

**$\gamma$  CASSIOPEIAE: CLUES TO THE NATURE OF ITS X-RAYS****Raimundo Lopes de Oliveira<sup>1</sup>, Christian Motch<sup>2</sup>, Myron Smith<sup>3</sup>****1 - IAG/USP****2 - Observatoire Astronomique de Strasbourg****3 - Catholic University of America**

We focus here on one of the more exciting unsolved problem in the Be star  $\gamma$  Cassiopeiae ( $\gamma$ Cas): its unusual hard thermal and variable X-rays, compared to those of normal massive stars and also in contrast with the non-thermal emission of known Be/X-ray binaries. Despite the extensive investigations of  $\gamma$ Cas, the nature of its particular X-rays remains fundamentally unsolved. From XMM-Newton data, we investigate  $\gamma$ Cas in high and medium spectral resolutions and in high temporal resolution. The hard XMM-Newton spectrum of  $\gamma$ Cas is consistent with the historic values of temperature and luminosity of  $\sim 1.4 \times 10^8$  K and  $\sim 10^{32-33}$  erg/s, respectively, added to a few low temperature components as previously announced from Chandra observations. On the other hand, a number of peculiarities were observed for the first time adding new pieces to the puzzle: the local photoelectric absorption of  $\gamma$ Cas is strongly variable and it is apparently not correlated with the intensity of the Fe fluorescence line at 6.4 keV, from comparison with previous results. Also, flare-like events in the X-ray colours are more prevalent than in other studies. Aperiodic modulations in the X-ray light curves of  $\gamma$ Cas were reported in the literature. We present here one more of such a modulation, with timescales of  $\sim 10$  ks. Finally, we discuss the two interpretations proposed in the recent literature to explain the X-rays of  $\gamma$ Cas in the light of our findings: is  $\gamma$ Cas an unusual massive star with magnetic activities or a member of an atypical Be/X-ray binary system?

**THE ENVELOPES OF EVOLVED MASSIVE STARS: THE B[E] SUPERGIANT R82 IN THE LMC****Antônio Mário Magalhães<sup>1</sup>, Alex C Carciofi<sup>1</sup>, Jon E Bjorkman<sup>2</sup>****1 - IAG/USP****2 - University of Toledo - EUA**

Massive OB stars play a major role in shaping the universe. Among them are the rare, massive post-main sequence B[e] supergiants (B[e]SG). Their evolutionary relationship to the other objects in the hot, luminous part of the H-R diagram, such as the Wolf-Rayet and Luminous Blue Variable stars, is far from clear, however. The Magellanic Cloud (MC) B[e]SG have non-spherically symmetric envelopes, as optical polarization observations have shown. Here we model R82 ( $\approx$ Sk-69 77) in the LMC, one of prototypes of the MC B[e]SG. The data include the object's spectrum from the UV through the near IR, as well as broadband and spectral polarization data. This allows for detailing for the first time the flow structure of the envelope of such a massive star. The study of additional MC B[e]SG using this technique will be important in investigating the role of metallicity in determining disk properties around hot stars in general and in the B[e] phenomena in particular. We acknowledge partial support from FAPESP and CNPq.

**RADIAÇÃO IONIZANTE DE ESTRELAS [WR]****Wagner L. F. Marcolino<sup>1</sup>, Francisco X. de Araujo<sup>2</sup>, Jean-Claude Bouret<sup>1</sup>****1 - Laboratoire d'Astrophysique de Marseille****2 - ON/MCT**

Na literatura, existem vários métodos *clássicos* que utilizam os espectros das nebulosas planetárias para inferir a temperatura de suas estrelas centrais. Alguns desses métodos - que são usados até hoje (e.g. *Zanstra*) - consideram que as estrelas centrais irradiam como corpos negros. Além disso, considera-se muitas vezes que não existe matéria entre a estrela e a nebulosa. Neste trabalho, estudamos a radiação ionizante produzida por estrelas do tipo [WR] (Wolf-Rayet), conhecidas por possuírem intensos ventos

