1,045	0,025	2,42				0,877	0,023	2,63			
36	1,675	0,032	1,91				1,153	0,025	2,17			
37	2,584	0,038	1,47				1,245	0,026	2,07			
38	2,960	0,041	1,37				1,888	0,032	1,67			
39	3,897	0,046	1,18				2,078	0,033	1,58			
40	3,199	0,043	1,33				2,054	0,032	1,57			
41	3,200	0,045	1,42				3,685	0,043	1,16			
42	1,610	0,031	1,94				1,091	0,025	2,27			
43	0,803	0,023	2,85				0,460	0,018	3,87			
44	0,400	0,018	4,48				0,362	0,017	4,57			
45	*	*	*				0,212	0,014	6,79			
46	*	*	*				0,151	0,011	7,33			
47	*	*	*				0,180	0,012	6,81			
48	*	*	*				0,296	0,015	5,19			
49	0,377	0,017	4,51				0,259	0,015	5,90			
50	0,441	0,017	3,92				0,307	0,015	4,88			
51	0,291	0,015	5,16				0,338	0,016	4,59			
52	0,263	0,014	5,21				0,366	0,016	4,50			
53	0,412	0,018	4,27				0,372	0,017	4,49			
54	0,787	0,023	2,92				0,367	0,016	4,40			
55	0,575	0,019	3,36				0,419	0,016	3,81			
56	0,483	0,019	3,95				0,748	0,021	2,74			
57	0,393	0,017	4,40				0,961	0,025	2,56			
58	*	*	*				0,520	0,018	3,43			
59	*	*	*				0,407	0,019	4,67			
60	*	*	*				*	*	*			
61	*	*	*				*	*	*			
62	*	*	*				*	*	*			
63	*	*	*				*	*	*			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Tabela A.7: Fluxo em H α de RCW 103, com fenda orientada a 40'' e 45'' ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 40''$ N								$\Delta\delta = 45''$ N							
componente 1				componente 2				componente 1				componente 2			
N	F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%		F(H α)	Erro	%	F(H α)	Erro	%		
1	0,752	0,023	3,09					0,398	0,016	4,12					
2	0,379	0,017	4,61					0,324	0,016	4,98					
3	0,363	0,017	4,67					0,301	0,014	4,77					
4	0,444	0,018	4,05					0,379	0,015	4,05					
5	0,569	0,020	3,43					0,503	0,018	3,54					
6	1,335	0,029	2,20					0,991	0,024	2,39					
7	1,707	0,032	1,89					2,787	0,037	1,32					
8	1,387	0,029	2,09					1,802	0,030	1,69					
9	1,330	0,029	2,15					1,798	0,031	1,71					
10	1,598	0,031	1,96					1,416	0,027	1,89					
11	1,955	0,035	1,80					1,532	0,028	1,81					
12	1,665	0,032	1,94					1,538	0,028	1,81					
13	1,516	0,030	2,00					1,783	0,030	1,67					
14	2,187	0,037	1,68					1,859	0,030	1,64					
15	2,101	0,036	1,72					1,547	0,028	1,83					
16	2,135	0,037	1,75					1,244	0,025	2,01					
17	1,344	0,030	2,22					0,745	0,020	2,72					
18	0,942	0,024	2,60					0,957	0,023	2,37					
19	1,101	0,028	2,52					0,682	0,020	2,90					
20	1,862	0,034	1,85					1,062	0,024	2,25					
21	2,725	0,041	1,51					1,896	0,031	1,63					
22	2,766	0,041	1,49					2,907	0,038	1,30					
23	3,703	0,046	1,25					6,312	0,055	0,88					
24	2,804	0,041	1,46					2,995	0,038	1,28					
25	1,904	0,035	1,82					0,978	0,023	2,36					
26	1,019	0,026	2,59					0,560	0,017	3,00					
27	0,583	0,021	3,55	0,203	0,014	6,92	←	*	*	*					
28	0,456	0,020	4,29	0,216	0,015	7,05	←	*	*	*					
29	0,439	0,019	4,36	0,060	0,012	19,78	←	*	*	*					
30	0,261	0,015	5,67	0,311	0,015	4,91	←	*	*	*					
31	0,535	0,020	3,72	0,472	0,020	4,19	←	1,120	0,025	2,25					
32	0,676	0,023	3,43	0,450	0,019	4,21	←	1,124	0,024	2,15					
33	1,024	0,026	2,50					1,082	0,024	2,22					
34	0,898	0,025	2,79					0,954	0,023	2,41					
35	0,731	0,023	3,13	0,159	0,014	8,50	←	0,938	0,023	2,42					
36	0,507	0,019	3,66	0,219	0,014	6,28	←	1,795	0,030	1,67					
37	0,363	0,017	4,71	0,317	0,016	5,09	←	1,964	0,031	1,58					
38	0,468	0,019	4,04	0,353	0,017	4,87	←	1,859	0,031	1,66					
39	0,606	0,019	3,09	0,502	0,017	3,41	←	1,713	0,029	1,71					
40	2,048	0,036	1,75					1,875	0,031	1,64					
41	2,314	0,039	1,68					2,040	0,032	1,56					
42	0,826	0,024	2,94					1,185	0,025	2,07					
43	0,498	0,019	3,91					0,732	0,020	2,68					
44	0,541	0,020	3,77					0,696	0,020	2,87					
45	0,334	0,017	5,16					0,601	0,018	2,96					
46	0,339	0,017	4,90					0,467	0,015	3,29					
47	0,366	0,017	4,64					0,515	0,018	3,48					
48	0,465	0,019	4,11					0,460	0,017	3,80					
49	0,668	0,022	3,31					1,191	0,025	2,07					
50	0,863	0,024	2,78					1,177	0,024	2,08					
51	0,729	0,022	3,06					0,603	0,019	3,08					
52	0,506	0,019	3,79					0,520	0,017	3,21					
53	0,239	0,016	6,76					0,168	0,011	6,61					
54	0,223	0,014	6,31					0,176	0,012	6,70					
55	0,372	0,017	4,60					0,374	0,015	4,07					
56	0,724	0,022	3,09					0,627	0,018	2,84					
57	0,592	0,022	3,64					*	*	*					
58	0,229	0,016	6,91					*	*	*					
59	*	*	*					*	*	*					
60	*	*	*					*	*	*					
61	*	*	*					*	*	*					
62	*	*	*					*	*	*					
63	*	*	*					*	*	*					
64	*	*	*					*	*	*					
65	*	*	*					*	*	*					

Apêndice B

Densidade Eletrônica de RCW 103

Neste apêndice, na forma de tabelas, apresentam-se todos os resultados utilizados para a confecção dos mapas de densidade eletrônica, as respectivas razões das linhas do dubleto do [SII] e os erros associados. Os valores de densidade estão em unidades de cm^{-3} . Cada uma das tabelas apresenta-se em dois grandes blocos, que referem-se a posição da fenda em relação à estrela de referência. Cada um desses blocos é subdividido nas componentes 1 e 2, as quais apresentam, por abertura, a razão de linhas do dubleto do [SII], o erro da razão, a densidade eletrônica e os limites superiores e inferiores de densidade. As aberturas destacadas com uma seta indicam a existência de duas componentes; as demais apresentam apenas uma, cujos valores são apresentados sob a coluna “componente 1” das tabelas. As linhas em que todas as colunas são rotuladas com sinais de asterisco são aquelas com espectro de baixa relação sinal/ruído, e as linhas em que apenas uma ou duas colunas possuem esse sinal são aquelas em que a razão de linhas do [SII] está abaixo ou acima do valor de saturação; a saber, $\sim 0,49$ e $1,45$, respectivamente.

Tabela B.1: $R_{S\ II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.

$\Delta\delta = 20''\ S$							$\Delta\delta = 15''\ S$					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e
1	*	*	*				*	*	*			
2	*	*	*				*	*	*			
3	*	*	*				*	*	*			
4	1,25	0,24	172^{+400}_{-172}				1,43	0,32	2^{+380}_{-2}			
5	1,24	0,24	194^{+425}_{-194}				1,29	0,20	129^{+286}_{-129}			
6	1,02	0,13	552^{+392}_{-246}				1,26	0,19	162^{+276}_{-162}			
7	1,05	0,12	490^{+330}_{-16}				1,22	0,16	215^{+262}_{-170}			
8	1,18	0,13	271^{+219}_{-153}				1,07	0,10	447^{+224}_{-163}			
9	1,04	0,13	519^{+369}_{-234}				0,58	0,03	4821^{+1263}_{-899}			
10	1,15	0,14	311^{+264}_{-178}				0,84	0,05	1178^{+270}_{-211}			
11	1,00	0,10	604^{+299}_{-207}				1,28	0,13	138^{+175}_{-126}			
12	0,96	0,08	715^{+286}_{-206}				1,03	0,07	543^{+193}_{-148}			
13	1,07	0,15	444^{+395}_{-240}				0,98	0,07	654^{+207}_{-159}			
14	1,00	0,16	599^{+546}_{-304}				0,93	0,10	791^{+390}_{-259}			
15	1,31	0,17	105^{+218}_{-105}				1,26	0,14	167^{+190}_{-135}			
16	1,14	0,16	323^{+319}_{-201}				1,41	0,20	16^{+201}_{-16}			
17	1,08	0,15	436^{+363}_{-229}				1,24	0,16	186^{+238}_{-159}			
18	1,17	0,16	284^{+306}_{-194}				1,20	0,17	240^{+306}_{-190}			
19	1,04	0,13	523^{+373}_{-236}				1,31	0,18	107^{+225}_{-107}			
20	0,99	0,14	630^{+477}_{-284}				1,28	0,14	137^{+178}_{-128}			
21	1,04	0,13	516^{+348}_{-229}				1,06	0,10	471^{+240}_{-173}			
22	0,98	0,12	650^{+403}_{-258}				0,88	0,05	999^{+213}_{-172}			
23	0,83	0,12	1225^{+932}_{-482}				0,80	0,03	1380^{+206}_{-171}			
24	0,88	0,10	978^{+510}_{-322}				0,78	0,03	1505^{+160}_{-161}			
25	0,97	0,11	680^{+375}_{-247}				0,82	0,03	1253^{+156}_{-134}			
26	1,01	0,10	589^{+290}_{-93}				0,88	0,04	985^{+160}_{-136}			
27	0,93	0,09	814^{+376}_{-254}				0,97	0,03	675^{+95}_{-83}			
28	0,89	0,05	967^{+203}_{-164}				0,90	0,05	925^{+203}_{-163}	0,92	0,04	837^{+147}_{-123} ←
29	0,81	0,02	1353^{+152}_{-133}				0,86	0,02	1072^{+112}_{-99}			
30	0,78	0,02	1527^{+134}_{-119}				0,85	0,02	1103^{+92}_{-83}			
31	0,80	0,02	1381^{+131}_{-115}				0,83	0,01	1234^{+81}_{-74}			
32	0,80	0,02	1378^{+140}_{-122}				0,81	0,01	1342^{+88}_{-80}			
33	0,81	0,02	1311^{+138}_{-121}				0,79	0,01	1445^{+87}_{-79}			
34	0,88	0,04	995^{+157}_{-132}				0,77	0,01	1583^{+67}_{-88}			
35	1,12	0,08	364^{+149}_{-118}				0,76	0,02	1647^{+122}_{-110}			
36	1,00	0,07	612^{+136}_{-147}				0,84	0,02	1158^{+92}_{-103}			
37	0,88	0,03	968^{+137}_{-117}				0,84	0,02	1169^{+95}_{-85}			
38	0,83	0,02	1238^{+105}_{-95}				0,78	0,02	1498^{+127}_{-114}			
39	0,81	0,02	1333^{+116}_{-103}				0,81	0,02	1327^{+109}_{-99}			
40	0,81	0,02	1302^{+113}_{-101}				0,87	0,02	1025^{+69}_{-62}			
41	0,84	0,02	1153^{+83}_{-76}				0,85	0,02	1124^{+79}_{-73}			
42	0,82	0,01	1270^{+85}_{-77}				0,78	0,02	1523^{+135}_{-129}			
43	0,78	0,02	1494^{+123}_{-109}				0,78	0,02	1482^{+145}_{-128}			
44	0,78	0,02	1500^{+156}_{-136}				0,75	0,02	1723^{+173}_{-151}			
45	0,78	0,02	1493^{+142}_{-125}	0,59	0,04	4417^{+1810}_{-1066} ←	0,78	0,02	1519^{+188}_{-138}	0,66	0,03	2778^{+530}_{-408} ←
46	0,74	0,02	1829^{+192}_{-167}	0,59	0,03	4636^{+1423}_{-932} ←	0,77	0,02	1570^{+188}_{-161}	0,73	0,02	1895^{+234}_{-199} ←
47	0,75	0,02	1764^{+204}_{-175}	0,64	0,03	3192^{+690}_{-511} ←	0,74	0,02	1844^{+151}_{-135}			
48	0,83	0,03	1219^{+168}_{-142}	0,74	0,05	1798^{+469}_{-343} ←	0,68	0,01	2539^{+213}_{-188}			
49	0,85	0,03	1119^{+146}_{-125}				0,65	0,02	2972^{+388}_{-300}	0,72	0,03	2003^{+340}_{-273} ←
50	0,78	0,03	1504^{+224}_{-187}				0,71	0,03	2131^{+347}_{-279}	0,72	0,04	1965^{+462}_{-344} ←
51	0,80	0,03	1403^{+239}_{-195}				0,81	0,03	1308^{+216}_{-179}			
52	0,75	0,04	1716^{+320}_{-254}				0,76	0,03	1624^{+270}_{-219}			
53	0,80	0,05	1360^{+358}_{-266}				0,79	0,04	1476^{+275}_{-220}			
54	0,94	0,10	787^{+380}_{-255}				0,81	0,04	1329^{+243}_{-199}			
55	0,98	0,14	671^{+507}_{-298}				0,81	0,04	1349^{+252}_{-203}			
56	1,11	0,16	385^{+382}_{-229}				0,82	0,04	1248^{+240}_{-192}			
57	1,05	0,10	496^{+241}_{-174}				0,87	0,06	1046^{+279}_{-213}			
58	0,89	0,07	965^{+335}_{-240}				0,87	0,07	1009^{+348}_{-250}			
59	*	*	*				0,81	0,09	1355^{+668}_{-411}			
60	*	*	*				*	*	*			
61	*	*	*				*	*	*			
62	*	*	*				*	*	*			
63	*	*	*				*	*	*			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Tabela B.2: $R_{S\ II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.

