

## INSTANTES DE ECLIPSES DA NOVA RECORRENTE U SCO

*H. J. F. Lima, A. S. Oliveira*

UNIVAP / IP&D, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova - São José dos Campos, helderjflima@gmail.com, alexandre@univap.br

**Resumo-** U Sco é uma nova recorrente detectada como fonte de raios-X supermoles após uma erupção em 1999. A detecção de raios-X sugere que uma fração da matéria acreta não é expulsa na erupção e que a anã branca poderia sofrer um aumento em sua massa e atingir o limite de Chandrasekhar. Isto, o curto período de recorrência (~11 anos), a alta taxa de declínio da curva de luz da erupção e a emissão de raios-X fazem de U Sco uma forte candidata a progenitora de supernova do tipo Ia (SN Ia). Matsumoto et al. (2003) determinou uma variação no período orbital de  $\dot{P}/P = -1.7 (\pm 0.7) \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ , mas este resultado possui uma baixa significância (2.5 sigma). O presente trabalho procura determinar de maneira mais acurada a variação do período orbital de U Sco para estimar parâmetros fundamentais do sistema, como sua fase evolucionária e perda de massa, os quais são importantes para sua classificação como progenitora de SN Ia.

**Palavras-chave:** Variáveis Cataclísmicas - Novas Recorrentes - Supernovas - U Scorpii  
**Área do Conhecimento:** Astronomia

### Introdução

No estudo das estrelas binárias compactas de raios-X supermoles (CBSS) como candidatas a progenitoras de supernovas do tipo Ia (SN Ia) existem dois modelos que procuram explicar estes sistemas. O modelo de transferência de matéria por instabilidade dinâmica (DMIT), proposto por van den Heuvel et al. (1992), prediz sistemas com período orbital maior do que 6 horas (King et al. 2001) e uma razão de massa  $q=M_2/M_1 > 1$ . O período orbital neste modelo deve diminuir com o tempo, se aproximando do limite de 6 horas. Por outro lado, o modelo de transferência dirigida por vento (WDMT), proposto por van Teeseling and King (1998), leva em consideração sistemas em que  $q = M_2/M_1 < 1$  e a duração do período orbital está entre 2 e 30 horas. Neste modelo o período orbital aumenta com o tempo, e deve haver uma superposição dos dois modelos para períodos maiores que 6 horas. A determinação da variação do período orbital é a única maneira de distinguir quais dos dois modelos atuam em um sistema, já que a determinação do tipo espectral da estrela secundária é impedida pela alta luminosidade da anã branca e seu disco de acreção.

U Sco é uma das representantes mais conhecidas das novas recorrentes e se assemelha a uma CBSS. Schaefer & Ringwald (1995) estimaram um período orbital de ~ 1.23 dias e em 1999, após uma erupção, ela foi detectada como uma fonte luminosa de raios-X supermoles (Kahabka et al. 1999). Matsumoto et al. (2003) determinaram uma variação de seu período orbital de  $\dot{P}/P = -1.7 (\pm 0.7) \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ , mas este resultado possui uma baixa significância (2.5

sigma). A detecção de raios-X supermoles sugere que uma fração da matéria acreta não é expulsa na erupção e que a anã branca poderia sofrer um aumento em sua massa e atingir o limite de Chandrasekhar. Isto, o curto período de recorrência (~11 anos), a alta taxa de declínio da curva de luz da erupção e a emissão de raios-X fazem de U Sco uma forte candidata a progenitora de SN Ia. É importante determinar de maneira mais acurada a variação do período orbital de U Sco para estimar parâmetros fundamentais do sistema, como sua fase evolucionária e perda de massa, os quais são importantes para sua classificação como progenitora de SN Ia.

### Observações e redução dos dados

A fim de determinar a variação do período orbital, foram obtidas séries temporais fotométricas de três eclipses de U Sco e adicionamos estes dados aos da literatura, o que resultou em um período total de mais de 5000 ciclos orbitais. Duas observações de eclipses foram obtidas com o telescópio SOAR em 25/26 de junho de 2007 (Fig. 1) e 11/12 de julho de 2007 (Fig. 2). Uma terceira observação foi feita no Observatório Pico dos Dias (OPD) - LNA/MCT em 21/22 de julho de 2007 (Fig. 3). Foi utilizado o Imageador Ótico do SOAR (SOI) com um CCD-44-82 chips mini-mosaico E2V 2x4k. Nas observações do OPD utilizou-se um CCD 42-40-1-368 chip Marconi. As imagens foram obtidas com o filtro V e foram corrigidas por meio de rotinas padrão do IRAF, utilizando bias e flat-field. A fotometria diferencial de abertura foi realizada com o pacote SOARFOT, desenvolvido por R. Baptista,

e o CHFOT, feito por F. Jablonski, ambos baseados no DAOPHOT II.

