

# Modelagem simultânea do óptico e raios X de CP Tuc

Karleyne M. G. Silva

C. V. Rodrigues (Orientadora), J. E. R. Costa, C. A. de Souza,  
D. Cieslinski e G. R. Hickel

## Resumo

Polares são uma subclasse de variáveis cataclísmicas, um tipo de binária de curto período orbital formada por uma estrela anã vermelha que transfere material via preenchimento do seu lóbulo de Roche para uma anã branca (AB). Em polares o campo magnético (B) da AB é superior a 10 MG, o que tem duas consequências principais : i) formação de uma coluna de acréscimo com o material ionizado capturado e ii) sincronização do período de rotação das estrelas do sistema com o período orbital. Na coluna de acréscimo, o material segue a dinâmica do B, que o conduz até a superfície da AB. Próximo à superfície, é gerado um choque e o material é aquecido até temperaturas para emissão em raios X. No óptico também há emissão desta mesma região (chamada pós-choque) pelo processo ciclotrônico, o que é comprovado pelos altos graus de polarização observados. As curvas de luz e polarização no óptico e curvas de luz e espectros em raios X são modulados de acordo com o período orbital. O código CYCLOPS realiza a modelagem da emissão ciclotrônica e da emissão bremsstrahlung da região pós-choque considerando uma região emissora tridimensional não homogênea. Com estes dois processos de emissão é possível descrever simultaneamente curvas de luz e polarização no óptico e curvas de luz e espectros em raios X. A fotoabsorção pelo material no topo da coluna de acréscimo também é considerada e é importante para a reprodução do espectro em altas energias .

Neste trabalho apresentamos os resultados da aplicação do CYCLOPS feita para a polar CP Tuc. Existe uma indeterminação na origem da modulação em raios X observada em CP Tuc. Esta poderia ser devido: i) um auto-eclipse, que ocorre quando a região é ocultada atrás da AB, ou ii) absorção pela região pré-choque que ficaria na linha de visada em algumas fases. Foram modeladas curvas de luz e polarização nas bandas Rc e Ic obtidas com o polarímetro instalado no telescópio de 1,60m do Observatório do Pico dos Dias e espectros de raios X obtidos a partir de dados do satélite ASCA disponíveis online. Fotometria nas bandas B e V da literatura também foram utilizadas para determinar a distribuição espectral de energia do sistema no óptico. Os resultados da modelagem simultânea demonstraram que a dependência espectral em raios X só pode ser reproduzida quando se considera a absorção pelo material na região pré-choque. Os parâmetros encontrados para tal configuração foram: inclinação= $32.8^\circ$ , colatitude da região emissora= $35.7^\circ$ , intensidade do B na região polar= 5.0 MG, longitude do eixo dipolar do B=  $337.0^\circ$ , latitude do eixo dipolar do B=  $40.0^\circ$ , densidade máxima da região pré choque=  $1014 \text{ cm}^{-3}$ , temperatura máxima da região pré-choque= $87 \text{ KeV}$ , altura da região pré-choque= $0.14$  raio da AB. Os parâmetros que determinam a região de acoplamento na direção tangencial e radial são  $32.0^\circ$  e  $0.647$ , respectivamente. Com estes parâmetros obtivemos o menor valor de  $\chi^2$  no ajuste de dados, com um bom ajuste dos dados do óptico, incluindo a polarização linear. A absorção em raios X foi sobrestimada em baixas energias, porém parâmetros como abundância, temperatura e distribuição de densidade da região não foram variados. Uma melhor descrição do material na região pré-choque poderia melhorar o ajuste, assim como dados de raios X que apresentem melhor resolução temporal e maior fluxo em raios X.

## Introdução:

- polares são variáveis cataclísmicas magnéticas;
- apresentam emissão polarizada no óptico (ciclotrônica) e emissão em raios X (*bremsstrahlung*);

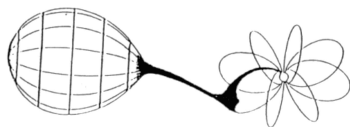


Figura: Representação de uma polar (Cropper et al., 1990).