$\Delta\delta = 10''$ S							$\Delta\delta = 5''$ S					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e
1	*	*	*				*	*	*			
2	*	*	*				*	*	*			
3	*	*	*				*	*	*			
4	*	*	*				*	*	*			
5	*	*	*				*	*	*			
6	1,08	0,18	432^{+480}_{-267}				1,34	0,25	76^{+330}_{-76}			
7	1,31	0,29	108^{+454}_{-108}				1,04	0,15	508^{+415}_{-252}			
8	1,07	0,14	454^{+341}_{-219}				0,94	0,09	778^{+351}_{-240}			
9	0,79	0,05	1441^{+373}_{-155}				1,03	0,08	526^{+196}_{-150}			
10	0,78	0,04	1486^{+315}_{-246}				1,03	0,06	536^{+160}_{-128}			
11	1,17	0,12	284^{+216}_{-152}				0,95	0,04	728^{+133}_{-112}			
12	1,00	0,10	601^{+307}_{-211}				0,91	0,05	867^{+180}_{-147}			
13	0,90	0,09	906^{+385}_{-263}				0,98	0,06	651^{+172}_{-138}			
14	0,90	0,10	894^{+455}_{-294}				0,95	0,05	740^{+172}_{-139}			
15	0,89	0,11	943^{+593}_{-350}				0,98	0,06	665^{+166}_{-135}			
16	1,25	0,20	174^{+319}_{-174}				0,94	0,06	770^{+213}_{-167}			
17	1,46	0,28	< 269				0,99	0,07	624^{+218}_{-165}			
18	1,13	0,19	336^{+415}_{-237}				0,90	0,06	927^{+246}_{-189}			
19	0,93	0,11	802^{+439}_{-282}				0,70	0,03	2278^{+426}_{-332}			
20	0,78	0,06	1513^{+536}_{-364}				0,71	0,02	2115^{+293}_{-243}			
21	0,81	0,04	1342^{+269}_{-213}				0,69	0,03	2336^{+476}_{-364}	0,79	0,05	1427^{+330}_{-253} ←
22	0,78	0,04	1534^{+288}_{-230}				1,08	0,09	422^{+198}_{-147}	0,72	0,03	2057^{+310}_{-253} ←
23	0,81	0,03	1341^{+203}_{-152}				0,79	0,07	1424^{+558}_{-417}	0,74	0,02	1808^{+186}_{-161} ←
24	0,78	0,02	1511^{+192}_{-130}				0,74	0,06	1822^{+679}_{-417}	0,80	0,02	1374^{+111}_{-99} ←
25	0,82	0,02	1281^{+119}_{-105}				0,82	0,02	1273^{+86}_{-79}			
26	0,85	0,02	1121^{+93}_{-93}				0,82	0,01	1248^{+70}_{-65}			
27	0,85	0,02	1123^{+103}_{-93}				0,80	0,01	1360^{+60}_{-55}			
28	0,85	0,02	1140^{+112}_{-99}				0,81	0,01	1330^{+55}_{-51}			
29	0,87	0,02	1024^{+73}_{-66}				0,80	0,01	1365^{+73}_{-67}			
30	0,85	0,02	1096^{+78}_{-71}				0,82	0,02	1279^{+136}_{-118}	0,74	0,01	1813^{+134}_{-121} ←
31	0,84	0,02	1151^{+117}_{-103}	0,79	0,03	1469^{+199}_{-168} ←	0,76	0,01	1640^{+87}_{-80}			
32	0,85	0,02	1137^{+125}_{-109}	0,77	0,03	1576^{+232}_{-192} ←	0,81	0,01	1347^{+69}_{-63}			
33	0,82	0,02	1273^{+105}_{-95}	0,75	0,02	1778^{+226}_{-190} ←	0,85	0,01	1125^{+68}_{-51}			
34	0,78	0,01	1505^{+90}_{-82}				0,83	0,01	1220^{+58}_{-53}			
35	0,76	0,01	1666^{+90}_{-82}				0,79	0,01	1431^{+68}_{-63}			
36	0,78	0,01	1507^{+92}_{-84}				0,74	0,01	1831^{+101}_{-93}			
37	0,80	0,02	1408^{+111}_{-100}				0,73	0,01	1868^{+103}_{-99}			
38	0,78	0,02	1544^{+144}_{-126}				0,73	0,01	1890^{+109}_{-100}			
39	0,84	0,02	1147^{+92}_{-83}				0,81	0,01	1319^{+89}_{-81}			
40	0,84	0,02	1160^{+86}_{-77}				0,86	0,02	1075^{+86}_{-77}			
41	0,88	0,04	970^{+192}_{-157}	0,77	0,03	1574^{+234}_{-194} ←	0,88	0,02	976^{+80}_{-72}			
42	0,95	0,04	736^{+134}_{-115}	0,66	0,04	2740^{+714}_{-507} ←	0,87	0,02	1026^{+87}_{-78}			
43	0,95	0,04	744^{+127}_{-108}	0,70	0,05	2207^{+728}_{-489} ←	0,86	0,02	1060^{+104}_{-93}			
44	0,92	0,03	854^{+130}_{-111}	0,64	0,06	3211^{+1651}_{-903} ←	0,86	0,02	1074^{+113}_{-99}			
45	0,90	0,05	908^{+193}_{-158}	0,67	0,02	2589^{+384}_{-311} ←	0,88	0,02	1003^{+102}_{-90}			
46	1,30	0,08	117^{+87}_{-72}	0,65	0,03	2964^{+559}_{-429} ←	0,86	0,03	1060^{+133}_{-116}	0,73	0,03	1892^{+342}_{-271} ←
47	0,90	0,05	904^{+200}_{-160}	0,69	0,02	2295^{+338}_{-276} ←	0,80	0,03	1396^{+168}_{-144}	0,73	0,03	1868^{+302}_{-245} ←
48	0,72	0,03	2057^{+317}_{-258}	0,64	0,02	3058^{+429}_{-350} ←	0,75	0,02	1719^{+153}_{-134}			
49	0,64	0,03	3162^{+697}_{-513}	0,73	0,02	1950^{+246}_{-208} ←	0,76	0,02	1689^{+161}_{-141}			
50	0,75	0,03	1707^{+134}_{-249}	0,69	0,03	2300^{+401}_{-317} ←	0,73	0,02	1888^{+213}_{-181}			
51	0,75	0,03	1738^{+268}_{-220}				0,73	0,03	1913^{+268}_{-222}			
52	0,75	0,03	1752^{+322}_{-255}				0,72	0,03	1988^{+311}_{-253}			
53	0,78	0,04	1547^{+290}_{-232}				0,71	0,03	2092^{+359}_{-286}			
54	0,79	0,04	1455^{+241}_{-308}				0,81	0,04	1314^{+288}_{-244}			
55	0,76	0,04	1695^{+407}_{-306}				0,82	0,04	1266^{+267}_{-211}			
56	0,79	0,04	1420^{+252}_{-205}				0,79	0,04	1460^{+284}_{-235}			
57	0,83	0,06	1218^{+305}_{-280}				0,84	0,05	1174^{+235}_{-216}			
58	0,94	0,09	787^{+365}_{-247}				0,92	0,08	845^{+309}_{-222}			
59	0,93	0,06	814^{+441}_{-185}				0,83	0,10	1226^{+697}_{-411}			
60	0,76	0,05	1622^{+484}_{-344}				*	*	*			
61	0,77	0,06	1591^{+542}_{-371}				*	*	*			
62	0,82	0,08	1296^{+527}_{-349}				*	*	*			
63	*	*	*				*	*	*			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Tabela B.3: R_{SII} e N_e de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.

$\Delta\delta = 0''$							$\Delta\delta = 5''$ N					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	R_{SII}	Erro	N_e	R_{SII}	Erro	N_e	R_{SII}	Erro	N_e	R_{SII}	Erro	N_e
1	*	*	*				*	*	*			
2	*	*	*				*	*	*			
3	*	*	*				*	*	*			
4	*	*	*				*	*	*			
5	*	*	*				*	*	*			
6	*	*	*				*	*	*			
7	*	*	*				*	*	*			
8	0.86	0.08	1062^{+467}_{-309}				*	*	*			
9	0.94	0.08	764^{+285}_{-207}				0.81	0.08	1321^{+585}_{-374}			
10	0.98	0.07	656^{+218}_{-166}				0.76	0.06	1695^{+540}_{-376}			
11	0.98	0.06	669^{+178}_{-141}				0.73	0.08	1955^{+1050}_{-592}	0.78	0.08	1542^{+754}_{-456} ←
12	0.93	0.05	807^{+198}_{-157}				0.70	0.03	2248^{+478}_{-363}			
13	0.90	0.06	924^{+241}_{-188}				0.72	0.03	1968^{+307}_{-250}			
14	0.90	0.05	910^{+218}_{-170}				0.75	0.02	1745^{+218}_{-185}			
15	0.88	0.04	1008^{+174}_{-145}				0.75	0.02	1772^{+202}_{-173}			
16	0.87	0.03	1028^{+159}_{-135}				0.80	0.02	1363^{+133}_{-117}			
17	0.85	0.03	1128^{+162}_{-137}				0.80	0.02	1388^{+121}_{-108}			
18	0.83	0.03	1231^{+158}_{-135}				0.78	0.02	1543^{+140}_{-124}			
19	0.75	0.02	1756^{+185}_{-160}				0.75	0.02	1728^{+157}_{-138}			
20	0.72	0.02	2046^{+201}_{-175}				0.77	0.01	1620^{+106}_{-97}			
21	0.77	0.02	1587^{+176}_{-152}	0.62	0.03	3485^{+746}_{-552} ←	0.81	0.01	1354^{+85}_{-78}			
22	0.75	0.03	1767^{+249}_{-207}	0.74	0.02	1794^{+219}_{-187} ←	0.81	0.01	1311^{+83}_{-76}			
23	0.78	0.04	1528^{+289}_{-229}	0.77	0.02	1575^{+248}_{-130} ←	0.71	0.02	2135^{+260}_{-233}	0.87	0.02	1037^{+91}_{-81} ←
24	0.75	0.05	1748^{+501}_{-358}	0.85	0.02	1141^{+92}_{-83} ←	0.79	0.04	1476^{+340}_{-261}	0.90	0.02	922^{+80}_{-72} ←
25	0.84	0.05	1145^{+261}_{-204}	0.83	0.01	1194^{+76}_{-69} ←	0.83	0.04	1196^{+235}_{-189}	0.85	0.02	1120^{+88}_{-80} ←
26	0.86	0.04	1052^{+175}_{-147}	0.84	0.01	1150^{+67}_{-62} ←	0.90	0.04	925^{+157}_{-131}	0.82	0.02	1292^{+97}_{-88} ←
27	0.86	0.03	1055^{+143}_{-123}	0.79	0.01	1454^{+75}_{-70} ←	0.95	0.03	747^{+104}_{-91}	0.77	0.02	1590^{+136}_{-120} ←
28	0.83	0.02	1240^{+96}_{-86}	0.75	0.01	1708^{+106}_{-97} ←	0.87	0.02	1041^{+91}_{-81}	0.80	0.02	1384^{+99}_{-90} ←
29	0.80	0.01	1391^{+81}_{-74}	0.74	0.02	1782^{+141}_{-126} ←	0.81	0.01	1311^{+88}_{-80}	0.79	0.01	1430^{+77}_{-71} ←
30	0.82	0.02	1284^{+89}_{-82}	0.74	0.02	1847^{+143}_{-127} ←	0.76	0.01	1635^{+69}_{-65}			
31	0.77	0.01	1579^{+73}_{-67}				0.73	0.01	1878^{+102}_{-94}			
32	0.78	0.01	1543^{+70}_{-65}				0.77	0.02	1593^{+129}_{-115}			
33	0.80	0.01	1403^{+65}_{-60}				0.88	0.04	968^{+171}_{-142}	0.71	0.02	2106^{+253}_{-214} ←
34	0.80	0.01	1390^{+64}_{-58}				0.83	0.04	1194^{+213}_{-174}	0.76	0.02	1636^{+134}_{-119} ←
35	0.77	0.01	1603^{+83}_{-64}				0.77	0.01	1563^{+111}_{-101}			
36	0.73	0.01	1901^{+89}_{-82}				0.74	0.01	1807^{+135}_{-122}			
37	0.72	0.01	1977^{+96}_{-89}				0.77	0.01	1589^{+109}_{-100}			
38	0.71	0.01	2072^{+97}_{-90}				0.82	0.02	1257^{+85}_{-77}			
39	0.79	0.01	1439^{+81}_{-75}				0.88	0.02	1006^{+98}_{-87}			
40	0.79	0.01	1443^{+95}_{-86}				0.95	0.05	753^{+176}_{-142}	0.67	0.03	2582^{+501}_{-385} ←
41	0.83	0.02	1216^{+93}_{-85}				0.87	0.06	1042^{+287}_{-218}	0.67	0.03	2671^{+571}_{-428} ←
42	0.82	0.02	1287^{+113}_{-101}				0.93	0.12	805^{+522}_{-314}	0.66	0.03	2771^{+548}_{-416} ←
43	0.89	0.03	963^{+126}_{-109}	0.67	0.03	2696^{+548}_{-416} ←	1.22	0.14	218^{+215}_{-150}	0.62	0.03	3552^{+795}_{-581} ←
44	0.86	0.02	1072^{+111}_{-97}				0.78	0.03	1541^{+265}_{-215}	0.64	0.06	3188^{+1633}_{-895} ←
45	0.84	0.02	1143^{+96}_{-87}				0.79	0.03	1422^{+179}_{-154}			
46	0.80	0.02	1375^{+111}_{-99}				0.85	0.02	1137^{+107}_{-95}			
47	0.80	0.02	1359^{+131}_{-115}				0.82	0.02	1256^{+133}_{-92}			
48	0.76	0.02	1672^{+182}_{-158}				0.85	0.03	1117^{+146}_{-127}			
49	0.76	0.02	1693^{+204}_{-174}				0.93	0.05	799^{+166}_{-135}			
50	0.73	0.03	1895^{+269}_{-224}				0.85	0.06	1140^{+338}_{-249}			
51	0.76	0.03	1680^{+269}_{-220}				0.85	0.08	1121^{+143}_{-101}			
52	0.73	0.03	1898^{+346}_{-273}				0.84	0.12	1180^{+890}_{-466}			
53	0.75	0.04	1761^{+340}_{-266}				0.66	0.10	2829^{+3158}_{-1147}			
54	0.75	0.04	1705^{+39}_{-297}				0.83	0.09	1191^{+611}_{-377}			
55	0.80	0.05	1386^{+340}_{-258}				0.76	0.08	1627^{+776}_{-470}			
56	0.85	0.06	1116^{+327}_{-242}				*	*	*			
57	0.85	0.07	1141^{+411}_{-286}				*	*	*			
58	0.87	0.08	1043^{+407}_{-281}				*	*	*			
59	0.93	0.11	814^{+465}_{-292}				*	*	*			
60	1.10	0.19	403^{+500}_{-270}				*	*	*			
61	1.28	0.26	139^{+144}_{-139}				*	*	*			
62	0.98	0.30	668^{+1944}_{-527}				*	*	*			
63	*	*	*				*	*	*			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Tabela B.4: $R_{S\ II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 10''$ N							$\Delta\delta = 15''$ N							
N	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2				
	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e		
1	*	*	*				*	*	*					
2	*	*	*				*	*	*					
3	*	*	*				*	*	*					
4	*	*	*				*	*	*					
5	*	*	*				*	*	*					
6	*	*	*				*	*	*					
7	*	*	*				*	*	*					
8	*	*	*				*	*	*					
9	0,97	0,13	698^{+516}_{-303}				0,68	0,06	2529^{+1182}_{-689}					
10	0,81	0,10	1312^{+732}_{-430}				0,71	0,04	2117^{+579}_{-413}					
11	0,85	0,09	1109^{+515}_{-332}				0,83	0,05	1211^{+301}_{-230}					
12	0,79	0,08	1422^{+625}_{-398}				0,69	0,03	2320^{+443}_{-344}					
13	0,83	0,06	1195^{+380}_{-273}				0,75	0,03	1750^{+244}_{-197}					
14	0,73	0,04	1884^{+444}_{-331}				0,77	0,03	1621^{+266}_{-218}					
15	0,78	0,04	1503^{+316}_{-246}				0,72	0,03	1998^{+329}_{-265}					
16	0,79	0,04	1432^{+299}_{-235}				0,76	0,02	1683^{+153}_{-135}					
17	0,81	0,04	1333^{+228}_{-187}				0,80	0,02	1391^{+118}_{-106}					
18	0,85	0,06	1129^{+301}_{-228}	0,74	0,05	1789^{+500}_{-358}	←	0,87	0,02	1034^{+84}_{-90}				
19	0,83	0,06	1197^{+373}_{-270}	0,78	0,04	1486^{+280}_{-223}	←	0,87	0,02	1046^{+90}_{-81}				
20	0,78	0,03	1526^{+166}_{-147}				0,81	0,02	1323^{+107}_{-96}					
21	0,81	0,03	1346^{+173}_{-159}				0,84	0,02	1144^{+88}_{-80}					
22	0,82	0,03	1278^{+159}_{-136}				0,84	0,02	1178^{+86}_{-79}					
23	0,70	0,04	2236^{+496}_{-416}	0,92	0,04	837^{+159}_{-131}	←	0,83	0,01	1229^{+78}_{-72}				
24	0,81	0,06	1324^{+435}_{-307}	0,90	0,04	905^{+152}_{-127}	←	0,79	0,01	1442^{+85}_{-78}				
25	0,86	0,07	1088^{+369}_{-263}	0,90	0,04	901^{+145}_{-124}	←	0,81	0,01	1336^{+81}_{-74}				
26	0,93	0,06	793^{+222}_{-172}	0,82	0,03	1275^{+184}_{-155}	←	0,79	0,01	1462^{+87}_{-80}				
27	0,93	0,05	810^{+198}_{-158}	0,82	0,04	1261^{+209}_{-173}	←	0,78	0,01	1533^{+95}_{-88}				
28	0,84	0,03	1158^{+183}_{-153}	0,79	0,03	1459^{+186}_{-158}	←	0,78	0,01	1546^{+93}_{-86}				
29	0,78	0,03	1539^{+203}_{-172}	0,76	0,02	1696^{+179}_{-155}	←	0,74	0,02	1814^{+149}_{-133}				
30	0,77	0,02	1586^{+137}_{-122}				0,81	0,02	1342^{+124}_{-111}					
31	0,75	0,02	1715^{+201}_{-172}				0,80	0,03	1403^{+183}_{-156}	0,64	0,02	3248^{+543}_{-426}	←	
32	0,76	0,03	1680^{+273}_{-224}				0,77	0,03	1621^{+207}_{-218}	0,66	0,02	2865^{+381}_{-314}	←	
33	0,77	0,07	1581^{+605}_{-399}	0,77	0,04	1598^{+323}_{-252}	←	0,77	0,03	1554^{+242}_{-200}	0,68	0,02	2419^{+224}_{-196}	←
34	0,76	0,07	1696^{+655}_{-427}	0,77	0,03	1552^{+249}_{-204}	←	0,78	0,02	1484^{+158}_{-138}	0,73	0,03	1914^{+282}_{-232}	←
35	0,90	0,08	912^{+381}_{-261}	0,77	0,03	1553^{+250}_{-205}	←	0,85	0,02	1122^{+110}_{-98}	0,73	0,04	1960^{+511}_{-371}	←
36	0,78	0,03	1484^{+208}_{-174}				0,83	0,02	1224^{+115}_{-102}					
37	0,76	0,03	1656^{+228}_{-190}				0,86	0,02	1092^{+117}_{-104}					
38	0,81	0,03	1304^{+190}_{-160}				0,85	0,04	1137^{+205}_{-168}					
39	0,87	0,05	1029^{+223}_{-178}				0,79	0,04	1461^{+312}_{-244}					
40	0,85	0,06	1105^{+295}_{-223}				0,77	0,06	1549^{+482}_{-340}					
41	0,78	0,06	1506^{+474}_{-334}				*	*	*					
42	0,69	0,07	2408^{+1186}_{-679}				*	*	*					
43	0,67	0,07	2609^{+1365}_{-756}				0,88	0,05	1004^{+219}_{-175}					
44	0,82	0,05	1266^{+336}_{-253}				0,97	0,04	696^{+123}_{-105}					
45	0,83	0,06	1231^{+345}_{-256}				0,91	0,04	871^{+149}_{-125}					
46	0,89	0,04	959^{+185}_{-150}				0,91	0,03	891^{+109}_{-109}					
47	0,81	0,04	1299^{+223}_{-182}				0,88	0,03	995^{+130}_{-112}					
48	0,80	0,06	1412^{+421}_{-303}				0,83	0,07	1196^{+407}_{-287}					
49	0,92	0,10	851^{+497}_{-292}				*	*	*					
50	0,79	0,10	1425^{+943}_{-507}				*	*	*					
51	*	*	*				*	*	*					
52	*	*	*				*	*	*					
53	*	*	*				*	*	*					
54	*	*	*				*	*	*					
55	*	*	*				*	*	*					
56	*	*	*				*	*	*					
57	*	*	*				*	*	*					
58	*	*	*				*	*	*					
59	*	*	*				*	*	*					
60	*	*	*				*	*	*					
61	*	*	*				*	*	*					
62	*	*	*				*	*	*					
63	*	*	*				*	*	*					
64	*	*	*				*	*	*					
65	*	*	*				*	*	*					