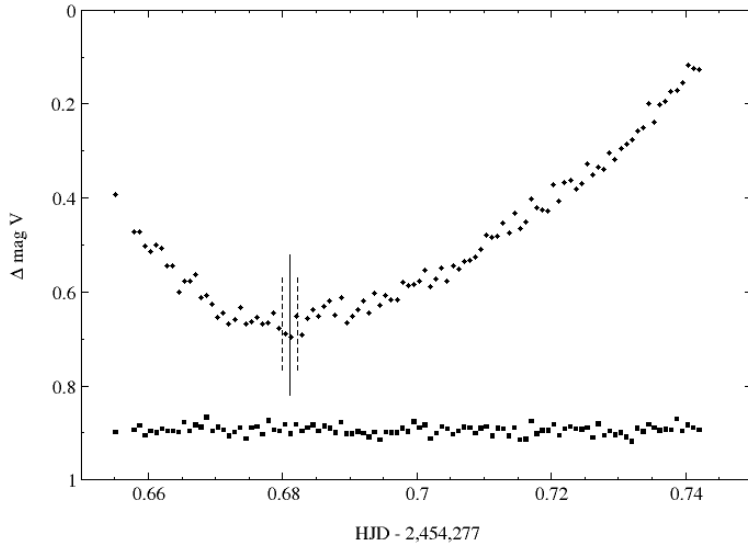


Figura 1 - Curva de luz do eclipse de 26 de junho representada por losangos, observada com o SOAR. As linhas verticais representam o instante de mínimo e o erro associado. Os quadrados mostram a curva de luz de uma estrela de comparação.

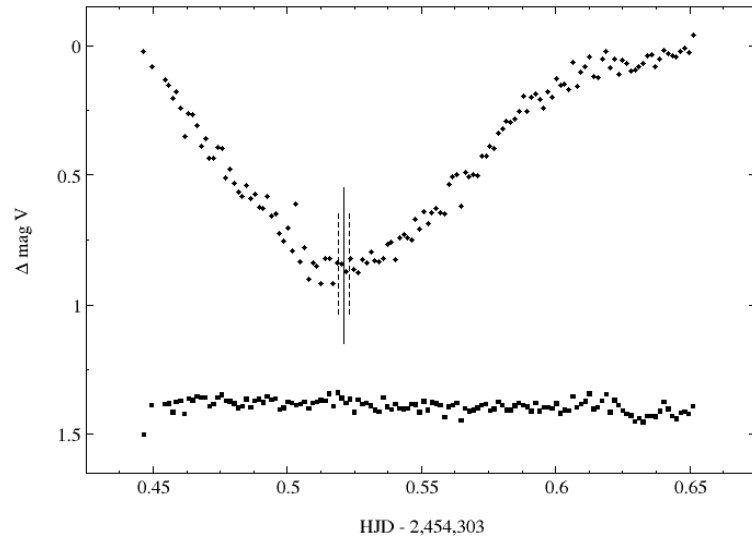


Figura 3 - Curva de luz do eclipse de 21 de julho representada por losangos, observada no OPD. As linhas verticais representam o instante de mínimo e o erro associado. Os quadrados mostram a curva de luz de uma estrela de comparação.

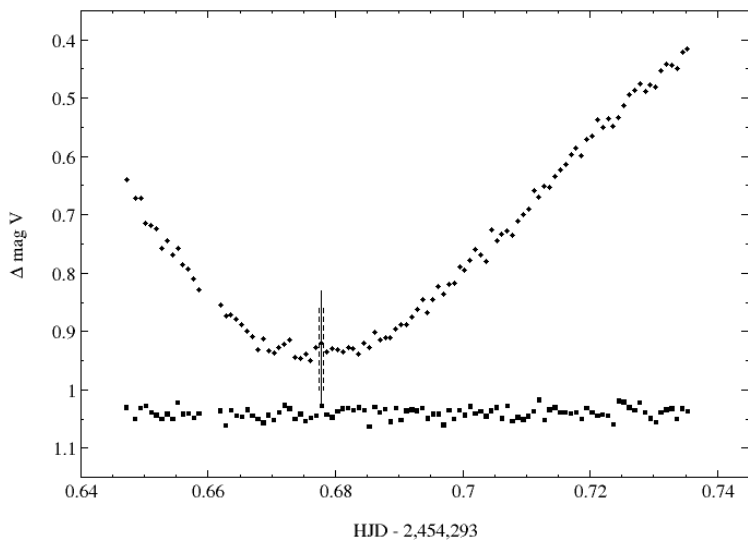


Figura 2 - Curva de luz do eclipse de 11 de julho representada por losangos, observada com o SOAR. As linhas verticais representam o instante de mínimo e o erro associado. Os quadrados mostram a curva de luz de uma estrela de comparação.