### Objetivos do projeto de pesquisa:

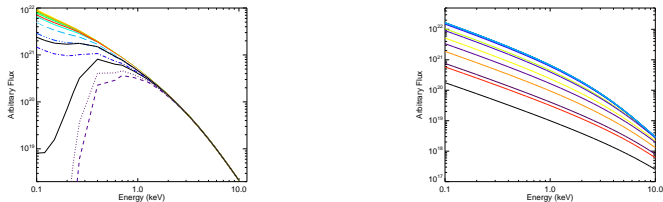
- realizar a modelagem da emissão de polares em raios X conjuntamente com o óptico;
- utilizar um modelo geométrico para estudar os efeitos dependentes da fase orbital em raios X;
- determinar parâmetros orbitais e da região emissora de polares.

## O que o CYCLOPS pode fazer na versão atual:

- Calcula a emissão ciclotrônica (Costa & Rodrigues, 2009);
- Calcula a emissão *bremstrahlung* (Silva et al., 2011);
- Calcula absorção da região pré-choque considerando espalhamento Thomson e fotoabsorção;
- Calcula e grafica imagens, curvas de luz e espectros;
- Calcula tudo simultaneamente ou não.

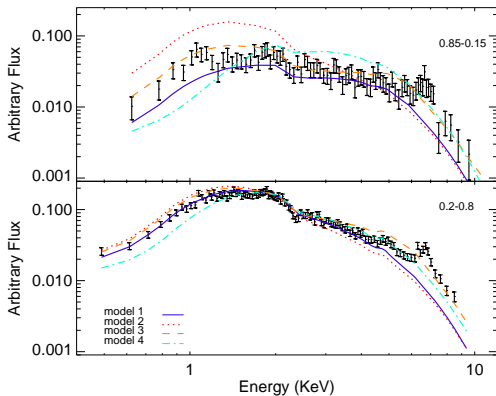
## Estudo da variação orbital da emissão em raios X:

modulação devido a dois mecanismos principais: absorção por material da própria coluna ou auto-eclipse (Silva et al. 2011).



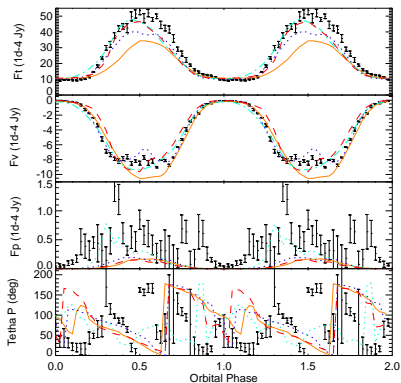
**Figura:** Espectros ao longo do período orbital para os dois cenários de modulação: absorção (esquerda) e auto-eclipse (direita).

## Ajustes finais da polar CP Tuc:



**Figura:** Espectro de raios X da polar CP Tuc extraído em dois intervalos de fase orbital. As linhas representam os modelos de emissão.





**Figura:** Curva de luz e polarização no óptico de CP Tuc na banda  $I_C$ . As linhas representam os modelos de emissão.

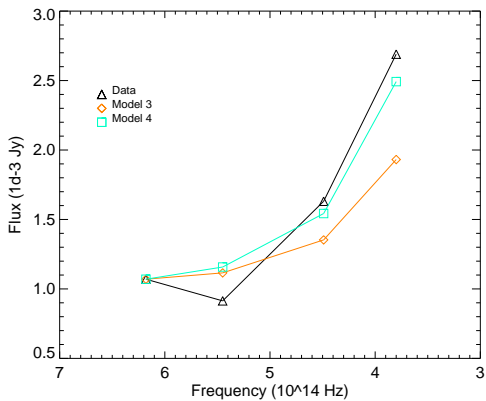


Figura: BVRI seed.

### Conclusões e perspectivas:

- CYCLOPS-X realiza o ajuste simultânea de dados de óptico e raios X;
- realizamos o ajuste simultânea de CP Tuc, explorando a absorção pela região pré-choque;
- pretendemos aplicar o código para objetos com duas regiões emissoras: FL Cet, HU Aqr, BL Hya.

**Obrigada!**

Agradecimentos:

- Fapesp, Capes.