estelares. Para tanto, geramos uma *grade* de modelos *estado-da-arte* com o código CMFGEN (Hillier & Miller 1998), que resolve as equações de transporte radiativo e equilíbrio estatístico em um fluido em expansão, levando em conta efeitos como “line-blanketing” (opacidade das linhas) e “clumping” (inogeneidades). Os modelos são representativos das várias subclasses de estrelas [WR], cobrindo temperaturas de  $\sim 30\text{--}200\text{kK}$ , perdas de massa de  $\sim 10^{-8}\text{--}10^{-6} M_{\odot}/\text{ano}$  e velocidades terminais de 250-3500 km/s. A quantidade de fótons ionizantes na base do vento estelar e a que escapa em direção a nebulosa é analisada em diferentes situações. Nossos resultados indicam que métodos clássicos como *Zanstra* não devem ser utilizados em nebulosas que possuem estrelas centrais do tipo [WR]. Resultados preliminares mostram que o vento estelar pode mudar drasticamente a quantidade de fótons ionizantes, podendo fazer por exemplo que estrelas com altas temperaturas (e.g.  $\sim 70\text{kK}$ ) possam parecer com temperaturas muito mais baixas/incorretas (e.g.  $\sim 40\text{kK}$ ), se analisadas do ponto de vista nebuloso.

PAINEL 112

### ESTUDO DA VARIABILIDADE FOTOMÉTRICA DA T TAURI CLÁSSICA GW ORIONIS

**Pauline T. McGinnis, Sílvia H. P. Alencar, Wagner J. B. Corradi**  
ICEx/UFMG

Esse trabalho consiste em um estudo de estrelas T Tauri clássicas, estrelas pré-seqüência principal de baixa massa que ainda apresentam acreção de massa através de seu disco circunstelar. A presença deste disco é a principal causa de sua variabilidade e a importância de estudar essa variabilidade vem da necessidade de melhor entendê-lo. Dentre as várias estrelas que encaixam nessa categoria, foi escolhido GW Orionis para estudar primeiramente. Sabemos que ela é uma estrela binária espectroscópica com período de 242 dias (Mathieu, Adams & Latham, 1991). No entanto, Bouvier & Bertout (1989) sugerem um período de rotação próximo de 3,2 dias. Para esse estudo ela foi observada dentro de um período de aproximadamente 25 dias, com a intenção de encontrar variações de curto período. Foram analisadas imagens CCD nos filtros BVRI coletadas em oito noites no Observatório McDonald (EUA) em novembro e dezembro de 1995. A redução dos dados utilizou rotinas padrão do IRAF para obter os dados fotométricos de GW Ori e algumas estrelas padrão. Através das curvas de luz, foi possível identificar variações de cerca de 0,02 a 0,05 magnitudes nos quatro filtros. Analisando os índices de cor também é possível notar indícios de um pequeno aumento no vermelho ao longo de aproximadamente 3 dias, o que sugere a presença de manchas frias, possivelmente na componente secundária. Contudo, resultados mais precisos ainda dependem de uma cobertura temporal mais completa.

PAINEL 113

### THE FIRST SPECTROSCOPIC ANALYSES OF THE OPEN CLUSTER NGC 2477

**Luiz Pinheiro de Souza Neto<sup>1</sup>, Bruno Leonardo Canto Martins<sup>2</sup>,**  
**José Dias do Nascimento Jr.<sup>1</sup>, José Renan De Medeiros<sup>1</sup>**  
1 - UFRN  
2 - UERN

Atmosphere parameters and lithium abundance are computed for a sample of 41 evolved stars in the open cluster NGC 2477 ( $\sim 1\text{Gyr}$ ), for the study, in particular, of the role of binarity in mixing processes. We have used high resolution ( $R \approx 47,000$ ) spectra, from the ESO Science Archive Facility, collected with VLT/FLAMES+UVES instrument. The data reduction was processed using the UVES pipeline. Stellar parameters and Li abundances, for all the program stars, were estimated from a spectral synthesis analysis, from high S/N spectra in the region around the Li line at 6707.78 Å. This work brings lithium abundance for a sample of 41 evolved stars, including 4 binary systems. The distribution of lithium abundance versus effective temperature shows the same gradual decrease of lithium content with decreasing temperature observed in other stellar environments. The relation between lithium abundance and rotational velocity  $v \sin i$  also shows a large dispersion in lithium among the slow rotators.