Tabela B.5: $R_{S\ II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 20''$ N							$\Delta\delta = 25''$ N						
N	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2			
	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	
1	*	*	*				*	*	*				
2	*	*	*				*	*	*				
3	*	*	*				*	*	*				
4	*	*	*				*	*	*				
5	*	*	*				*	*	*				
6	*	*	*				*	*	*				
7	*	*	*				*	*	*				
8	*	*	*				*	*	*				
9	*	*	*				*	*	*				
10	0,67	0,05	2589 ⁺¹⁰⁵⁰ ₋₆₄₉				*	*	*				
11	0,70	0,04	2204 ⁺⁶¹⁷ ₋₄₃₅				*	*	*				
12	0,68	0,04	2510 ⁺⁶²⁴ ₋₄₅₁				0,78	0,03	1526 ⁺²²⁸ ₋₁₉₀				
13	0,78	0,04	1548 ⁺³⁰⁷ ₋₂₄₂				0,80	0,03	1397 ⁺²⁵⁴ ₋₁₇₀				
14	0,78	0,04	1526 ⁺²⁸⁵ ₋₂₂₇				0,77	0,03	1605 ⁺²⁵⁴ ₋₂₀₈				
15	0,79	0,03	1424 ⁺²³⁵ ₋₁₃₃				0,82	0,03	1267 ⁺¹⁹² ₋₁₆₂				
16	0,88	0,04	982 ⁺¹⁵⁵ ₋₁₃₀	0,73	0,06	1906 ⁺⁷⁷⁶ ₋₄₉₁	←	0,82	0,03	1286 ⁺¹⁶⁶ ₋₁₄₂			
17	0,86	0,04	1069 ⁺¹⁷⁶ ₋₁₃₇	0,81	0,05	1354 ⁺³³⁷ ₋₂₅₅	←	0,86	0,03	1084 ⁺¹²⁰ ₋₁₀₀			
18	0,82	0,02	1283 ⁺¹¹⁹ ₋₁₂₀				0,86	0,02	1056 ⁺¹⁰⁰ ₋₈₉				
19	0,81	0,02	1334 ⁺¹¹⁹ ₋₁₀₆				0,89	0,02	959 ⁺⁸⁰ ₋₇₇				
20	0,82	0,02	1292 ⁺⁹⁹ ₋₉₀				0,82	0,02	1281 ⁺⁸⁷ ₋₉₀				
21	0,81	0,02	1342 ⁺¹¹² ₋₁₀₁				0,77	0,01	1549 ⁺⁹⁹ ₋₉₀				
22	0,83	0,02	1210 ⁺¹⁰⁶ ₋₉₄				0,80	0,01	1412 ⁺⁹⁷ ₋₈₇				
23	0,86	0,02	1079 ⁺⁹³ ₋₈₄				0,78	0,02	1528 ⁺¹³⁴ ₋₁₁₈				
24	0,81	0,02	1349 ⁺¹⁰⁰ ₋₉₁				0,78	0,02	1492 ⁺¹¹⁵ ₋₁₀₃				
25	0,76	0,01	1639 ⁺¹⁰⁴ ₋₉₄				0,82	0,01	1256 ⁺⁸⁰ ₋₇₃				
26	0,81	0,02	1342 ⁺¹⁰⁴ ₋₉₃				0,89	0,02	933 ⁺⁶⁷ ₋₆₁				
27	0,82	0,02	1267 ⁺¹¹⁰ ₋₁₂₅				0,87	0,02	1026 ⁺⁷⁷ ₋₆₉				
28	0,83	0,03	1241 ⁺¹⁴⁴ ₋₁₂₅	0,71	0,05	2091 ⁺⁶⁶¹ ₋₄₅₁	←	0,80	0,02	1409 ⁺⁹⁸ ₋₈₉			
29	0,81	0,03	1300 ⁺¹⁷⁰ ₋₁₄₄	0,71	0,05	2145 ⁺⁶⁸³ ₋₄₆₄	←	0,81	0,01	1314 ⁺⁸⁸ ₋₇₇			
30	0,84	0,03	1186 ⁺¹⁷⁹ ₋₁₅₀	0,50	0,05	12956 ^{+*} ₋₆₅₅₈	←	0,77	0,02	1553 ⁺¹³⁴ ₋₁₁₉			
31	0,82	0,04	1253 ⁺²¹⁴ ₋₁₇₆	0,68	0,03	2427 ⁺⁴⁹² ₋₃₇₆	←	0,78	0,02	1493 ⁺¹³⁴ ₋₁₁₈			
32	0,75	0,03	1740 ⁺³²⁰ ₋₂₅₅	0,64	0,03	3146 ⁺⁶⁷⁵ ₋₅₀₂	←	0,80	0,02	1375 ⁺¹¹³ ₋₁₀₀			
33	0,77	0,04	1584 ⁺³¹⁴ ₋₂₄₈	0,67	0,02	2639 ⁺³⁷⁰ ₋₃₀₃	←	0,83	0,02	1195 ⁺⁹⁸ ₋₈₈			
34	0,81	0,03	1340 ⁺¹⁶⁰ ₋₁₅₉	0,69	0,04	2374 ⁺⁶²³ ₋₄₄₅	←	0,84	0,02	1177 ⁺¹⁰⁸ ₋₉₇			
35	0,83	0,03	1191 ⁺¹⁵⁸ ₋₁₃₅				0,85	0,03	1122 ⁺¹²⁵ ₋₁₁₀				
36	0,87	0,03	1035 ⁺¹⁴⁴ ₋₁₂₃				0,88	0,03	972 ⁺¹³¹ ₋₁₁₄				
37	0,89	0,03	937 ⁺¹⁴⁰ ₋₁₂₀				0,80	0,03	1393 ⁺²²⁸ ₋₁₈₇	0,91	0,06	868 ⁺²²⁴ ₋₁₇₄	←
38	0,93	0,06	821 ⁺²²⁵ ₋₁₇₄				0,85	0,03	1115 ⁺¹⁶⁴ ₋₁₃₈	0,64	0,04	3087 ⁺¹⁰⁸⁹ ₋₆₉₆	←
39	0,85	0,06	1105 ⁺²³⁸ ₋₃₅₃				0,81	0,04	1299 ⁺²²³ ₋₁₈₃	0,60	0,04	4042 ⁺¹⁸⁵¹ ₋₁₀₄₅	←
40	0,83	0,08	1238 ⁺⁵⁴⁴ ₋₃₅₃				0,81	0,04	1339 ⁺²⁸⁵ ₋₂₂₃	0,71	0,06	2090 ⁺⁸¹⁹ ₋₅₂₀	←
41	0,89	0,08	952 ⁺³⁵⁹ ₋₂₅₈				0,85	0,04	1096 ⁺²¹⁰ ₋₁₇₀	0,59	0,05	4572 ⁺²⁷³⁷ ₋₁₃₅₂	←
42	0,84	0,06	1163 ⁺³⁷³ ₋₂₆₉				0,90	0,03	906 ⁺¹²⁸ ₋₁₁₀	0,44	0,07	*	←
43	0,87	0,05	1037 ⁺²⁴⁵ ₋₁₉₂				0,93	0,04	794 ⁺¹⁴³ ₋₁₂₀				
44	0,93	0,06	801 ⁺²¹⁷ ₋₁₇₀				0,92	0,05	832 ⁺¹⁸⁶ ₋₁₅₀				
45	0,93	0,06	811 ⁺²¹¹ ₋₁₆₅				0,94	0,05	780 ⁺¹⁶⁰ ₋₁₃₃				
46	0,80	0,07	1391 ⁺³⁷³ ₋₂₇₀				0,86	0,04	1060 ⁺¹⁶⁷ ₋₁₄₁				
47	0,80	0,09	1415 ⁺⁷⁴¹ ₋₄₄₁				0,83	0,05	1205 ⁺²⁶⁷ ₋₂₀₉				
48	*	*	*				0,88	0,06	1007 ⁺²⁷⁸ ₋₂₁₁				
49	*	*	*				0,91	0,04	871 ⁺¹⁶⁴ ₋₁₃₆				
50	*	*	*				0,97	0,04	698 ⁺¹³⁸ ₋₁₁₅				
51	*	*	*				0,98	0,07	668 ⁺²³⁶ ₋₁₇₇				
52	*	*	*				0,95	0,16	730 ⁺⁶⁸² ₋₃₈₇				
53	*	*	*				0,75	0,19	1746 ⁺⁹⁶⁰ ₋₄₂₃				
54	*	*	*				1,00	0,16	594 ⁺⁵⁷¹ ₋₃₁₁				
55	*	*	*				0,91	0,09	874 ⁺⁴⁰² ₋₂₇₀				
56	*	*	*				0,80	0,09	1395 ⁺⁷²⁸ ₋₄₃₅				
57	*	*	*				0,83	0,07	1200 ⁺⁴⁷³ ₋₃₁₉				
58	*	*	*				0,75	0,15	1760 ⁺²³²⁸ ₋₈₂₁				
59	*	*	*				*	*	*				
60	*	*	*				*	*	*				
61	*	*	*				*	*	*				
62	*	*	*				*	*	*				
63	*	*	*				*	*	*				
64	*	*	*				*	*	*				
65	*	*	*				*	*	*				

Tabela B.6: $R_{S\ II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 30''\ N$							$\Delta\delta = 35''\ N$						
componente 1				componente 2			componente 1				componente 2		
N	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	$R_{S\ II}$	Erro	N_e	
1	*	*	*				0,83	0,06	1213^{+384}_{-276}				
2	*	*	*				0,69	0,07	2340^{+1149}_{-661}				
3	*	*	*				0,85	0,07	1128^{+369}_{-265}				
4	*	*	*				0,79	0,05	1457^{+406}_{-296}				
5	*	*	*				0,79	0,07	1417^{+592}_{-384}				
6	*	*	*				0,70	0,07	2236^{+1161}_{-655}				
7	*	*	*				0,67	0,07	2659^{+1466}_{-791}				
8	*	*	*				0,75	0,05	1767^{+528}_{-372}				
9	0,73	0,04	1914^{+494}_{-360}				0,70	0,04	2255^{+532}_{-393}				
10	0,67	0,03	2699^{+624}_{-459}				0,70	0,03	2200^{+324}_{-266}				
11	0,68	0,02	2514^{+375}_{-304}				0,70	0,02	2184^{+203}_{-178}				
12	0,72	0,02	1980^{+193}_{-169}				0,76	0,02	1677^{+149}_{-132}				
13	0,77	0,02	1576^{+125}_{-111}				0,86	0,02	1080^{+113}_{-100}				
14	0,82	0,02	1269^{+91}_{-83}				0,83	0,02	1206^{+98}_{-88}				
15	0,86	0,02	1094^{+84}_{-76}				0,91	0,02	892^{+73}_{-67}				
16	0,85	0,02	1095^{+89}_{-80}				0,85	0,02	1105^{+92}_{-82}				
17	0,87	0,02	1047^{+77}_{-70}				0,86	0,02	1087^{+75}_{-68}				
18	0,84	0,01	1160^{+67}_{-63}				0,86	0,02	1055^{+71}_{-65}				
19	0,78	0,01	1490^{+63}_{-59}				0,86	0,01	1092^{+53}_{-50}				
20	0,77	0,01	1587^{+69}_{-64}				0,83	0,01	1230^{+64}_{-59}				
21	0,77	0,01	1581^{+98}_{-90}				0,81	0,02	1353^{+98}_{-88}				
22	0,79	0,01	1417^{+82}_{-76}				0,81	0,02	1339^{+95}_{-87}				
23	0,76	0,01	1627^{+101}_{-92}				0,86	0,02	1059^{+79}_{-79}	0,60	0,02	4036^{+765}_{-579} ←	
24	0,83	0,02	1235^{+86}_{-78}	0,60	0,05	4260^{+2343}_{-1213} ←	0,89	0,03	956^{+113}_{-99}	0,63	0,02	3317^{+576}_{-449} ←	
25	0,87	0,01	1034^{+64}_{-59}	0,62	0,07	3644^{+3089}_{-1288} ←	0,92	0,03	843^{+100}_{-89}	0,64	0,04	3244^{+1086}_{-704} ←	
26	0,94	0,02	769^{+58}_{-52}	0,38	0,05	*	0,91	0,03	861^{+94}_{-84}	0,62	0,04	3724^{+1326}_{-834} ←	
27	0,92	0,02	841^{+63}_{-57}	0,62	0,04	3644^{+1222}_{-787} ←	0,89	0,03	949^{+131}_{-113}	0,66	0,03	2789^{+594}_{-445} ←	
28	0,91	0,03	888^{+101}_{-89}	0,60	0,03	4160^{+1383}_{-855} ←	0,94	0,03	784^{+104}_{-90}	0,60	0,03	4176^{+1265}_{-836} ←	
29	0,90	0,03	908^{+107}_{-94}	0,58	0,04	4821^{+2225}_{-1239} ←	0,77	0,02	1605^{+193}_{-165}				
30	0,86	0,03	1091^{+121}_{-106}	0,59	0,03	4550^{+1614}_{-1005} ←	0,86	0,03	1083^{+127}_{-111}				
31	0,80	0,03	1397^{+196}_{-165}	0,73	0,03	1921^{+315}_{-255} ←	0,80	0,03	1381^{+226}_{-185}				
32	0,86	0,05	1064^{+129}_{-122}	0,59	0,03	4424^{+1129}_{-787} ←	0,90	0,05	904^{+192}_{-156}				
33	0,82	0,06	1292^{+380}_{-277}	0,70	0,05	2232^{+752}_{-500} ←	0,85	0,06	1109^{+299}_{-226}				
34	0,86	0,05	1088^{+236}_{-171}				0,82	0,05	1289^{+351}_{-261}				
35	0,79	0,04	1469^{+371}_{-255}				0,80	0,04	1412^{+312}_{-242}				
36	0,81	0,03	1321^{+199}_{-166}				0,81	0,03	1318^{+199}_{-166}				
37	0,87	0,03	1042^{+102}_{-83}				0,86	0,03	1083^{+140}_{-140}				
38	0,90	0,02	921^{+88}_{-78}				0,88	0,03	989^{+123}_{-106}				
39	0,85	0,02	1122^{+92}_{-74}				0,88	0,02	996^{+104}_{-92}				
40	0,75	0,02	1700^{+174}_{-152}				0,92	0,02	856^{+87}_{-78}				
41	0,78	0,02	1512^{+146}_{-128}				0,88	0,02	987^{+66}_{-61}				
42	0,97	0,03	694^{+92}_{-81}				0,98	0,03	665^{+94}_{-82}				
43	0,98	0,04	651^{+124}_{-104}				0,96	0,07	712^{+231}_{-176}				
44	0,86	0,08	1056^{+433}_{-294}				0,88	0,08	1007^{+384}_{-267}				
45	*	*	*				*	*	*				
46	*	*	*				*	*	*				
47	*	*	*				*	*	*				
48	*	*	*				*	*	*				
49	0,91	0,08	858^{+334}_{-236}				*	*	*				
50	0,81	0,06	1333^{+412}_{-295}				0,94	0,09	779^{+347}_{-240}				
51	0,89	0,12	946^{+607}_{-355}				0,91	0,08	867^{+325}_{-232}				
52	0,83	0,09	1199^{+573}_{-369}				0,81	0,06	1310^{+420}_{-299}				
53	0,76	0,07	1642^{+660}_{-427}				0,91	0,06	879^{+256}_{-196}				
54	0,71	0,04	2161^{+560}_{-404}				0,76	0,06	1667^{+622}_{-411}				
55	0,73	0,04	1961^{+501}_{-365}				0,86	0,07	1052^{+369}_{-262}				
56	0,83	0,06	1230^{+378}_{-273}				0,74	0,04	1812^{+455}_{-336}				
57	0,90	0,09	918^{+439}_{-289}				0,75	0,04	1711^{+318}_{-253}				
58	0,88	0,08	1007^{+427}_{-288}				0,81	0,06	1325^{+596}_{-287}				
59	*	*	*				0,82	0,09	1281^{+612}_{-383}				
60	*	*	*				*	*	*				
61	*	*	*				*	*	*				
62	*	*	*				*	*	*				
63	*	*	*				*	*	*				
64	*	*	*				*	*	*				
65	*	*	*				*	*	*				