A fotometria dos três eclipses abrangem tanto seu ingresso como o egresso. Os instantes de mínimo foram estimados por quatro meios diferentes. Utilizando medição visual, ajuste de parábola, Método de Pogson e o ajuste de duas linhas retas, uma no ingresso e outra no egresso do eclipse. Então foram calculadas a média e o desvio padrão dos resultados para determinar o instante e a incerteza de cada eclipse. Após isso, foi feito um diagrama O-C baseado no que foi apresentado por Matsumoto et al. (2003) (Fig. 4).

- SCHAEFER, B. E.; RINGWALD, F. A. An Improved Orbital Period for The Recurrent Nova U Scorpii. **ApJ**. n.447, p. L45-L48, 1995.

- VAN DEN HEUVEL, E. P. J.; BHATTACHARYA, D.; NOMOTO, K.; RAPPAPORT, S. A. Accreting white dwarf models for CAL 83, CAL 87 and other ultrasoft X-ray sources in the LMC. **A&A**. n.262, p. 97-105, 1992.

- VAN TEESELING, A.; KING, A. R. Wind-driven evolution of supersoft X-ray binaries with low-mass secondaries. **A&A**. n.338, p. 957-964, 1998.

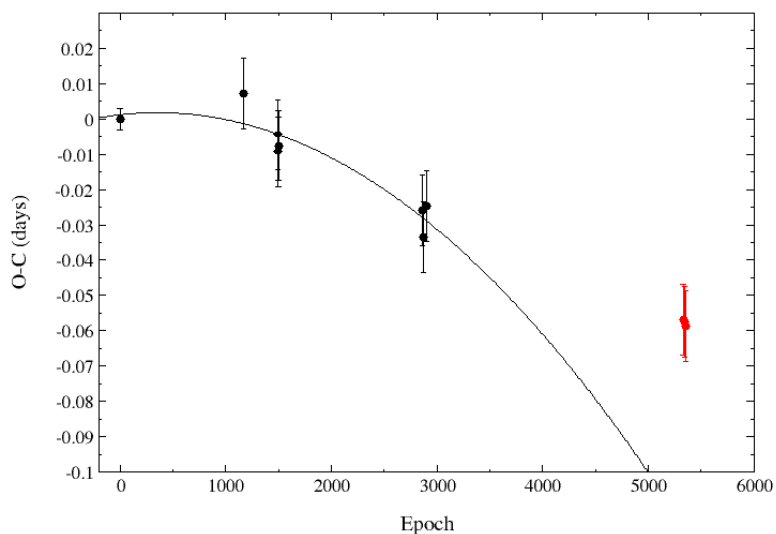


Figura 4 - Diagrama O-C mostrando os pontos de Matsumoto et al. (2003) e sua curva ajustada em preto. As medições O-C do presente trabalho estão em vermelho.

## Discussão

Em uma análise preliminar, o  $\dot{P}/P$  estimado por Matsumoto et al. (2003) parece não ser confirmado pelo diagrama O-C. O presente trabalho está em progresso e mais análises estão sendo feitas. Foram obtidas mais duas observações de eclipses em junho e julho de 2011 e o período total deverá sofrer um acréscimo de mais de 1000 ciclos orbitais para refinar ainda mais as estimativas.

## Referências

- KAHABKA, P.; HARTMANN, H. W.; PARMAR, A. N.; NEGUERUELA, I. Luminous supersoft X-ray emission from the recurrent nova U Scorpii. **A&A**. n.347, p. L43-L46, 1999.

- KING, A. R.; SCHENKER, K.; KOLB, U.; DAVIES, M. B. The Minimum Orbital Period in Thermal-Timescale Mass Transfer. **MNRAS**. n.321, p. 327-332, 2001.

- MATSUMOTO, K.; KATO, T.; HACHISU, I. The Recurrent Nova U Scorpii in the 1999 Outburst: the First Detection of a Significant Orbital-Period Change. **PASJ**. n.55, p. 297-304, 2003.