PAINEL 114

### ESTUDO ESPECTROSCÓPICO DE V2051 OPHIUCHI EM ERUPÇÃO

**Karine P. C. da Costa, Raymundo Baptista**  
UFSC

Novas anãs são binárias próximas onde uma estrela mais fria transfere matéria para uma anã branca através de um disco de acreção. Esses sistemas estão sujeitos a erupções recorrentes onde o objeto varia seu brilho em até 5 magnitudes. V2051 Oph é uma nova anã cujas erupções são possivelmente causadas por aumentos súbitos na taxa de transferência de matéria (Baptista et al. 2007), constituindo-se num objeto chave para a compreensão das causas das erupções em novas anãs. Por ser eclipsante, ela permite a aplicação de técnicas como tomografia Doppler e mapeamento por eclipse para uma investigação detalhada das mudanças na estrutura e dinâmica de seu disco de acreção durante uma erupção. Dados de espectroscopia rápida de V2051 Oph foram obtidos com o espectrógrafo B&C e o telescópio de 1.52-m no ESO entre 11 e 14 de Julho de 2002 (faixa 3600-5950 Å). As observações capturam o objeto na subida para o máximo, no máximo e durante o declínio de uma erupção. Os espectros em erupção apresentam fortes linhas largas de Balmer e HeI em emissão, além de linhas de HeII e o Bowen blend (4640-4660 Å), que são menos eclipsadas do que o contínuo, indicando origem em uma região radialmente extensa. Linhas e contínuo caem por um fator 4 em intensidade no intervalo de 2 dias durante a fase de declínio. Este trabalho reporta uma análise inicial destes dados, apresentando espectros médios e curvas de luz medianas para cada noite ao longo da erupção, bem como uma seqüência de mapas de eclipse e tomogramas Doppler em comprimentos de onda selecionados ao longo da erupção.

PAINEL 115

**ESTUDO ESPECTROSCÓPICO E FOTOMÉTRICO DE ESTRELAS  
SXPHE DE CAMPO**

**Paulo Cesar Rodrigues Pereira<sup>1</sup>, Jorge Marcelino Santos-Júnior<sup>1</sup>,  
Renata Almeida<sup>2</sup>**

**1 - Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro**

**2 - IF/UFRJ**

Menos de 15 estrelas SXPhe de campo são conhecidas e a maioria delas não foi alvo de um estudo detalhado por meio de espectroscopia. Apresentamos os resultados de nossa campanha de 2007, envolvendo estrelas SXPhe austrais. Realizamos fotometria e espectroscopia de forma simultânea no OPD. Confirmamos o status cinemático de KZHya, embora com velocidade sistêmica maior que a publicada nos anos 80 (280km/s contra 267km/s), e período de pulsação praticamente idêntico ( $P=0.05952$  d). Os perfis das linhas da série de Balmer correlacionam-se de forma clara com o bump da curva de luz de KZHya. Note-se que o bump em KZHya é único entre as estrelas SXPhe. O espectro de KZHya é extremamente pobre em linhas metálicas, de forma que análises visando determinação de abundância e velocidade radial, usando estas linhas, tornaram-se inviáveis. Por outro lado, verificamos que o comportamento coletivo das linhas de Hidrogênio e K do Ca II(3933,7 Å) é idêntico ao verificado com as estrelas RR Lyrae. Assim, é possível estimar a metalicidade de estrelas SXPhe, usando procedimento idêntico ao adotado no caso das RRLyrae. A curva de velocidade radial de BQInd, bem como o comportamento da largura equivalente das linhas de Hidrogênio, confirmaram o período fotométrico da literatura (0.082 d). A fotometria de BXScl, que não tem curva de luz publicada, confirmou o período espectroscópico da literatura (0.037 d) e não indicou a presença de pulsação adicional. Os espectros obtidos de BXScl, apesar de bastante ruidosos, sugerem um conteúdo de metal bem baixo, similar ao de KZHya. SUCrt não apresentou modulação fotométrica, embora a curva de velocidade radial não seja conclusiva quanto a isso. Seus espectros sugerem metalicidade comparável à de BQInd. Finalmente, a fotometria multicolor permitiu calcular o avermelhamento, luminosidade e, por fim, as massas de algumas estrelas.