Tabela B.7: $R_{S II}$ e N_e de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 40''$ N							$\Delta\delta = 45''$ N					
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2		
N	$R_{S II}$	Erro	N_e	$R_{S II}$	Erro	N_e	$R_{S II}$	Erro	N_e	$R_{S II}$	Erro	N_e
1	0,82	0,06	1272 ⁺³⁷⁷ ₋₃₇₅				0,84	0,09	1166 ⁺⁵⁰⁸ ₋₃₅₈			
2	1,04	0,16	503 ⁺⁴⁷⁰ ₋₂₇₀				1,04	0,19	523 ⁺⁶⁰³ ₋₃₁₃			
3	1,01	0,13	590 ⁺⁴¹³ ₋₂₅₆				0,97	0,22	677 ⁺¹⁰⁰³ ₋₄₂₁			
4	0,79	0,10	1438 ⁺⁸⁴⁰ ₋₄₇₇				0,88	0,11	1002 ⁺⁶³⁴ ₋₃₆₉			
5	0,89	0,08	959 ⁺³⁷³ ₋₂₆₀				0,89	0,07	946 ⁺³³⁰ ₋₂₃₈			
6	0,73	0,03	1928 ⁺⁵²¹ ₋₂₉₉				0,78	0,03	1490 ⁺³⁵⁶ ₋₂₀₉			
7	0,71	0,02	2090 ⁺²⁸⁷ ₋₂₃₈				0,75	0,02	1747 ⁺¹⁵⁶ ₋₁₃₇			
8	0,66	0,03	2789 ⁺⁵¹⁵ ₋₃₀₈				0,70	0,02	2201 ⁺²⁶⁵ ₋₂₂₄			
9	0,72	0,03	2048 ⁺³³³ ₋₂₆₉				0,74	0,02	1822 ⁺²²⁴ ₋₁₉₁			
10	0,76	0,03	1627 ⁺²⁰⁸ ₋₁₇₆				0,81	0,03	1345 ⁺¹⁷⁰ ₋₁₄₇			
11	0,79	0,03	1421 ⁺¹⁷² ₋₁₄₈				0,79	0,03	1437 ⁺¹⁹¹ ₋₁₆₁			
12	0,83	0,03	1212 ⁺¹⁵⁶ ₋₁₃₄				0,76	0,03	1670 ⁺²⁵¹ ₋₂₀₇			
13	0,75	0,03	1746 ⁺²⁶¹ ₋₂₁₄				0,79	0,03	1428 ⁺¹⁸⁷ ₋₁₅₉			
14	0,83	0,03	1205 ⁺¹⁴⁴ ₋₁₂₅				0,82	0,03	1276 ⁺¹⁴⁸ ₋₁₂₈			
15	0,86	0,02	1063 ⁺¹¹⁷ ₋₁₀₂				0,78	0,03	1499 ⁺¹⁹⁴ ₋₁₆₅			
16	0,88	0,02	1004 ⁺¹⁰⁸ ₋₉₅				0,76	0,03	1641 ⁺²²⁹ ₋₁₉₂			
17	0,85	0,03	1130 ⁺¹⁶⁶ ₋₁₄₀				0,74	0,03	1808 ⁺³³¹ ₋₂₆₃			
18	0,81	0,04	1309 ⁺²³⁶ ₋₁₉₂				0,83	0,03	1198 ⁺¹⁸⁵ ₋₁₅₅			
19	0,85	0,03	1110 ⁺¹⁷⁰ ₋₁₄₄				0,82	0,04	1261 ⁺²⁵⁹ ₋₂₀₆			
20	0,85	0,03	1110 ⁺¹²⁹ ₋₁₁₉				0,85	0,04	1103 ⁺¹⁸⁶ ₋₁₅₄			
21	0,82	0,02	1250 ⁺¹²⁵ ₋₁₀₉				0,81	0,03	1331 ⁺¹⁵⁵ ₋₁₃₅			
22	0,82	0,02	1255 ⁺¹¹⁹ ₋₁₀₉				0,81	0,02	1351 ⁺¹²⁰ ₋₁₀₇			
23	0,66	0,02	2804 ⁺³⁹² ₋₂₅₀				0,68	0,01	2455 ⁺¹⁸⁴ ₋₁₆₄			
24	0,74	0,02	1789 ⁺²⁰³ ₋₁₇₃				0,79	0,02	1461 ⁺¹³⁵ ₋₁₂₀			
25	0,75	0,03	1761 ⁺²⁵⁹ ₋₂₁₅				0,77	0,04	1604 ⁺³⁴¹ ₋₂₈₄			
26	0,78	0,04	1514 ⁺³⁰⁷ ₋₂₄₁				0,68	0,04	2473 ⁺⁷²¹ ₋₄₉₉			
27	0,73	0,06	1882 ⁺⁶³² ₋₄₂₈	0,67	0,06	2680 ⁺¹³⁴⁴ ₋₇₅₅	*	*	*			
28	0,95	0,09	758 ⁺³⁵² ₋₂₄₁	0,64	0,05	3162 ⁺⁴¹⁰ ₋₈₂₁	*	*	*			
29	0,78	0,07	1543 ⁺⁵⁸⁰ ₋₃₈₈	0,57	0,10	5313 ⁺²⁷⁷³² ₋₂₇₄₀	*	*	*			
30	0,72	0,06	2032 ⁺³⁸⁸ ₋₅₃₃	0,86	0,10	1072 ⁺⁵⁵² ₋₃₄₄	0,73	0,09	1901 ⁺¹³¹⁰ ₋₆₆₁			
31	0,79	0,05	1462 ⁺³⁵³ ₋₂₆₈	0,95	0,08	733 ⁺³⁰¹ ₋₂₁₄	0,78	0,05	1512 ⁺³⁸⁴ ₋₂₈₆			
32	0,95	0,06	746 ⁺¹⁸⁷ ₋₁₄₉	0,76	0,05	1621 ⁺⁴⁴⁰ ₋₃₂₁	0,87	0,04	1040 ⁺²⁰¹ ₋₁₆₄			
33	0,87	0,05	1046 ⁺²²¹ ₋₁₇₇	0,85	0,11	1125 ⁺⁷¹⁷ ₋₄₀₇	0,88	0,04	992 ⁺²⁰² ₋₁₆₄			
34	0,92	0,05	836 ⁺¹⁷⁴ ₋₁₄₂				0,96	0,05	727 ⁺¹⁵² ₋₁₂₅			
35	0,78	0,04	1521 ⁺³¹⁵ ₋₂₄₇				0,83	0,04	1228 ⁺²⁵² ₋₂₀₀			
36	0,75	0,05	1777 ⁺⁵¹⁷ ₋₃₆₆	0,86	0,13	1067 ⁺⁸⁵⁵ ₋₄₄₃	0,72	0,03	2037 ⁺²⁹³ ₋₂₄₁			
37	0,71	0,07	2138 ⁺¹⁰¹⁸ ₋₅₉₉	0,92	0,08	837 ⁺³⁰⁵ ₋₂₂₁	0,69	0,02	2327 ⁺³³² ₋₂₇₂			
38	0,78	0,05	1513 ⁺⁴⁰⁴ ₋₂₉₇	0,88	0,07	969 ⁺³²⁶ ₋₂₃₇	0,69	0,02	2296 ⁺²⁹⁹ ₋₂₄₉			
39	0,73	0,05	1890 ⁺⁵³⁴ ₋₃₈₀	0,91	0,05	867 ⁺²¹² ₋₁₆₈	0,78	0,02	1494 ⁺¹⁷⁶ ₋₁₅₂			
40	0,92	0,02	852 ⁺⁸⁷ ₋₇₉				0,90	0,02	909 ⁺⁹² ₋₈₂			
41	0,96	0,02	702 ⁺⁶⁷ ₋₆₀				0,96	0,02	725 ⁺⁷⁴ ₋₆₇			
42	0,94	0,04	778 ⁺¹⁵⁵ ₋₁₂₈				0,91	0,03	877 ⁺¹³² ₋₁₁₂			
43	0,80	0,06	1385 ⁺⁴¹² ₋₂₉₈				0,84	0,05	1151 ⁺²⁷⁵ ₋₂₁₃			
44	0,87	0,06	1034 ⁺²⁹⁹ ₋₂₂₄				0,89	0,05	950 ⁺²³² ₋₁₈₂			
45	0,88	0,08	1007 ⁺³⁹⁷ ₋₂₇₃				0,80	0,05	1368 ⁺³⁶⁵ ₋₂₇₁			
46	0,82	0,07	1255 ⁺⁴⁴⁰ ₋₃₀₆				0,87	0,07	1020 ⁺³⁶¹ ₋₂₅₈			
47	0,85	0,06	1119 ⁺³⁵⁴ ₋₂₅₆				0,99	0,07	634 ⁺²⁰² ₋₁₅₆			
48	0,88	0,06	986 ⁺²⁶⁸ ₋₂₀₄				0,99	0,08	635 ⁺²³⁰ ₋₁₇₃			
49	0,93	0,05	795 ⁺¹⁶¹ ₋₁₃₂				0,91	0,04	871 ⁺¹⁴⁵ ₋₁₂₂			
50	0,97	0,04	673 ⁺¹²¹ ₋₁₀₂				0,89	0,03	937 ⁺¹³⁷ ₋₁₁₆			
51	0,88	0,04	975 ⁺¹⁸⁵ ₋₁₅₂				0,87	0,05	1021 ⁺²²⁵ ₋₁₇₉			
52	0,85	0,05	1134 ⁺²⁷⁹ ₋₂₁₅				0,93	0,06	806 ⁺²²⁴ ₋₁₇₄			
53	0,99	0,12	627 ⁺³⁹⁶ ₋₂₅₂				*	*	*			
54	0,94	0,15	786 ⁺⁶⁹² ₋₃₆₇				*	*	*			
55	0,86	0,08	1063 ⁺⁴⁶³ ₋₃₀₇				*	*	*			
56	0,79	0,05	1426 ⁺⁵⁶⁹ ₋₂₅₈				*	*	*			
57	0,85	0,06	1127 ⁺³⁰⁵ ₋₂₃₀				*	*	*			
58	*	*	*				*	*	*			
59	*	*	*				*	*	*			
60	*	*	*				*	*	*			
61	*	*	*				*	*	*			
62	*	*	*				*	*	*			
63	*	*	*				*	*	*			
64	*	*	*				*	*	*			
65	*	*	*				*	*	*			

Apêndice C

Velocidade Radial LSR e FWHM

Neste apêndice, na forma de tabelas, são apresentados os resultados utilizados para a confecção dos mapas de velocidade radial LSR e da largura da linha $H\alpha$ a meia altura (FWHM). As velocidades radiais são dadas em unidades de km s^{-1} e a largura a meia altura em angströms (Å). Os valores de FWHM apresentados foram corrigidos pela largura das lâmpadas de comparação, de forma que, em alguns pontos, a largura das linhas de comparação é maior que a largura da linha $H\alpha$ observada. Isso ocorreu principalmente em pontos com duas componentes. Cada uma das tabelas é apresentada em dois grandes blocos, que referem-se a posição da fenda em relação à estrela de referência. Cada um desses blocos é subdividido nas componentes 1 e 2, as quais apresentam, por abertura, a velocidade radial LSR, o erro percentual da velocidade radial e a largura da linha $H\alpha$ a meia altura. As aberturas destacadas com uma seta indicam a existência de duas componentes; as demais apresentam apenas uma, cujos valores são apresentados sob a coluna “componente 1” das tabelas. As linhas em que todas as colunas são rotuladas com sinais de asterisco são aquelas com espectros de baixa relação sinal/ruído e, as linhas em que apenas uma ou duas das colunas possuem esse sinal são aquelas em que o FWHM medido de $H\alpha$ é menor que a largura das linhas dos espectros de comparação.