PAINEL 116

**FORMAÇÃO ESTELAR SEQUENCIAL NA ASSOCIAÇÃO  
OB SCORPIO-CENTAURUS**

**Wilson Reis, Wagner J.B. Corradi**  
ICEx/UFMG

Várias propriedades observadas nas associações OB mostram o mecanismo de formação estelar sequencial induzido por supernovas. Entre outros se incluem a separação espacial e uma diferença sistemática na idade dos subgrupos. A associação Scorpio-Centaurus (Sco-Cen) é a associação de estrelas OB mais próxima do Sol. Sco-Cen é subdividida em três subgrupos; Upper Scorpius (US - o mais jovem - 5 milhões de anos), Upper Centaurus Lupus (UCL - o mais antigo - entre 14 e 15 milhões de anos) e Lower Centaurus Crux (LCC - entre 11 e 12 milhões de anos). A diferença de idades entre US e UCL, sugere que o processo de formação estelar em US pode ter sido desencadeado por ondas de choque de supernovas localizadas em UCL. Em uma associação os elementos sintetizados pelas estrelas mais massivas do subgrupo mais antigo enriquecem, através dos ventos estelares e explosões de supernovas, o gás a partir do qual o subgrupo mais novo é formado. Portanto os subgrupos mais jovens de uma associação devem apresentar maior metalicidade que os subgrupos mais velhos. O presente trabalho tem por objetivo verificar se o subgrupo US possui maior metalicidade que os demais subgrupos da Sco-Cen. Os parâmetros intrínsecos, excesso de cor e distância foram determinados com o sistema Strömrgren para estrelas de tipos espectrais A e F, sendo que as estrelas utilizadas neste trabalho são as conhecidas na literatura como pertencentes a cada subgrupo de Sco-Cen. Os dados *uvbyH $\beta$*  das estrelas selecionadas foram obtidos do "General Catalogue of Photometric Data" e os parâmetros calculados são utilizados para a determinação da metalicidade destas estrelas através de uma relação empírica que utiliza o índice  $\delta m_1$ . Como resultado deste estudo obtivemos os seguintes valores para os subgrupos de Sco-Cen: US - [Fe/H]  $\approx 0.128$ ; LCC- [Fe/H]  $\approx -0.012$ ; UCL- [Fe/H]  $\approx -0.032$ . Como podemos observar US apresenta maior metalicidade que os outros subgrupos. Este resultado sugere que ondas de choque de explosões de supernovas em UCL desencadearam a formação estelar em US.

PAINEL 117

### UMA ANÁLISE TEMPORAL DA EMISSÃO EM LINHAS EM VARIÁVEIS CATACLÍSMICAS

**Fabiola Mariana Aguiar Ribeiro, Marcos Perez Diaz**  
IAG/USP

Variáveis Cataclísmicas são sistemas binários cerrados onde há transferência de matéria de uma estrela anã ou subgigante para uma anã branca via disco de acreção. Uma característica associada à acreção de matéria é a presença de variabilidade rápida (*flickering*). O *flickering* se apresenta como uma variabilidade estocástica na radiação emitida, com escalas de tempo de segundos a minutos e amplitudes de décimos de magnitude a mais de uma magnitude. Neste trabalho apresentamos um estudo do *flickering* na linha de H $\alpha$  para V3885 Sgr. Para tanto partimos de espectros observados na região de H $\alpha$  e calculamos curvas de luz para a linha e seu contínuo subjacente usando fotometria sintética de banda quadrada. Essas curvas de luz sintéticas são comparadas às curvas de luz fotométricas obtidas simultaneamente no azul. Calculando periodogramas procuramos por frequências que se destacassem nestas curvas de luz. Estes periodogramas apresentam comportamento similar aos obtidos de observações fotométricas típicas, com um platô para baixas frequências e um declínio na forma de lei de potência para frequências mais altas. Realizamos também estudos de autocorrelação e correlação cruzada. A escala de tempo do *flickering* é estimada a partir da largura dos picos da função de autocorrelação. A correlação cruzada entre os dados de fotometria sintética e fotometria do contínuo azul não indicou existência de correlação entre a variabilidade nestas curvas de luz.