Tabela C.1: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 20''$ S			$\Delta\delta = 15''$ S								
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
1	-16,58	10,17	1,447				-13,16	10,31	1,660			
2	-18,36	9,23	1,433				-8,77	15,62	0,900			
3	-13,93	12,03	1,338				-18,96	7,13	1,718			
4	-20,24	8,19	1,256				-18,04	7,39	1,670			
5	-14,75	11,30	1,649				-15,39	9,11	0,778			
6	-10,37	17,31	1,518				-12,56	11,85	1,277			
7	-20,42	8,97	1,565				-15,58	9,97	1,059			
8	-22,70	8,65	1,459				-21,42	7,61	0,815			
9	-14,66	13,93	0,946				-22,34	7,38	1,560			
10	-17,04	12,76	1,178				-16,54	10,33	1,768			
11	-17,08	12,70	1,208				-22,57	7,59	1,416			
12	-16,72	13,22	1,257				-18,82	9,34	1,547			
13	-18,09	11,49	1,371				-21,61	7,67	1,250			
14	-21,70	8,97	1,604				-17,95	8,09	1,647			
15	-17,22	10,40	0,838				-23,34	6,05	2,074			
16	-19,00	8,80	1,603				-38,65	3,76	2,345			
17	-16,95	9,95	1,724				-49,33	2,93	2,118			
18	-17,27	9,10	1,249				-59,06	2,47	1,773			
19	-18,41	8,91	1,472				-66,19	2,23	2,320			
20	-23,07	6,50	1,381				-52,62	2,79	3,246			
21	-26,72	5,57	1,477				-30,74	4,71	2,406			
22	-32,66	4,62	1,929				-22,34	6,67	1,709			
23	-36,54	4,23	2,045				-34,53	4,39	2,336			
24	-28,41	5,69	1,396				-56,60	2,74	2,949			
25	-22,98	7,36	1,127				-48,88	3,36	2,443			
26	-18,18	9,37	1,264				-36,86	4,18	1,914			
27	-17,82	8,95	1,438				-34,31	4,63	1,585			
28	-17,63	9,40	1,247				-36,54	4,23	1,499			
29	-14,94	11,16	1,476				-30,42	5,17	0,902			
30	-13,38	12,39	1,223				-25,86	6,63	1,253			
31	-13,66	12,47	1,143				-20,19	8,39	1,245			
32	-14,44	11,99	0,914				-20,19	8,46	1,374			
33	-14,48	12,49	1,040				-22,25	7,86	1,064			
34	-17,45	10,55	1,199				-13,93	12,69	0,552			
35	-16,22	11,38	1,101				-20,46	8,62	1,132			
36	-16,03	11,71	1,248				-16,95	9,87	0,574			
37	-13,52	14,26	0,997				-17,63	9,77	1,157			
38	-14,57	13,13	1,277				-13,38	13,21	1,618			
39	-18,23	10,63	1,587				-19,78	9,19	1,128			
40	-18,04	10,99	1,253				-22,25	8,28	1,167			
41	-15,76	12,70	1,373				-19,64	9,40	1,204			
42	-18,91	10,94	1,684				-18,04	10,38	1,689			
43	-15,49	13,27	1,578				-13,20	14,50	1,779			
44	-17,54	12,32	1,734				-10,14	18,87	2,035			
45	-24,03	8,54	1,607				-5,80	33,46	2,172			
46	-22,16	9,48	2,046				-4,66	41,57	2,218			
47	-20,15	10,11	1,652				-8,91	21,64	2,677			
48	-20,33	10,45	1,767				-26,17	7,61	2,820			
49	-20,33	10,04	1,637				-32,16	6,24	2,785			
50	-19,37	10,31	1,942				-31,75	6,09	2,707			
51	-19,83	10,35	1,821				-30,24	6,84	2,532			
52	-20,51	10,69	1,923				-25,95	8,54	2,208			
53	-20,51	11,49	1,778				-23,66	9,86	2,408			
54	-18,50	12,59	1,749				-148,00	1,67	*	-9,78	25,28	2,211 ←
55	-19,05	12,23	2,327				-163,40	1,52	*	-1,28	> 100	2,927 ←
56	-20,37	10,87	2,618				-157,14	1,50	*	+16,03	14,67	3,236 ←
57	-23,85	9,33	2,802				-117,95	1,91	2,391	+26,17	8,59	2,264 ←
58	-23,11	9,96	2,711				-0,73	> 100	3,313			
59	-24,12	10,02	2,625				-1,96	> 100	3,496			
60	-28,09	8,63	2,863				-6,85	34,67	3,171			
61	-30,06	8,47	3,749				-17,36	13,68	3,079			
62	-21,74	11,66	4,441				-25,67	9,98	3,354			
63	-13,84	18,12	4,066				-30,93	8,27	3,631			
64	-14,89	17,15	3,929				-29,33	9,21	3,879			
65	-22,52	11,20	4,019				-25,99	11,56	3,960			
66	-27,13	9,61	3,676				-16,76	16,38	3,767			
67	-16,40	16,30	3,371				-14,39	20,16	3,374			
68	-13,89	18,45	2,497				-7,22	41,14	2,917			
69	-14,85	16,46	1,964				-1,32	> 100	2,530			
70	-17,27	12,70	1,531				+0,37	> 100	2,447			

Tabela C.1: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $15''$ ao Sul da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 20''$ S						$\Delta\delta = 15''$ S							
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2				
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM		
71	-16,90	14,92	1,675				-4,71	51,84	2,161					
72	-12,38	18,86	1,741				-11,15	21,84	2,313					
73	-10,37	23,17	1,955				-11,47	22,07	2,780					
74	-6,03	39,85	2,240				-15,39	15,40	3,016					
75	-3,93	65,00	2,398				-23,48	9,32	3,310					
76	-4,89	45,14	2,588				-32,30	6,24	3,138					
77	-14,02	14,07	2,901				-34,49	5,76	3,391					
78	-20,88	11,44	3,157				-17,63	12,95	3,517					
79	-12,79	17,82	3,759				-7,22	29,18	3,004					
80	-2,79	93,44	4,174				-10,19	23,90	3,247					
81	-7,22	33,86	3,859				+0,27	> 100	4,148					
82	-15,81	17,40	2,795				+18,73	13,44	4,593					
83	-19,60	15,92	2,882				+22,43	11,06	4,418					
84	-19,14	16,44	3,562				+25,35	12,05	4,355					
85	-22,38	17,12	4,314				+9,87	31,99	4,970					
86	-70,39	5,64	2,723	+80,63	4,92	2,955	←	-15,21	25,44	3,907				
87	-81,77	5,00	2,910	+97,66	4,19	4,015	←	-16,31	23,17	2,962				
88	-92,09	4,29	2,919	+83,96	4,70	4,263	←	-20,33	18,56	3,356				
89	-77,43	5,67	2,885	+113,88	3,85	2,453	←	-14,80	24,44	4,249				
90	-74,37	6,64	2,674	+110,50	4,47	1,955	←	-9,41	49,17	5,362				
91	-77,29	6,35	2,670	+102,28	4,80	1,561	←	-90,08	6,25	1,853	+71,81	7,84	2,684	←
92	-80,85	6,07	2,648	+97,66	5,02	2,081	←	-93,05	5,73	1,231	+45,63	11,68	2,942	←
93	-78,89	5,98	2,410	+109,63	4,30	3,882	←	+0,96	> 100	4,013	+254,71	1,96	*	←
94	-65,23	6,90	2,921	+150,01	3,00	3,842	←	-4,75	95,19	3,955	+238,59	1,90	*	←
95	-39,79	10,21	4,271	+195,56	2,08	1,624	←	-27,68	15,46	3,573	+140,06	3,06	3,661	←
96	-23,85	13,85	5,151	+194,60	1,70	0,270	←	-48,47	7,44	3,098	+128,68	2,80	3,184	←
97	+25,40	11,42	6,106					-78,94	4,04	2,069	+91,18	3,50	3,575	←
98	+38,74	6,71	5,446					-90,08	3,78	1,496	+94,15	3,62	3,395	←
99	+41,89	6,02	5,124					-90,36	3,67	2,130	+104,88	3,16	2,741	←
100	+41,52	6,09	4,900					-106,53	3,00	1,745	+59,25	5,40	4,214	←
101	+27,36	9,10	5,341					-35,49	9,15	4,907				
102	-1,05	> 100	5,434					-54,41	6,10	3,845				
103	-26,86	10,65	4,281					-57,28	6,24	3,595				
104	-24,94	11,59	3,027					-50,75	7,05	3,983				
105	-26,22	10,94	2,513					-16,54	20,47	4,533				
106	-18,18	16,56	2,113					+12,74	26,52	3,801				
107	-0,50	> 100	3,255					+31,57	10,85	3,964				
108	+9,59	28,57	3,654					+31,79	11,09	3,797				
109	-1,42	> 100	2,297					+18,36	17,59	2,908				
110	-0,37	> 100	2,000					+4,71	70,68	2,644				
111	-4,07	73,03	1,775					-9,87	34,68	2,551				
112	-7,08	40,26	1,717					-14,07	25,29	3,026				
113	-8,86	32,84	1,559					-9,14	36,95	3,386				
114	+1,55	> 100	3,853					+10,23	34,69	3,246				
115	-7,72	35,62	3,541					+23,62	14,60	3,423				
116	+13,34	31,68	3,526					+30,79	13,92	3,377				
117	*	*	*					*	*	*				
118	*	*	*					*	*	*				
119	*	*	*					*	*	*				
120	*	*	*					*	*	*				
121	*	*	*					*	*	*				
122	*	*	*					*	*	*				
123	*	*	*					*	*	*				
124	*	*	*					*	*	*				
125	*	*	*					*	*	*				
126	*	*	*					*	*	*				
127	*	*	*					*	*	*				
128	*	*	*					*	*	*				
129	*	*	*					*	*	*				
130	*	*	*					*	*	*				

Tabela C.2: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 10''$ S						$\Delta\delta = 5''$ S						
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2			
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	
1	-13,34	21,16	1,284				-1,69	80,54	1,325				
2	-16,63	18,54	0,848				-11,47	11,91	1,924				
3	-18,91	18,00	1,365				-9,64	13,84	1,471				
4	-23,57	12,75	1,092				-13,75	9,53	2,421				
5	-28,05	10,37	1,721				-20,37	6,50	2,877				
6	-31,84	9,66	0,990				-12,84	10,96	2,345				
7	-33,21	10,67	1,533				-8,68	16,63	1,726				
8	-45,68	6,93	2,561				-11,33	13,19	2,238				
9	-50,93	6,57	2,588				-12,15	12,33	1,540				
10	-53,40	6,54	2,958				-13,84	11,25	1,906				
11	-49,43	9,98	2,534				-8,82	18,39	1,475				
12	-41,52	12,62	1,646				-13,98	12,35	1,629				
13	-37,59	14,70	1,787				-13,29	13,23	1,808				
14	-34,72	13,54	1,523				-15,21	10,99	2,299				
15	-36,00	11,13	1,698				-38,55	4,35	3,334				
16	-43,62	7,91	1,820				-55,36	3,03	3,553				
17	-58,43	6,17	2,335				-67,24	2,65	3,255				
18	-83,00	4,82	2,200				-59,66	3,13	3,022				
19	-92,37	4,55	2,293				-60,57	3,21	2,546				
20	-81,49	5,20	3,041				-53,90	3,67	2,680				
21	*	*	*				-59,02	3,44	2,805				
22	*	*	*				-69,98	2,80	2,844				
23	*	*	*				-75,65	2,65	2,730				
24	*	*	*				-67,61	2,87	2,777				
25	-65,05	6,72	2,455				-55,27	3,54	2,935				
26	-64,00	6,57	2,076				-58,24	3,44	2,799				
27	-63,91	7,08	1,877				-55,73	3,30	2,450				
28	-63,91	7,63	2,082				-58,33	2,96	2,563				
29	-55,18	8,48	1,908				-52,99	3,49	2,893				
30	-54,86	7,19	1,954				-43,67	4,98	2,555				
31	-41,20	8,63	1,120				-37,41	5,97	2,384				
32	-35,95	8,64	0,637				-38,19	5,41	2,592				
33	-34,17	10,67	0,932				-30,38	6,45	2,287				
34	-36,00	12,49	0,646				-36,04	5,40	2,239				
35	-38,46	12,51	0,638				-27,87	7,16	2,026				
36	-35,27	13,87	1,330				-40,20	4,92	3,199				
37	-35,63	14,10	0,701				-55,91	3,70	3,925				
38	-41,25	12,15	1,365				-55,82	3,81	3,685				
39	-44,77	10,17	1,544				-55,91	3,90	3,368				
40	-47,87	7,78	1,477				-75,01	2,89	3,179				
41	-48,15	7,67	1,777				-81,77	2,66	3,480				
42	-44,40	9,47	1,492				-42,80	5,05	5,483				
43	-44,86	10,38	1,581				-171,99	1,31	*	+20,56	10,96	3,555	←
44	-41,20	10,72	2,002				-187,70	1,24	*	+24,35	9,55	3,103	←
45	-39,24	11,80	2,796				-191,17	1,18	*	+33,48	6,75	3,031	←
46	-34,99	15,56	2,825				-152,39	1,61	4,297	+39,83	6,16	2,802	←
47	-36,54	14,53	2,605				-172,31	1,38	1,827	+31,47	7,56	2,899	←
48	-53,49	8,28	3,504				-182,40	1,41	0,525	+19,92	12,94	2,930	←
49	-83,50	3,80	3,512				-186,74	1,43	*	+8,18	32,68	2,843	←
50	-93,10	2,63	3,357				-176,97	1,45	0,271	-1,00	> 100	2,434	←
51	-81,13	3,06	3,800				-10,87	22,65	2,928				
52	-65,19	4,32	3,600				-5,85	42,66	2,934				
53	-54,31	5,57	3,479				+5,39	53,39	2,665				
54	-39,88	8,25	2,999				+0,96	> 100	3,230				
55	-27,82	11,56	3,080				-14,21	23,86	4,053				
56	-27,27	12,83	3,308				-31,61	10,38	4,428				
57	-29,24	11,34	3,264				-28,41	11,05	4,770				
58	-36,41	9,36	3,365				-4,25	69,14	5,086				
59	-44,17	8,26	3,651				+12,43	22,46	4,577				
60	-53,86	7,93	4,026				+18,68	15,13	4,164				
61	-99,54	4,38	1,745	+40,02	10,90	2,188	←	+14,57	19,91	4,006			
62	-101,96	4,06	2,190	+51,07	8,11	2,257	←	+10,19	29,06	3,951			
63	-103,37	3,87	2,418	+61,49	6,50	2,154	←	+6,21	50,15	3,685			
64	-101,78	3,58	2,388	+72,59	5,02	1,550	←	+5,89	53,88	3,600			
65	-102,55	3,50	2,104	+60,39	5,94	1,949	←	+3,06	> 100	3,598			
66	-105,80	3,15	1,606	+43,67	7,63	2,429	←	-3,01	> 100	3,549			
67	-94,24	3,47	1,985	+44,90	7,28	2,159	←	-5,25	67,91	3,251			
68	-58,11	5,85	3,721					-8,63	42,22	3,140			
69	-46,32	8,05	3,562					-7,45	50,43	2,977			
70	-40,70	8,11	2,948					-4,11	86,44	2,867			

Tabela C.2: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $5''$ ao Sul da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 10''$ S						$\Delta\delta = 5''$ S					
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2		
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
71	-43,76	7,03	2,392				+3,01	> 100	2,862			
72	-46,78	6,31	2,161				+9,59	35,67	2,796			
73	-51,03	5,84	2,215				+15,35	20,89	2,976			
74	-50,98	6,16	2,626				+19,37	15,75	3,110			
75	-45,59	7,24	2,637				+23,75	12,96	3,129			
76	-45,13	6,76	2,604				+17,86	15,35	3,274			
77	-48,51	5,47	2,732				+0,50	> 100	3,953			
78	-44,49	5,84	2,941				-2,06	> 100	4,739			
79	-42,62	6,55	3,331				+4,43	67,42	5,141			
80	-38,87	7,22	3,910				+0,59	> 100	5,055			
81	-26,63	11,39	4,117				-9,32	30,15	4,578			
82	-24,44	12,86	4,612				-17,22	18,65	4,233			
83	-28,55	11,50	5,095				-24,67	13,02	4,087			
84	-36,27	9,18	5,461				-35,22	8,09	3,987			
85	-47,42	6,64	5,634				-44,36	7,42	3,873			
86	-68,70	4,38	5,633				-40,43	10,01	3,999			
87	-69,34	4,66	4,954				-19,69	21,86	4,983			
88	-80,44	3,59	4,387				-10,46	41,09	4,716			
89	-51,12	4,49	5,191				+0,23	> 100	4,715			
90	-42,80	5,39	4,270				+13,80	34,57	4,685			
91	-41,89	5,39	4,129				+23,98	22,72	5,056			
92	-40,11	5,58	3,518				+34,12	17,05	5,666			
93	-30,42	7,48	3,983				+41,75	12,99	5,910			
94	-28,69	8,47	4,087				+46,82	10,37	6,097			
95	-37,37	7,98	3,899				+32,11	14,21	5,815			
96	-59,20	5,38	3,986				+13,16	30,49	5,446			
97	-68,20	4,63	4,192				+2,83	> 100	5,345			
98	-57,33	4,38	4,571				-6,08	78,05	5,218			
99	-50,89	4,79	4,181				-14,94	34,25	4,688			
100	-48,06	5,44	3,872				-16,86	30,16	4,085			
101	-53,17	4,73	3,428				-7,54	66,18	4,237			
102	-66,97	3,68	3,406				+4,52	> 100	4,073			
103	-79,07	3,37	3,383				+11,79	42,91	3,657			
104	-78,16	3,99	4,075				+12,52	40,69	3,045			
105	-54,22	5,11	4,556				+13,80	39,47	3,112			
106	-35,95	8,09	4,033				+7,86	65,41	2,948			
107	-31,84	9,91	3,221				-10,55	48,18	2,909			
108	-41,25	7,33	2,243				-5,71	87,60	2,598			
109	-37,28	7,94	1,998				-5,53	89,83	2,521			
110	-34,95	8,03	1,658				+5,25	88,00	2,414			
111	-42,89	5,26	1,964				+12,20	39,18	2,142			
112	-52,35	4,69	2,324				+13,70	39,20	2,043			
113	-50,84	5,62	2,667				+12,88	42,30	1,646			
114	-61,49	4,27	3,146				+12,52	45,18	1,483			
115	-55,46	4,97	2,890				+12,11	44,83	1,857			
116	-65,41	4,57	3,177				+31,47	14,50	1,718			
117	-66,01	4,69	2,942				*	*	*			
118	-77,47	3,63	2,894				*	*	*			
119	-82,96	3,36	2,995				*	*	*			
120	-85,74	2,96	3,758				*	*	*			
121	-85,70	2,91	4,414				*	*	*			
122	*	*	*				*	*	*			
123	*	*	*				*	*	*			
124	*	*	*				*	*	*			
125	*	*	*				*	*	*			
126	*	*	*				*	*	*			
127	*	*	*				*	*	*			
128	*	*	*				*	*	*			
129	*	*	*				*	*	*			
130	*	*	*				*	*	*			

Tabela C.3: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.

N	$\Delta\delta = 0''$						$\Delta\delta = 5'' \text{ N}$					
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2		
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
1	*	*	*				*	*	*			
2	*	*	*				*	*	*			
3	*	*	*				*	*	*			
4	*	*	*				*	*	*			
5	*	*	*				*	*	*			
6	*	*	*				*	*	*			
7	-26,31	9,60	0,903				*	*	*			
8	-23,98	10,10	0,826				*	*	*			
9	-22,98	10,14	0,833				*	*	*			
10	-25,22	9,20	1,155				*	*	*			
11	-28,60	7,86	1,539				*	*	*			
12	-33,35	7,14	1,843				*	*	*			
13	-33,67	6,99	1,747				*	*	*			
14	-39,15	6,02	2,054				-22,25	7,13	1,424			
15	-50,07	4,41	2,827				-29,60	5,97	2,344			
16	-54,68	3,84	2,900				-29,92	5,92	2,157			
17	-60,94	3,27	2,859				-36,36	4,79	2,364			
18	-59,70	3,47	2,797				-33,35	5,33	2,639			
19	-60,44	3,24	2,474				-54,86	3,58	3,253			
20	-68,84	2,86	2,752				-63,77	3,28	3,750			
21	-72,54	2,66	2,685				-145,08	1,51	0,854	-1,69	> 100	1,993 ←
22	-76,10	2,46	2,611				-148,64	1,56	1,405	+8,50	27,20	2,140 ←
23	-85,74	2,24	2,523				-55,82	4,21	4,895			
24	-89,21	2,27	2,705				-36,09	6,62	3,989			
25	-95,24	2,24	2,970				-46,64	5,02	3,512			
26	-96,20	2,13	3,124				-55,36	4,27	3,683			
27	-95,29	2,10	2,498				-61,71	3,43	4,383			
28	-86,66	2,51	2,336				-23,62	8,88	4,791			
29	-89,31	2,59	2,161				-9,46	23,14	4,244			
30	-83,64	2,86	2,462				-25,22	7,59	4,047			
31	-81,91	2,84	2,336				-38,97	4,61	3,828			
32	-81,45	2,70	2,279				-42,39	5,15	3,405			
33	-82,59	2,51	2,126				-38,60	6,85	3,485			
34	-81,45	2,47	2,020				-20,92	13,58	3,294			
35	-78,39	2,63	1,953				-3,93	58,14	3,277			
36	-71,08	2,84	2,304				+24,80	9,02	3,030			
37	-66,97	2,93	2,935				+31,79	7,47	2,844			
38	-59,98	3,47	3,021				+28,00	8,87	2,730			
39	-59,75	3,22	2,839				+25,72	9,88	2,954			
40	-85,70	2,18	2,205	+85,51	2,18	2,147 ←	+2,38	> 100	3,814			
41	-102,14	1,84	2,484	+73,27	2,57	2,630 ←	-1,96	> 100	3,435			
42	-123,70	1,49	2,470	+34,44	5,36	3,008 ←	-5,89	49,46	3,449			
43	-158,10	1,14	2,069	+5,16	35,04	3,077 ←	-26,81	11,06	3,781			
44	-185,60	0,96	1,632	+2,47	72,41	2,820 ←	-55,27	5,26	4,095			
45	-198,44	0,92	1,409	+10,32	17,61	2,346 ←	-76,38	3,72	4,462			
46	-199,35	0,88	1,708	+13,70	12,80	2,137 ←	-155,22	1,94	2,511	-1,92	> 100	1,727 ←
47	-192,18	0,93	2,715	+8,04	22,27	2,093 ←	-182,22	1,72	2,241	-1,69	> 100	1,732 ←
48	-200,17	0,88	2,009	-1,32	> 100	2,259 ←	-185,28	1,64	1,596	+0,64	> 100	2,092 ←
49	-212,64	0,81	1,258	-8,77	19,64	2,081 ←	-184,55	1,75	2,291	+17,82	18,13	2,413 ←
50	-206,80	0,87	1,839	-13,06	13,78	1,871 ←	-177,42	1,95	2,231	+24,39	14,18	2,505 ←
51	-182,13	0,96	2,018	-12,06	14,55	1,767 ←	-162,26	2,26	2,529	+26,31	13,96	2,182 ←
52	-179,52	1,02	1,491	-3,43	53,20	1,736 ←	-157,83	2,29	2,116	+31,66	11,43	2,459 ←
53	-181,49	1,04	1,453	+7,08	26,77	2,015 ←	-139,05	2,44	2,740	+45,82	7,40	2,257 ←
54	-163,31	1,27	2,466	+17,36	11,92	2,139 ←	-135,67	2,37	2,457	+46,59	6,90	2,476 ←
55	-131,51	1,54	2,562	+26,81	7,55	1,899 ←	-129,73	2,49	2,055	+55,00	5,88	2,469 ←
56	-127,17	1,50	1,897	+29,05	6,56	1,962 ←	-136,72	2,52	1,532	+46,64	7,38	2,888 ←
57	-133,52	1,42	1,340	+23,57	8,02	2,440 ←	-139,23	2,83	0,871	+23,43	16,80	3,064 ←
58	-136,17	1,34	1,286	+18,45	9,88	2,589 ←	-28,18	15,56	4,420			
59	-136,45	1,40	1,597	+15,03	12,67	2,643 ←	-24,94	17,86	3,610			
60	-41,93	4,37	5,021				-16,35	26,84	2,961			
61	-35,63	5,01	4,521				-11,65	34,00	2,809			
62	-32,71	5,01	3,768				+0,73	> 100	2,909			
63	-30,47	4,96	3,446				+1,64	> 100	3,105			
64	-27,87	5,48	3,460				-177,47	1,90	1,257	+11,51	29,25	3,440 ←
65	-30,70	5,00	3,566				-163,17	2,23	1,418	+27,59	13,20	3,481 ←
66	-33,89	4,64	3,676				-167,24	2,26	1,519	+33,48	11,31	2,902 ←
67	-34,12	4,63	3,653				-176,14	2,19	0,936	+21,84	17,66	2,314 ←
68	-36,91	4,50	3,538				-176,83	2,44	*	+13,66	31,61	2,502 ←
69	-36,64	4,66	2,852				-172,35	2,50	*	+2,28	> 100	2,349 ←
70	-32,25	5,34	2,446				-2,01	> 100	2,621			

Tabela C.3: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com a fenda sobre a estrela de referência e $5''$ ao Norte.

N	$\Delta\delta = 0''$ N						$\Delta\delta = 5''$ N					
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2		
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
71	-29,78	5,74	2,536				+6,40	75,57	2,748			
72	-25,86	6,66	2,926				+16,99	26,88	3,440			
73	-20,05	8,59	3,244				+18,45	24,93	4,302			
74	-13,98	12,39	3,309				-5,16	80,09	3,877			
75	-14,62	11,88	3,314				-29,83	13,69	3,133			
76	-27,96	6,09	3,565				-35,27	10,61	3,284			
77	-35,54	4,86	4,046				-33,71	10,58	3,870			
78	-25,95	6,67	4,551				-25,49	14,68	4,601			
79	-24,07	7,10	4,215				+20,60	16,16	5,956			
80	-30,65	5,34	3,849				+46,18	7,86	6,470			
81	-38,74	4,30	3,623				+65,28	5,38	5,856			
82	-41,48	3,84	3,861				+74,96	4,92	5,032			
83	-43,53	3,62	4,337				+64,32	5,94	3,459			
84	-46,87	3,43	5,073				+53,40	5,30	2,219			
85	-50,61	3,19	6,002				+51,57	7,09	2,207			
86	-55,09	2,96	6,240				+37,69	9,10	4,314			
87	-70,44	2,30	5,370				-18,32	20,05	5,913			
88	-83,00	1,95	3,892				-28,69	14,43	3,946			
89	-77,84	1,99	3,296				-11,92	37,24	3,441			
90	-71,31	2,20	3,008				-7,35	65,34	3,276			
91	-65,83	2,39	3,138				-7,95	58,45	3,361			
92	-61,35	2,60	3,437				-14,02	35,50	3,724			
93	-52,30	2,93	4,165				-15,53	39,59	4,210			
94	-67,29	2,42	4,078	+128,96	1,26	3,768	←	-23,25	24,87	3,925		
95	-102,46	1,56	3,005	+83,69	1,91	4,225	←	-26,08	24,54	3,288		
96	-98,12	1,62	2,482	+91,18	1,75	3,689	←	-23,53	26,45	2,503		
97	-84,87	1,70	2,462	+95,38	1,51	2,088	←	-8,27	63,26	2,213		
98	-66,83	2,30	2,796	+103,47	1,49	*	←	+6,62	75,93	2,356		
99	-32,11	4,52	4,044					+17,91	24,46	2,522		
100	-18,68	8,22	3,962					+15,03	31,91	3,125		
101	-6,53	23,71	3,749					+31,79	17,66	3,228		
102	-0,23	> 100	3,694					+6,99	93,27	2,126		
103	-9,82	15,81	3,278					+14,07	46,85	2,528		
104	-18,23	9,77	2,463					+15,99	41,46	1,798		
105	-21,52	7,77	2,034					+17,40	37,17	1,452		
106	-24,03	6,86	1,904					+10,51	57,74	2,063		
107	-16,40	9,97	1,777					+13,43	45,88	1,777		
108	-10,23	16,07	1,702					+6,40	> 100	2,190		
109	-13,52	12,23	1,642					+25,54	25,51	1,950		
110	-21,33	7,04	1,455					+21,33	30,09	1,420		
111	-25,03	6,04	1,382					+6,12	> 100	0,855		
112	-24,67	6,80	0,853					+12,88	48,90	1,151		
113	-24,30	6,82	0,932					+6,30	96,01	*		
114	-25,86	6,63	0,624					-6,58	93,89	2,327		
115	-30,70	6,24	0,985					+1,96	> 100	0,799		
116	-34,35	4,73	1,010					+21,29	27,27	0,716		
117	-28,69	5,96	1,193					+15,53	35,79	1,047		
118	-35,77	4,76	0,966					*	*	*		
119	-25,03	6,51	*					*	*	*		
120	-29,24	5,67	0,736					*	*	*		
121	-32,07	5,27	*					*	*	*		
122	-30,06	5,58	*					*	*	*		
123	-30,10	5,69	*					*	*	*		
124	-30,38	5,46	*					*	*	*		
125	-33,76	4,71	*					*	*	*		
126	-37,64	4,17	0,764					*	*	*		
127	-28,09	5,40	*					*	*	*		
128	-31,02	5,21	0,846					*	*	*		
129	-39,92	3,86	0,639					*	*	*		
130	-45,41	3,79	*					*	*	*		

Tabela C.4: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 10''$ N						$\Delta\delta = 15''$ N							
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2				
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM		
1	-17,50	12,06	1,056				-18,27	7,98	1,841					
2	-12,11	17,21	0,629				-26,08	5,48	1,086					
3	-14,57	13,76	0,288				-19,19	7,45	1,562					
4	-14,66	13,46	*				-19,23	7,41	1,529					
5	-21,47	8,60	1,262				-17,77	7,46	1,841					
6	-14,16	12,48	1,313				-13,70	10,43	1,361					
7	-14,85	11,88	0,802				-17,22	8,57	1,367					
8	-14,02	12,18	0,407				-14,85	11,38	1,528					
9	-20,15	8,50	0,805				-19,41	8,38	1,553					
10	-20,46	8,21	0,592				-16,26	10,79	1,547					
11	-17,36	9,68	0,487				-18,27	9,43	1,127					
12	-20,33	8,16	0,882				-15,90	10,95	1,201					
13	-21,15	7,52	0,721				-17,36	10,79	1,347					
14	-21,47	7,38	0,903				-22,47	7,42	1,567					
15	-23,98	6,32	0,980				-23,34	6,85	1,488					
16	-21,24	7,20	0,925				-16,67	9,75	1,640					
17	-26,77	5,72	0,963				-27,59	5,35	2,610					
18	-32,89	4,93	1,987				-63,18	2,24	4,307					
19	-41,66	3,80	2,477				-106,25	1,30	4,086					
20	-59,34	2,78	3,086				*	*	*					
21	*	*	*				*	*	*					
22	*	*	*				*	*	*					
23	*	*	*				*	*	*					
24	-31,52	6,01	2,323				*	*	*					
25	-35,86	5,41	2,643				*	*	*					
26	-45,91	4,32	3,290				+8,13	16,40	2,451					
27	-53,95	3,60	4,034				-13,34	9,93	1,946					
28	-44,77	4,13	3,786				-20,24	7,16	2,343					
29	-33,48	5,68	3,725				-4,48	31,43	2,044					
30	-41,75	4,33	3,890				-8,91	15,28	3,129					
31	-43,62	3,95	3,295				-54,09	2,26	4,561					
32	-53,40	3,05	2,897				-52,99	2,63	4,635					
33	-56,69	2,87	3,327				-33,30	3,81	4,250					
34	-50,75	3,11	3,381				-10,55	12,16	4,418					
35	-38,42	4,15	3,446				+9,82	13,02	4,872					
36	-19,28	8,25	3,818				+2,65	49,83	4,383					
37	-6,26	25,26	3,259				+7,40	18,15	4,264					
38	-10,10	15,34	2,998				-76,88	1,73	2,464	+56,05	2,37	1,523	←	
39	-6,81	22,89	2,537				-62,63	2,17	2,704	+60,80	2,23	0,580	←	
40	-26,72	5,57	3,331				-95,29	1,52	2,086	+50,34	2,89	1,328	←	
41	-26,95	5,54	3,111				-100,45	1,57	1,922	+43,58	3,62	1,500	←	
42	-31,75	4,73	3,361				-90,40	1,66	1,883	+32,30	4,64	1,808	←	
43	-39,88	3,85	3,877				-12,06	12,65	3,635					
44	-48,88	3,07	3,858				-3,61	42,91	3,409					
45	-64,77	2,43	4,205				-6,08	26,77	3,287					
46	-154,49	1,00	2,078	-12,97	11,94	0,930	←	-11,97	14,89	3,238				
47	-193,78	0,80	1,386	-24,03	6,44	1,673	←	-11,97	15,27	3,726				
48	-208,81	0,76	1,154	-21,52	7,35	1,645	←	-14,66	12,68	4,049				
49	-210,68	0,77	1,001	-15,39	10,50	2,072	←	-10,83	16,37	4,430				
50	-194,42	0,85	2,145	-5,66	29,19	2,178	←	-23,71	7,05	4,732				
51	-186,10	0,91	1,945	-9,27	18,18	2,521	←	-35,77	4,65	3,992				
52	-172,22	0,96	1,744	+5,76	28,65	2,258	←	-42,21	4,30	3,733				
53	-168,79	0,96	1,525	+13,52	11,96	2,469	←	-50,48	3,57	3,597				
54	-151,80	1,07	1,726	+20,42	7,92	2,227	←	-36,64	4,93	4,078				
55	-150,93	1,12	1,367	+21,42	7,89	2,528	←	-25,03	7,54	4,424				
56	-164,82	1,01	*	+4,39	37,81	3,092	←	-39,42	4,61	4,634				
57	-166,51	0,98	*	-13,66	11,91	3,074	←	-38,97	4,26	3,819				
58	-169,25	0,99	*	-35,72	4,68	3,134	←	-25,08	6,32	3,414	+188,34	0,84	*	←
59	-59,06	2,83	3,826					-20,88	7,40	3,451	+184,14	0,84	*	←
60	-52,76	3,15	3,307					-30,33	4,89	3,662	+171,76	0,86	1,454	←
61	-45,59	3,60	2,982					-45,50	3,36	3,387	+140,10	1,09	2,414	←
62	-42,35	3,79	2,691					-69,30	2,25	3,720	+129,09	1,21	2,249	←
63	-34,72	4,57	3,055					-91,36	1,73	3,777	+111,60	1,41	2,490	←
64	-34,53	4,70	3,442					-113,74	1,41	3,099	+88,67	1,81	3,084	←
65	-201,41	0,80	*	-10,14	15,86	3,138	←	-126,63	1,21	1,772	+72,72	2,10	3,115	←
66	-192,91	0,83	*	-3,29	48,89	2,391	←	-100,63	1,53	2,557	+63,86	2,41	2,744	←
67	-199,62	0,78	*	-15,12	10,33	2,045	←	-112,15	1,29	2,539	+60,25	2,40	3,133	←
68	-195,38	0,84	*	-30,74	5,36	2,504	←	-131,24	1,12	2,374	+41,89	3,51	4,080	←
69	-196,47	0,82	*	-39,79	4,03	1,864	←	-137,36	1,05	1,967	+42,80	3,36	4,390	←
70	-200,63	0,77	*	-45,45	3,42	1,761	←	-131,61	1,13	1,891	+34,26	4,35	5,033	←