PAINEL 118

### SOAR NEAR-INFRARED PHOTOMETRY OF PRE-CATAclysmic BINARIES

**Tiago Ribeiro, Raymundo Baptista**  
UFSC

Pre-Cataclysmic Variables (pCVs) are close binaries in which a low-mass, late-type star orbits a more massive white dwarf companion. These system are progenitors of the well known Cataclysmic Variables (CVs). In the evolutionary picture of CVs a pCV must lose angular momentum and shrink down until the late-type star gets in contact with its Roche lobe and begins mass transfer. The period distribution of CVs shows a remarkable dearth of systems in the range  $P_{orb}=2-3hr$ , known as 'the period gap'. The currently accepted theory to explain the period gap proposes that there is a significant reduction in magnetic

braking efficiency when the star reaches  $0.3M_{\odot}$  and becomes fully convective. Since the donor star of CVs leads its evolutionary history, studying the secondary star of pCVs can provide excellent insights on the evolution of this class of binaries. In that sense we selected a sample of pCVs covering a range of orbital periods from 8-9hrs and from 2-3hrs. With this sample we cover longer orbital period of CVs and also periods inside the gap providing laboratories for two expected different physical states of secondary stars. Near infrared ( $JHK_s$ ) photometry was obtained with the SOAR 4.2m telescope of 5 systems. Data analysis was performed with aid of a light curve synthesis code to constrain system parameters and atmospheric properties of the secondary star. Due to a miss exposure time calculation the light curve of LTT 560 ( $P_{orb}=3.54hrs$ ), one of the main target of the project, is unusable for the analysis given its low  $S/N$  ratio. For KV Vel ( $P_{orb}=8.57hrs$ ) and CC Cet ( $P_{orb}=6.82hrs$ ) we obtain  $i=43deg$  and  $i=37deg$  for the inclination and  $q=0.42$  and  $q=0.43$  for mass ratio respectively. The light curve of TW Crv ( $P_{orb}=7.86hrs$ ) is very similar to that of KV Vel. Unfortunately the published ephemeris of the system had to be revised and the system is now being analysed with the same procedure of the former objects. The data on NY Vir ( $P_{orb}=2.42hrs$ ) is still under reduction process.

PAINEL 119

## UM ESTUDO SOBRE OS ENVOLTÓRIOS DE ESTRELAS AEBE DE HERBIG

**Lara Rodrigues<sup>1,2</sup>, Dalton Lopes<sup>1</sup>**

**1 - ON/MCT**

**2 - OV/UFRJ**

Este trabalho tem como objetivo contribuir para o melhor entendimento dos envoltórios das estrelas HAeBe, através do estudo de uma amostra de 21 estrelas. A metodologia utilizada consiste em comparar as Distribuições Espectrais de Energia (SED) das estrelas HAeBe observadas com as SEDs produzidas por cálculo teórico, de modo a obter informações físicas sobre seus envoltórios. No que se refere aos dados observacionais, são utilizadas observações fotométricas e espectroscópicas obtidas na literatura e resultados de observações espectrofotométricas em alta resolução (na região de 4000 a 9000 Angstroms) realizadas no European Southern Observatory (ESO) - La Silla (Chile). O cálculo teórico é realizado por meio do código de fotoionização CLOUDY. Nesta fase do trabalho, com base em medidas dos perfis de linhas de H, He e O obtidas para as estrelas da amostra, foi preparado um atlas que está sendo utilizado para a análise quantitativa dos envoltórios desses objetos. Esses dados, juntamente com parâmetros estelares obtidos na literatura, permitem o cálculo teórico e a comparação das Distribuições Espectrais de Energia. Como resultado preliminar temos a análise mais detalhada de HD76534 e HD98922. Pretendemos estender a análise para todo o restante da amostra.