Tabela C.4: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $10''$ e $15''$ ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 10''$ N						$\Delta\delta = 15''$ N					
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2		
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
71	-208,58	0,77	*	-40,66	3,93	2,317 ←	-94,28	1,69	3,052			
72	-43,08	3,73	3,345				-71,76	2,29	3,446			
73	-39,47	4,06	3,676				-71,76	2,36	3,459			
74	-57,10	2,78	3,043				-86,29	1,96	3,290			
75	-77,93	2,09	2,873				-89,03	1,89	3,856			
76	-80,17	2,03	3,066				-83,18	2,26	4,445			
77	-84,01	1,90	3,930				-92,64	1,92	3,537			
78	-59,61	2,54	4,004				-104,93	1,97	3,520			
79	-22,98	6,46	4,386				-87,25	2,16	5,765			
80	*	*	*				*	*	*			
81	*	*	*				*	*	*			
82	*	*	*				*	*	*			
83	+19,64	7,47	3,601				*	*	*			
84	-1,00	> 100	2,317				*	*	*			
85	+1,37	> 100	2,433				*	*	*			
86	-19,32	7,94	4,123				*	*	*			
87	-64,09	2,53	4,561				-79,07	3,43	3,259			
88	-64,68	2,42	3,318				-65,87	3,97	3,308			
89	-51,25	3,15	2,303				-62,13	4,26	3,521			
90	-55,32	2,88	2,313				-44,68	5,60	3,159			
91	-46,82	3,48	1,570				-31,20	8,04	2,237			
92	-50,93	3,36	2,227				-19,96	13,41	2,026			
93	-52,58	3,23	3,070				-10,32	27,65	1,787			
94	-48,74	3,64	2,810				+4,11	64,00	1,827			
95	-55,27	3,34	2,112				+4,07	61,69	1,992			
96	-53,95	3,39	1,686				+10,69	23,12	2,085			
97	-36,27	4,62	0,937				*	*	*			
98	-25,44	5,85	*				*	*	*			
99	-19,96	7,67	*				*	*	*			
100	-20,92	7,14	*				*	*	*			
101	-22,66	6,67	1,637				*	*	*			
102	-26,17	5,32	*				+15,07	13,24	1,046			
103	-30,29	4,84	*				+4,93	41,02	1,034			
104	-26,04	5,47	0,584				*	*	*			
105	-27,82	5,53	0,842				+0,78	> 100	1,800			
106	-29,65	5,58	*				+6,12	29,78	1,341			
107	-21,01	7,37	*				+9,68	16,27	1,424			
108	-27,87	5,79	0,548				+5,02	31,91	1,210			
109	-27,27	5,86	*				+7,26	22,14	*			
110	-22,29	7,11	0,233				+3,56	43,72	1,879			
111	-27,82	5,75	*				-5,16	31,77	1,693			
112	-36,59	4,44	*				+1,96	83,95	1,137			
113	-26,17	5,76	*				+3,65	42,50	1,542			
114	-29,65	5,36	*				-2,88	51,90	1,684			
115	-32,52	4,83	*				-5,62	27,24	1,284			
116	-28,23	5,50	*				+10,73	20,00	*			
117	-7,17	23,38	*				*	*	*			
118	*	*	*				*	*	*			
119	*	*	*				*	*	*			
120	*	*	*				*	*	*			
121	*	*	*				*	*	*			
122	*	*	*				*	*	*			
123	*	*	*				*	*	*			
124	*	*	*				*	*	*			
125	*	*	*				*	*	*			
126	*	*	*				*	*	*			
127	*	*	*				*	*	*			
128	*	*	*				*	*	*			
129	*	*	*				*	*	*			
130	*	*	*				*	*	*			

Tabela C.5: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 20''$ N						$\Delta\delta = 25''$ N							
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2				
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM		
1	-17,22	13,69	1,563				*	*	*					
2	-24,30	9,21	1,887				*	*	*					
3	-25,95	8,80	1,800				*	*	*					
4	-37,28	6,61	2,658				*	*	*					
5	-40,15	5,54	2,878				*	*	*					
6	-43,72	5,34	3,324				*	*	*					
7	-28,28	9,06	2,340				*	*	*					
8	-36,18	7,78	2,536				*	*	*					
9	-40,06	6,72	2,506				*	*	*					
10	-36,45	6,83	2,218				*	*	*					
11	-29,24	8,53	2,618				*	*	*					
12	-17,40	13,36	2,488				+47,55	3,07	0,850					
13	-19,00	12,12	2,233				+42,21	3,69	1,455					
14	*	*	*				-10,69	13,68	1,463					
15	*	*	*				-10,14	14,01	0,633					
16	*	*	*				*	*	*					
17	*	*	*				*	*	*					
18	*	*	*				*	*	*					
19	*	*	*				-26,49	5,43	1,974					
20	*	*	*				-33,67	4,03	2,555					
21	*	*	*				-25,17	5,21	2,999					
22	*	*	*				-7,22	18,29	2,053					
23	*	*	*				-19,28	7,30	3,600					
24	+33,62	5,88	3,285				-16,86	8,67	3,661					
25	+4,80	41,05	3,529				-2,51	58,18	2,060					
26	-7,95	26,49	3,718				-1,51	> 100	1,115					
27	-30,29	6,64	3,669				+7,40	20,43	1,639					
28	-51,53	4,08	3,139				-0,64	> 100	1,348					
29	-59,20	3,33	3,567				-6,58	25,97	1,589					
30	-60,02	3,77	4,185	+218,35	1,04	*	←	-16,44	11,50	1,744				
31	-52,49	3,77	4,124	+192,77	1,03	1,036	←	-15,94	11,38	2,295				
32	-32,20	7,06	4,252	+182,04	1,25	*	←	-8,68	21,58	3,537				
33	-10,05	21,05	3,730	+172,31	1,23	*	←	*	*	*				
34	-6,85	32,00	3,222	+172,72	1,27	*	←	*	*	*				
35	+4,29	52,13	3,692				*	*	*					
36	+10,10	24,39	3,201				*	*	*					
37	+15,17	13,40	3,364				*	*	*					
38	-1,51	> 100	4,005				+22,57	6,60	4,255					
39	-23,11	8,93	4,550				+23,30	5,37	3,680					
40	+2,60	81,23	4,389				+27,55	4,39	2,987					
41	+20,10	9,93	3,598				+48,28	2,40	2,599					
42	+18,00	11,62	3,822				+60,07	2,14	2,466					
43	+17,59	12,75	3,928				+53,63	2,44	3,034					
44	+7,40	28,95	3,801				+40,79	3,62	3,417					
45	-4,98	42,48	3,884				+24,99	5,58	3,238					
46	-6,35	37,34	3,999				+9,87	13,70	3,646					
47	+9,46	23,14	3,858				+12,06	10,45	4,318					
48	-0,69	> 100	3,178				+24,30	5,90	4,302					
49	-13,38	15,26	2,729				+21,65	5,74	4,166					
50	-17,18	11,91	2,984				+12,97	8,56	3,522					
51	-17,27	11,56	3,234				+6,03	19,17	3,634					
52	-8,63	27,46	3,810				+4,39	26,25	4,300					
53	-0,41	> 100	4,112				+0,87	> 100	4,216					
54	-1,28	> 100	4,112				+10,69	12,14	3,328					
55	-12,43	18,57	3,938				+8,27	14,92	3,159					
56	-33,58	7,22	3,715	+230,14	1,05	1,303	←	-5,34	26,32	3,037				
57	-44,86	4,79	3,752	+220,77	0,97	0,457	←	-8,95	16,58	2,870				
58	-57,42	3,52	3,943	+160,84	1,26	6,728	←	-8,27	19,06	2,829				
59	-34,85	6,29	4,510	+198,89	1,10	0,232	←	-0,14	> 100	3,096				
60	-53,03	4,53	3,980	+131,70	1,82	3,954	←	-0,82	> 100	3,565				
61	-82,04	3,25	3,525	+111,19	2,40	3,412	←	-0,05	> 100	3,008				
62	-106,62	2,25	3,295	+102,42	2,34	2,671	←	+10,05	17,64	2,732				
63	-124,25	2,16	2,913	+84,51	3,18	2,893	←	+7,77	22,65	2,227				
64	-137,00	1,79	2,779	+82,96	2,96	2,657	←	+6,30	28,26	2,127				
65	-106,16	2,38	3,588	+85,24	2,97	2,109	←	-1,92	75,48	2,079				
66	-76,79	3,33	3,936	+95,75	2,67	2,253	←	-4,39	29,79	2,378				
67	-76,47	3,06	3,033	+113,33	2,07	2,693	←	-8,09	14,69	2,527				
68	-74,64	4,33	2,524	+143,35	2,25	3,358	←	+5,07	26,85	2,532				
69	-79,85	5,06	2,353	+151,16	2,67	4,473	←	+15,03	9,91	2,893				
70	-90,68	3,78	2,206	+121,60	2,82	4,392	←	-3,70	41,98	2,461	+170,02	0,91	0,390	←

Tabela C.5: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $20''$ e $25''$ ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 20''$ N						$\Delta\delta = 25''$ N						
	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2			
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	
71	-94,28	3,90	2,468				-16,81	9,35	2,367	+161,02	0,98	0,807	←
72	-89,49	3,93	2,472				-32,94	5,09	2,945	+183,18	0,92	*	←
73	-86,61	3,66	2,575				-40,38	4,30	3,701	+179,66	0,97	0,686	←
74	-81,22	4,92	3,175				-41,11	4,11	3,337	+154,35	1,09	1,977	←
75	-73,00	4,94	3,736				-25,58	5,80	3,081	+168,01	0,88	2,162	←
76	-67,47	7,74	3,804				-44,13	3,65	2,887	+152,39	1,06	3,076	←
77	-78,80	5,39	4,053				-50,61	3,01	3,321	+153,12	0,99	2,735	←
78	-85,38	3,78	4,425				-70,21	2,24	3,591	+148,46	1,06	2,641	←
79	-37,18	11,01	4,272				-87,02	1,87	3,005	+119,96	1,36	4,364	←
80	*	*	*				-24,07	6,85	4,437	+152,44	1,08	2,663	←
81	*	*	*				-37,05	4,39	3,076	+152,25	1,07	2,410	←
82	*	*	*				-30,06	4,91	2,663	+158,60	0,93	2,616	←
83	*	*	*				-12,79	11,96	3,294				
84	-76,15	5,49	4,171				-16,63	8,24	3,691				
85	-85,19	5,12	4,002				-31,93	4,69	3,922				
86	-85,15	4,76	3,892				-80,67	1,91	4,717				
87	-83,41	4,68	5,134				-103,10	1,40	3,515				
88	-84,60	4,56	5,426				-105,52	1,61	2,548				
89	-87,16	4,70	6,177				-95,61	1,65	2,651				
90	*	*	*				-104,29	1,65	2,929				
91	*	*	*				-109,04	1,83	2,465				
92	*	*	*				-108,26	1,71	2,629				
93	*	*	*				-96,89	1,99	3,620				
94	*	*	*				-76,29	2,36	5,255				
95	*	*	*				-23,11	8,60	4,035				
96	*	*	*				-19,37	10,61	3,279				
97	*	*	*				-53,67	4,25	3,723				
98	*	*	*				-82,91	2,42	3,499				
99	-3,24	83,94	1,678				-88,07	2,69	3,507				
100	+2,06	> 100	1,221				-68,43	3,04	3,787				
101	+3,43	83,87	0,998				-28,14	7,60	2,917				
102	-6,12	47,16	1,730				*	*	*				
103	+9,00	34,21	1,190				*	*	*				
104	+2,01	> 100	*				*	*	*				
105	+5,76	52,62	1,565				*	*	*				
106	+0,05	> 100	0,223				*	*	*				
107	+5,30	60,26	1,625				*	*	*				
108	+0,59	> 100	0,838				*	*	*				
109	-4,16	70,55	1,676				*	*	*				
110	+0,50	> 100	1,453				*	*	*				
111	+2,15	> 100	*				*	*	*				
112	-0,78	> 100	1,156				+28,96	9,24	1,816				
113	+1,00	> 100	0,921				+23,80	10,90	2,014				
114	-4,52	51,11	0,656				+24,48	10,24	1,772				
115	+3,47	79,34	0,350				+20,65	10,75	1,404				
116	+15,58	18,45	*				+14,34	15,00	1,868				
117	*	*	*				+21,52	8,85	1,981				
118	*	*	*				+15,03	13,56	1,618				
119	*	*	*				+20,92	9,28	0,922				
120	*	*	*				+25,81	6,97	1,187				
121	*	*	*				+22,70	8,91	1,407				
122	*	*	*				+23,25	7,37	1,717				
123	*	*	*				+24,21	7,38	1,898				
124	*	*	*				+14,85	11,94	2,202				
125	*	*	*				+18,36	8,28	2,121				
126	*	*	*				+18,50	8,37	1,962				
127	*	*	*				+6,90	21,72	1,644				
128	*	*	*				*	*	*				
129	*	*	*				*	*	*				
130	*	*	*				*	*	*				

Tabela C.6: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.