PAINEL 120

## ABUNDÂNCIAS EM ESTRELAS CROMOSFERICAMENTE ATIVAS

**Elton Rodrigues de Souza<sup>1</sup>, Helio Jaques Rocha-Pinto<sup>1</sup>,**

**Bruno Vaz Castilho<sup>2</sup>**

**1 - OV/UFRJ**

**2 - LNA/MCT**

A atividade cromosférica em estrelas anãs frias parece ser produzida pela interação entre a rotação diferencial estelar e convecção no seu envoltório. Estrelas muito jovens apresentam uma atividade cromosférica copiosa e irregular, enquanto estrelas de meia idade, como o Sol, apresentam pouca atividade cromosférica com ciclos de variação mais ou menos periódicos. A atividade cromosférica pode excitar uma atividade fotosférica, que levaria ao preenchimento do fundo de linhas espectrais não associadas a fenômenos cromosféricos. Talvez em função disso, encontra-se diferenças sistemáticas no cálculo de  $[Fe/H]$  por meio de análises espectroscópica e fotométrica: a estrela parece ser mais pobre quando sua metalicidade é calculada por cores fotométricas. Esse efeito foi chamado de *deficiência em  $m_1$*  por afetar fortemente o índice  $m_1$  de Strömrgren, que é um indicador de  $[Fe/H]$ . Entre 1997 e 1999, dedicamo-nos ao levantamento de espectros em 200 estrelas cromosfericamente ativas, com vistas a quantificar a deficiência em  $m_1$  por meio de uma amostra homogênea. Os espectros foram obtidos no OPD/LNA, com cobertura de  $\sim 140 \text{ \AA}$  e apresentam razão S/R entre 100 e 200. A maioria dos espectros foram centrados em  $\lambda 6707 \text{ \AA}$ , embora algumas tenham espectros centrados em  $\lambda\lambda 5380 \text{ \AA}$ ,  $6145 \text{ \AA}$  ou  $6300 \text{ \AA}$ , em função de desenvolvermos o plano de observação em paralelo com o levantamento de abundâncias

em cerca de 30 estrelas cromosfericamente jovens e cinematicamente antigas, as quais tiveram mais de uma faixa espectral observada, escolhidas de forma a cobrir o máximo possível de elementos representativos de diferentes processos nucleossintéticos. Neste trabalho, apresentamos o resultado deste levantamento de abundâncias em estrelas cromosfericamente ativas. Mostramos que a deficiência em  $m_1$  leva à uma estimativa mais baixa em  $[Fe/H]$  fotométrico em estrelas ativas em cerca de 0.1 dex. Também apresentamos os resultados do levantamento de razões de abundância em estrelas cromosfericamente jovens e cinematicamente antigas.

PAINEL 121

**OBTENÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS DO DISCO DE ACRÉSCIMO  
DE V2051 OPH ATRAVÉS DE AJUSTE DE ESPECTROS  
ESPACIALMENTE RESOLVIDOS**

**Nara Rubiano da Silva, Alexandre Miers Zobot, Raymundo Baptista**  
UFSC

O fenômeno de acréscimo é muito importante para entender vários objetos em Astrofísica. A melhor oportunidade de estudá-lo está nas Variáveis Cataclísmicas (VCs). Esses objetos são formados por duas estrelas: uma mais fria doadora de matéria (secundária) e uma anã branca quente na qual a matéria é acrescida (primária). O acréscimo, nesse caso, pode ocorrer através da formação de um disco de acréscimo (DA) em torno da primária. Há técnicas que conseguem separar as várias componentes dos espectros desses objetos - a primária, a secundária, o disco e o *gas stream* (jorro de matéria da secundária) - em VCs eclipsantes, como o Método de Mapeamento por Eclipse (MME). Há também modelos teóricos que podem ser usados para calcular espectros de anéis de gás em rotação, que formam o DA, desde que assumidas algumas hipóteses que simplifiquem o problema, pois no disco há fenômenos de viscosidade e turbulência, muito complicados de modelar. Este trabalho faz uso de um programa que calcula espectros de camadas isotérmicas de gás em rotação Kepleriana e em equilíbrio termodinâmico local para gerar uma grade de espectros para vários valores de temperatura, densidade de coluna e altura do anel, velocidade de turbulência e inclinação do sistema. O objetivo é usar essa grade para encontrar o melhor ajuste desse modelo a espectros espacialmente resolvidos previamente obtidos para a nova anã V2051 Oph em quiescência (Saito et al 2006) através do MME. O fator de escala usado para sobrepor o espectro modelo ao observado permite inferir a distância ao objeto. Porém, após vários ajustes, percebeu-se que este número de parâmetros livres era excessivo para a baixa resolução espectral e relação sinal-ruído dos espectros espacialmente resolvidos. De modo a contornar o problema, reduzimos o número de parâmetros livres do problema, fixando parâmetros razoavelmente bem conhecidos como inclinação e distância. Fixamos também a velocidade de turbulência em três valores distintos de modo a testar a sensibilidade dos resultados a este parâmetro. Usando diferentes fatores de escala e inclinações ligeiramente diferentes para anéis distintos, podemos também testar a hipótese de concavidade do disco, estudando como a qualidade dos ajustes varia com o ângulo de abertura assumido para o disco.