N	$\Delta\delta = 30''$ N			$\Delta\delta = 35''$ N											
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM			
1	-23,62	6,00	1,484				-22,11	6,82	1,973						
2	-23,11	5,93	1,742				-25,72	6,00	1,974						
3	-20,33	6,63	1,576				-17,82	9,31	2,003						
4	-15,94	8,60	2,056				-9,91	16,91	1,744						
5	-17,22	8,12	2,139				-12,97	13,35	1,911						
6	-16,86	8,81	1,440				-10,00	16,85	1,730						
7	-18,82	8,35	0,916				-0,59	> 100	2,249						
8	-17,91	9,21	1,200				+6,81	23,62	2,428						
9	-26,17	6,46	1,958				+8,18	19,22	2,686						
10	-20,78	8,40	1,832				+8,41	20,27	2,478						
11	-16,54	11,19	1,312				+17,59	9,95	2,623						
12	-14,57	12,07	1,594				*	*	*						
13	-13,52	12,20	1,497				*	*	*						
14	-13,11	10,91	1,795				*	*	*						
15	*	*	*				+7,99	20,86	2,069						
16	*	*	*				+3,97	46,09	2,029						
17	*	*	*				+1,92	> 100	1,780						
18	-3,24	39,72	3,327				+0,27	> 100	2,329						
19	+16,58	7,44	2,908				+12,43	18,97	2,517						
20	+39,74	3,09	2,820				+31,25	7,72	2,503						
21	+35,95	3,43	2,676				+34,17	6,66	2,208						
22	+31,47	3,99	2,204				+32,39	6,91	1,918						
23	+28,05	4,69	1,939				+21,84	9,48	1,871						
24	+23,39	5,70	1,986				+10,73	18,51	2,407						
25	+19,28	6,90	2,481				-1,78	> 100	2,885						
26	+16,44	8,25	2,969				-5,25	33,13	3,217						
27	+9,18	15,42	3,467				-22,79	7,31	2,945						
28	+15,71	8,78	3,554				-34,17	4,51	2,465						
29	+20,65	6,68	4,258				-36,27	4,31	2,517						
30	+5,39	26,61	3,639				-23,21	6,95	3,278						
31	-1,19	> 100	3,171				-6,21	27,50	2,986						
32	-6,08	23,61	3,666				-4,84	38,21	2,375						
33	-13,43	11,19	3,959				-6,99	28,10	2,277						
34	-17,13	8,77	3,626				-13,11	14,32	2,439						
35	-7,40	20,06	3,651				-14,34	12,61	2,057						
36	+13,20	11,66	2,817				-25,63	6,42	2,130						
37	+16,40	9,36	2,534				-23,21	6,83	2,329						
38	-1,19	> 100	2,089				-14,98	10,03	1,977						
39	-15,99	10,11	1,854				-11,79	13,37	1,637						
40	-19,09	8,09	1,873				-5,34	29,49	2,083						
41	-10,69	14,62	1,876				+2,10	74,35	2,280						
42	-10,83	14,51	1,747				+10,00	16,62	2,624						
43	+0,78	> 100	2,764				+19,32	9,48	3,372						
44	+21,84	8,74	3,753				+22,93	9,00	3,855						
45	+53,58	3,68	5,147				+3,56	66,67	2,848	+186,33	1,27	1,792	←		
46	-1,00	> 100	2,775	+195,79	1,09	1,317	←	-8,45	31,51	2,410	+200,58	1,33	1,440	←	
47	-9,55	23,97	2,013	+188,34	1,22	0,641	←	-14,94	21,87	2,047	+180,99	1,80	1,177	←	
48	-11,65	20,16	1,955	+201,36	1,17	*	←	-15,49	24,28	1,957	+169,66	2,22	0,564	←	
49	-9,55	26,03	2,261	+197,75	1,26	*	←	-10,51	37,57	2,519	+162,12	2,43	1,095	←	
50	-5,21	48,16	2,194	+191,54	1,31	*	←	+14,62	29,12	2,754	+168,01	2,53	*	←	
51	-3,24	81,41	2,185	+176,97	1,49	*	←	+11,56	37,71	2,157	+161,30	2,70	1,012	←	
52	+6,72	42,04	2,531	+170,11	1,66	*	←	+7,17	61,59	2,119	+158,15	2,79	0,947	←	
53	-0,27	> 100	2,181	+141,70	2,00	0,779	←	-3,15	> 100	1,993	+132,47	3,37	1,315	←	
54	-13,52	21,72	1,376	+136,49	2,15	2,191	←	-2,92	> 100	2,104	+141,47	3,16	1,302	←	
55	-11,15	26,19	2,650	+157,14	1,86	1,116	←	-0,69	> 100	2,709	+145,63	3,17	0,860	←	
56	-20,46	14,11	1,815	+151,93	1,90	1,739	←	+49,33	9,67	5,273					
57	-28,55	9,34	2,033	+159,10	1,68	2,036	←	+53,31	9,21	4,189					
58	-35,49	6,90	2,162	+195,06	1,26	1,804	←	+14,57	33,61	3,861					
59	-32,98	6,29	2,026	+191,77	1,08	1,680	←	-24,67	18,54	2,519					
60	-31,70	6,43	1,997	+169,52	1,20	1,457	←	-57,19	6,96	4,009					
61	-48,51	3,97	2,158	+146,27	1,32	1,493	←	-58,33	5,67	4,072					
62	-53,77	3,56	3,578	+140,88	1,36	1,343	←	-40,56	6,88	3,658					
63	-90,13	1,96	3,826	+88,57	2,00	2,278	←	-48,74	5,34	4,474					
64	-66,15	2,47	4,109	+66,74	2,44	1,377	←	-46,05	5,35	4,262					
65	-93,92	1,69	1,808	+44,81	3,55	1,801	←	-42,25	5,66	3,695					
66	-29,46	5,75	4,450					-54,45	4,46	3,632					
67	-49,56	3,41	3,599					-79,90	3,29	4,263					
68	*	*	*					-91,36	2,95	4,347					
69	*	*	*					-135,63	1,87	5,235					
70	-99,86	1,92	5,376					-170,71	1,53	4,176	+30,24	8,63	*	←	

Tabela C.6: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $30''$ e $35''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 30''$ N						$\Delta\delta = 35''$ N						
componente 1			componente 2			componente 1			componente 2			
N	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
71	-106,16	1,80	4,755				-223,38	1,23	3,723	+8,77	31,41	1,988 ←
72	-113,42	1,64	4,495				-220,00	1,24	2,859	-22,43	12,14	2,892 ←
73	-119,45	1,61	3,844				*	*	*			
74	-118,86	1,72	3,209				-91,09	3,09	4,500			
75	-113,93	1,75	2,700				-78,20	3,84	2,964			
76	-109,63	1,85	2,143				-78,16	3,54	3,263			
77	-112,28	1,76	1,972				-86,93	3,21	3,704			
78	-105,98	1,94	2,156				-85,56	3,36	3,692			
79	-93,96	2,55	2,670				-83,28	3,72	3,677			
80	-71,49	2,96	3,119				-87,75	3,46	2,893			
81	-52,17	4,06	3,076				-77,66	4,24	2,245			
82	-56,96	3,71	2,915				-81,40	4,41	2,007			
83	-77,75	2,60	3,012				-74,14	4,74	2,468			
84	-66,65	2,91	3,188				-63,86	5,31	3,243			
85	-57,47	3,96	2,614				-58,93	5,59	4,069			
86	*	*	*				*	*	*			
87	*	*	*				*	*	*			
88	*	*	*				*	*	*			
89	*	*	*				*	*	*			
90	*	*	*				*	*	*			
91	*	*	*				*	*	*			
92	*	*	*				*	*	*			
93	*	*	*				*	*	*			
94	*	*	*				*	*	*			
95	*	*	*				*	*	*			
96	*	*	*				*	*	*			
97	*	*	*				*	*	*			
98	*	*	*				*	*	*			
99	+1,60	> 100	2,037				+9,46	35,27	2,346			
100	-6,58	31,46	1,192				-12,29	27,36	2,655			
101	-4,98	42,11	2,236				-4,29	75,32	3,192			
102	+5,30	39,05	2,194				-14,25	21,47	3,225			
103	+7,03	31,49	2,169				-3,47	89,34	2,957			
104	-14,34	15,67	2,924				-29,60	10,65	3,467			
105	-16,81	14,02	2,662				-31,38	10,48	3,504			
106	-18,87	13,58	2,270				-16,31	23,17	4,001			
107	-6,85	37,47	2,040				-3,24	> 100	3,182			
108	-6,26	39,71	2,981				*	*	*			
109	-19,05	14,29	3,435				*	*	*			
110	-40,06	6,77	3,191				*	*	*			
111	-34,31	8,20	3,354				*	*	*			
112	-23,66	10,85	3,666				-48,28	9,14	3,325			
113	-10,64	23,30	2,173				-44,08	10,18	3,054			
114	-46,87	5,05	4,069				-34,53	12,57	3,067			
115	*	*	*				-39,70	10,75	3,349			
116	*	*	*				-59,93	6,46	4,556			
117	*	*	*				-84,74	4,03	4,444			
118	*	*	*				*	*	*			
119	*	*	*				*	*	*			
120	*	*	*				*	*	*			
121	*	*	*				*	*	*			
122	*	*	*				*	*	*			
123	*	*	*				*	*	*			
124	*	*	*				*	*	*			
125	*	*	*				*	*	*			
126	*	*	*				*	*	*			
127	*	*	*				*	*	*			
128	*	*	*				*	*	*			
129	*	*	*				*	*	*			
130	*	*	*				*	*	*			

Tabela C.7: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 40''$ N							$\Delta\delta = 45''$ N					
N	componente 1			componente 2			componente 1			componente 2		
	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM
1	-34,76	3,84	2,300				*	*	*			
2	-32,48	4,28	2,045				-56,60	3,14	2,815			
3	-22,98	5,49	1,536				-39,01	4,70	2,245			
4	-15,26	9,01	1,531				-46,91	3,51	2,247			
5	-12,93	11,24	1,485				-43,85	4,05	1,878			
6	-6,67	23,29	1,759				-42,25	4,34	1,195			
7	-1,23	> 100	1,981				-40,98	4,68	2,186			
8	+2,01	83,64	2,078				-36,36	5,62	2,335			
9	-0,50	> 100	1,813				-29,56	6,96	2,336			
10	+3,65	48,25	2,245				-22,61	9,33	1,753			
11	+16,22	10,87	2,172				-25,26	8,61	2,835			
12	+34,17	5,08	2,317				-15,58	14,28	3,463			
13	+38,46	4,33	2,141				-5,53	40,66	2,801			
14	+57,69	2,57	3,530				+3,29	65,14	2,335			
15	+79,67	1,82	4,491				+10,23	21,16	2,571			
16	+65,41	2,11	4,387				+26,59	7,99	3,007			
17	+42,89	3,10	4,232				+5,16	41,24	2,694			
18	+30,97	4,35	3,383				+10,14	21,22	2,873			
19	+23,39	5,84	2,751				-4,02	54,55	3,391			
20	+12,01	10,34	2,275				-4,29	50,43	3,354			
21	-3,20	38,71	2,708				-21,70	9,71	3,860			
22	-14,02	9,15	3,148				-20,51	10,04	4,028			
23	-11,83	10,81	3,078				-15,26	12,99	4,230			
24	-4,29	30,32	3,702				-19,37	10,02	4,491			
25	+0,37	> 100	3,579				-10,10	17,96	3,485			
26	-2,19	60,21	3,589				-22,11	8,29	1,805			
27	-7,95	16,09	3,148				-44,17	4,17	1,793			
28	-2,92	41,88	2,807				-42,03	4,62	2,557			
29	-2,06	58,67	2,523				-42,16	4,65	2,885			
30	-14,16	8,87	2,626				-46,32	4,13	3,717			
31	-11,56	11,98	2,911				-72,36	2,52	3,998			
32	-10,10	13,53	2,081				-77,43	2,48	3,818			
33	-16,13	9,15	2,066				-6,26	32,70	3,146			
34	-12,33	11,85	3,026				+8,18	24,69	2,104			
35	+9,87	14,21	2,152				-14,21	14,02	1,967			
36	+6,76	22,09	1,310				-29,46	6,45	1,263			
37	-1,19	> 100	1,472				-37,09	5,33	1,391			
38	-12,61	12,64	1,499				-30,29	6,55	1,602			
39	-7,40	22,16	1,396				-24,35	8,20	1,578			
40	-4,39	38,02	1,580				-27,23	7,42	2,565			
41	+4,07	41,35	1,677				-27,41	7,18	2,360			
42	+35,49	4,99	3,525				-23,30	8,57	1,518	+106,48	1,87	1,894 ←
43	+60,12	3,14	3,836				-22,61	8,30	1,494	+100,68	1,86	0,820 ←
44	+79,58	2,30	4,584				+61,90	3,20	3,652			
45	+40,84	4,08	3,949	+189,44	0,88	0,913 ←	+106,07	1,89	2,011			
46	+21,29	7,32	3,015	+198,16	0,79	1,835 ←	+88,35	2,15	2,380			
47	+6,67	21,85	2,304	+159,61	0,91	2,432 ←	+65,28	2,84	1,420			
48	+66,88	2,21	3,577				+40,47	4,29	2,120			
49	+62,49	2,21	2,794				+4,71	34,95	2,685			
50	+55,04	2,62	2,584				*	*	*			
51	+45,73	3,18	3,038				*	*	*			
52	+27,23	5,79	2,916	+180,48	0,87	* ←	*	*	*			
53	+5,62	28,13	2,810	+188,11	0,84	* ←	*	*	*			
54	-6,26	24,74	2,424	+195,60	0,79	1,414 ←	*	*	*			
55	-15,35	9,97	1,691	+194,10	0,79	2,747 ←	*	*	*			
56	-16,44	9,83	1,609	+177,47	0,91	2,746 ←	*	*	*			
57	*	*	*				*	*	*			
58	*	*	*				*	*	*			
59	*	*	*				*	*	*			
60	*	*	*				*	*	*			
61	*	*	*				*	*	*			
62	-99,77	1,97	4,933				*	*	*			
63	-128,91	1,44	2,259	+26,04	7,12	2,642 ←	-147,41	1,10	3,651			
64	-120,87	1,57	1,775	+36,77	5,16	2,292 ←	-150,70	1,09	3,022			
65	-84,14	2,13	3,650				-152,02	1,08	2,850			
66	-88,03	2,03	3,041				-151,43	1,08	2,961			
67	-99,31	2,11	2,922				-148,74	1,10	3,023			
68	-122,88	1,67	4,341				-190,40	0,90	3,482	-22,57	7,59	* ←
69	-177,47	1,05	2,858	+15,71	11,89	0,496 ←	-241,24	0,66	2,994	-33,21	4,79	* ←
70	-200,26	0,95	2,591	+8,95	21,33	0,680 ←	-236,62	0,67	2,858	-45,54	3,50	0,311 ←

Tabela C.7: v_{LSR} e FWHM de RCW 103, com fenda orientada a $40''$ e $45''$ ao Norte da estrela de referência.

$\Delta\delta = 40''$ N							$\Delta\delta = 45''$ N							
componente 1			componente 2				componente 1			componente 2				
N	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM	v_{LSR}	%	FWHM		
71	-196,20	0,98	2,505	+2,74	70,50	0,910	←	-230,37	0,74	4,062	-98,62	1,72	3,053	←
72	-185,51	0,99	3,619	-0,50	> 100	0,993	←	-161,66	0,92	3,941				
73	-168,15	1,11	3,693	+2,51	74,18	1,407	←	-162,26	0,95	3,715				
74	-189,25	1,06	1,289	-25,76	7,77	1,969	←	-175,37	0,89	3,547				
75	-181,63	1,08	1,382	-17,22	11,35	1,710	←	-189,94	0,76	2,774				
76	-175,23	1,12	2,944	-3,06	64,33	0,802	←	-199,30	0,80	3,247				
77	-179,52	0,87	2,859	-8,59	18,24	1,720	←	-200,99	0,78	4,934				
78	-205,47	0,93	2,482	-49,65	3,85	2,572	←	-147,09	1,14	4,281				
79	-218,72	0,96	2,219	-68,89	3,05	2,401	←	-128,96	1,34	3,543				
80	-102,92	1,79	3,563					-166,46	1,04	3,741				
81	-115,25	1,78	3,275					-180,12	0,98	4,064				
82	-105,11	1,86	2,714					-170,11	1,01	3,880				
83	-98,26	2,01	2,805					-171,76	1,10	3,472				
84	*	*	*					-161,48	1,23	3,354				
85	*	*	*					-141,47	1,23	3,272				
86	*	*	*					*	*	*				
87	*	*	*					*	*	*				
88	*	*	*					*	*	*				
89	*	*	*					*	*	*				
90	*	*	*					*	*	*				
91	*	*	*					-106,39	1,40	2,591				
92	*	*	*					-123,98	1,42	3,397				
93	-21,84	15,44	3,260					-123,25	1,46	3,257				
94	-34,85	9,66	3,559					-122,38	1,31	2,694				
95	-41,52	6,85	3,173					-114,06	1,38	2,843				
96	-51,80	4,22	3,340					-113,01	1,48	3,096				
97	-42,53	4,91	2,951					-120,37	1,28	3,098				
98	-55,27	3,99	3,640					-127,59	1,15	2,961				
99	-59,38	3,29	3,413					-128,50	1,13	2,870				
100	-64,77	2,93	3,551					-117,72	1,18	3,198				
101	-60,53	3,31	3,821					*	*	*				
102	-43,31	4,40	3,604					*	*	*				
103	-38,10	5,52	2,920					*	*	*				
104	-20,51	10,87	3,739					*	*	*				
105	*	*	*					*	*	*				
106	*	*	*					*	*	*				
107	*	*	*					*	*	*				
108	-20,46	9,91	2,873					-54,91	2,79	1,232				
109	-42,99	5,02	2,444					-66,69	2,29	1,455				
110	-39,01	5,78	2,492					-96,34	1,61	2,068				
111	-52,76	4,33	2,553					-110,14	1,41	2,683				
112	-48,28	4,68	2,417					*	*	*				
113	*	*	*					*	*	*				
114	*	*	*					*	*	*				
115	*	*	*					*	*	*				
116	*	*	*					*	*	*				
117	*	*	*					*	*	*				
118	*	*	*					*	*	*				
119	*	*	*					*	*	*				
120	*	*	*					*	*	*				
121	*	*	*					*	*	*				
122	*	*	*					*	*	*				
123	*	*	*					*	*	*				
124	*	*	*					*	*	*				
125	*	*	*					*	*	*				
126	*	*	*					*	*	*				
127	*	*	*					*	*	*				
128	*	*	*					*	*	*				
129	*	*	*					*	*	*				
130	*	*	*					*	*	*				