

# Análise preliminar das observações da Nova Circini 1999 (DD Circini)

Hélio C. Vital(RJ) e Tasso A. Napoleão(SP)

## 1. Histórico.

A Nova Circini 1999 – estrela posteriormente designada DD Circini pela União Astronômica Internacional – foi descoberta por William Liller (Viña del Mar, Chile) em uma foto tirada em 1999 Agosto 23.01 TU, com magnitude fotovisual de 7.7, nas coordenadas AR = 14h23m23s.6 e Decl. = -69°08'45".1 (2000.0; ± 0".5), segundo a IAUC 7242. As coordenadas galácticas correspondentes foram calculadas por um dos autores (Vital), como sendo: Longitude (l) = 310.994 graus e Latitude (b) = -7.727 graus.

Sua magnitude no máximo parece ter sido alcançada em 1999 Agosto 24.0374 TU, correspondendo a V = 7.5, segundo estimativa visual de R. Stubbings, relatada na IAUC 7242. Nenhuma progenitora foi encontrada por A. Pearce, segundo a mesma Circular, no Deep Sky Survey II, até a magnitude visual de 17. Liller determinou níveis modestos de emissão H-alpha em Ago. 23.9874 TU, indicando que a explosão deu-se apenas 1 ou 2 dias antes (Ago. 22.0 - 23.0 TU).

A magnitude CCD e a posição astrométrica foram também estimadas no Brasil, por Cristóvão Jacques e Luiz Duczmal (CEAMIG e REA, Belo Horizonte) como sendo respectivamente 7.64 (CCDV) em Ago. 25.0529 TU, e nas coordenadas AR = 14h23m23s.46 e Declinação = -69°08'45".3 (2000.0; ± 0".4). As observações de Jacques e Duczmal foram relatadas na IAUC 7243.

## 2. Campanha observacional da REA.

Um total de setenta estimativas de magnitude visual e uma CCDV, obtidas entre as datas de 25/08/99 a 08/10/99, foram realizadas por 9 membros da REA: A. Alves (Florianópolis, SC); A. Amorim (Florianópolis, SC); A. Padilla (Rio de Janeiro, RJ); C. Jacques (Belo Horizonte, MG); E. Salazar (Cuzco, Peru); H. Vital (Rio de Janeiro, RJ); J. Aguiar (Campinas, SP); J. Garcia (Rama Caida, Argentina) e L. Duczmal (Belo Horizonte, MG). A campanha correspondeu a 44 dias de cobertura, e à faixa de magnitudes visuais entre 8 e 12 aproximadamente.

É interessante notar que as estimativas da REA para a DD Circini representaram 45% daquelas presentes nos bancos de dados da VSNET e AAVSO, bem como 75% das citadas nas IAUCs. Quatro, dentre as 6 IAUCs que mencionam a nova, citam estimativas dos membros da REA. Além da AAVSO, IAU e VSNET, as observações da Rede foram também publicadas na AFOEV.

## 3. Curvas de luz.

A figura 1 demonstra a curva de luz para a DD Cir baseada em todas as estimativas visuais da nova a nível mundial, conforme coletadas e publicadas pela VSNET (Universidade de Kyoto, Japão). Os pontos claros correspondem às estimativas efetuadas pela REA apenas. Os escuros, às de todos os outros observadores dos demais países.

Já a figura 2 indica o ajuste feito a partir dos mesmos dados, segundo uma função exponencial da forma

$$\text{Magnitude visual} = 12.25 - 5.03 * \exp(-0.0706 * d)$$

Nota-se que o ajuste representa com boa aproximação o conjunto das estimativas.

Em especial, porém, devemos ressaltar que foram notadas duas fases particulares: no período inicial, que se estendeu entre 24 e 28 de agosto, parece ter havido flutuações cíclicas de brilho, com amplitude da ordem de 0.5 a 1.0 magnitudes, e com períodos de cerca de um dia. Embora não possa ser descartada a hipótese de imprecisões observacionais, particularidades na curva parecem indicar a presença real de pequenas flutuações de brilho ("flickering") nos primeiros dias após a erupção. Nesta fase, a curva de luz parece ser melhor descrita por uma função exponencial da forma :

$$\text{Magnitude visual} = 12.27 - 6.26 * \exp(-0.134 * d)$$

Segue-se, nos vinte dias posteriores, um trecho onde a queda de magnitude torna-se aproximadamente linear, podendo ser bem representada nesta fase por uma função do tipo:

## DD Cir (Nova Circini 1999)

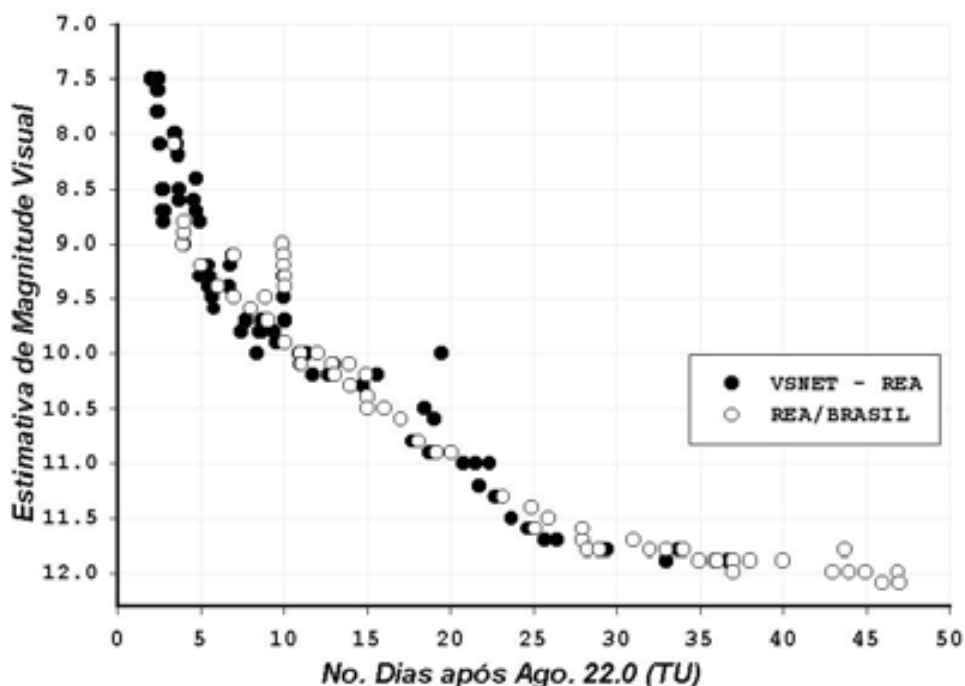


Figura 1 : Curva de luz da DD Cir obtida pelos observadores da REA e VSNET.

Magnitude visual =  $8.59 + 0.116 \cdot d$

#### 4. Análise da curva de luz.

##### 4.1. Taxas Médias Diárias de Queda de Brilho.

As taxas médias de queda de brilho foram da ordem de 130% (entre 2 e 6 dias após a erupção); 40% (entre 6 e 26 dias) e 2% (entre 26 e 44 dias). Com já citado acima, foram notadas flutuações nos 8 dias seguintes à explosão, com amplitudes entre 0.5 e 1 magnitude e sinais de periodicidade.

##### 4.2. Instante de máximo ( $t_0$ ) e parâmetros $t_2$ e $t_3$ .

O instante da erupção da DD Cir teria ocorrido entre Ago. 22.0 e 23.0, segundo a IAUC 7242. Da curva de luz, cuja origem encontra-se em Agosto 22.0 TU, nota-se que o máximo brilho parece ter ocorrido entre Ago. 23.0 e 24.0 TU (consideramos este instante como  $t_0 = 1.5 \pm 1d$ , TU), correspondendo à magnitude visual de  $7.5 \pm 0.2$  ( $V_0$ ). Donde, pela curva ajustada, obtivemos os parâmetros  $t_2$  e  $t_3$  :

$t_2$  (decaimento de 2 magnitudes desde  $t_0$ ) =  $(5.4 \pm 1.5)$  dias

$t_3$  (decaimento de 3 magnitudes desde  $t_0$ ) =  $(15.0 \pm 1.5)$  dias

##### 4.3. Magnitude absoluta e luminosidade no máximo.

O cálculo destes valores foi feito usando as equações empíricas para a magnitude absoluta de novas desenvolvidas por T. Schmidt-Kaler (1956) e Mc Laughlin (1960):

$$M_0 = -11.8 + 2.5 \cdot \log t_3 \quad [\text{equação 1}]$$

$$\log t_3 = \log t_2 + 0.3 \quad [\text{equação 2}]$$

Para o caso da DD Cir, portanto, temos

$$M_0 = -8.86 \pm 0.25 \text{ (usando [1]) , e}$$

$$M_0 = -9.2 \pm 0.7 \text{ (usando [2])}$$

Donde podemos estimar a magnitude absoluta no máximo para DD Cir:

$$M_0 = -8.9 \pm 0.3 \text{ (média ponderada em } 1/[\text{erro}]^2)$$

A partir desse valor, podemos calcular a luminosidade da nova no máximo por:

$$L \text{ (máximo)} = 10^{[0.4 \cdot (M_{\text{sol}} - M_0)]}$$

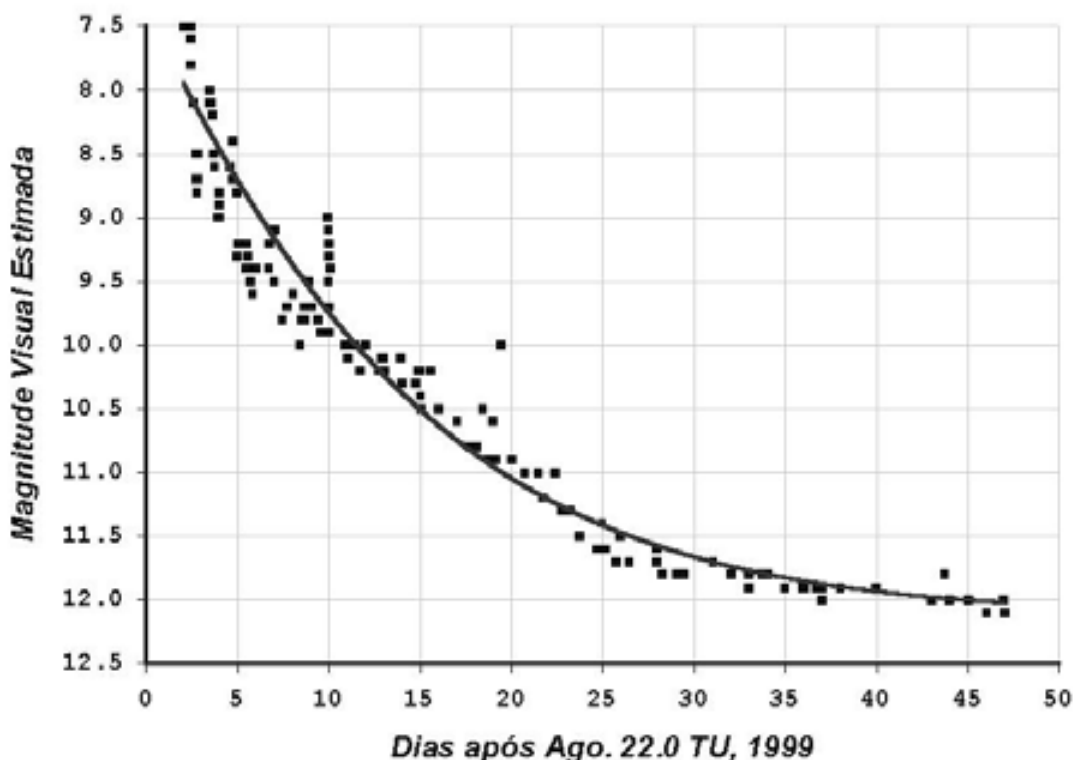


Figura 2: Curva de luz para o período total de observações, ajustada pela função exponencial :  $Magnitude\ visual = 12.25 - 5.03 * \exp(-0.0706*d)$

Resulta :  $L(\text{máximo}) = 10^{[0.4 * (4.8 + 8.9)]}$  ou seja,  
 $L(\text{máximo}) = (3.0 \pm 0.8) \times 100$  mil vezes a solar

#### 4.4. Efeito da Extinção Interestelar.

Para as coordenadas galácticas  $l = 310.994$  e  $b = -7.727$ , temos o excesso de cor  $E(B - V) = 0.49$  e a relação  $A_v/E(B - V) = 3.3$  (Landolt), para objetos extragalácticos. Numa primeira aproximação, consideremos que estes valores se apliquem à DD Cir, embora esta seja evidentemente um objeto galáctico. Dessa forma, o limite máximo para a absorção seria:  
 $A_v = 3.3 * 0.49 = 1.6$  mag. (que poderia ser uma boa aproximação se DD Cir estivesse longe do plano galáctico, considerado como de espessura aproximada 1 kPc). Note-se que este valor também coincide com o índice  $(V - I)$  citado na IAUC 7249.

#### 4.5. Distância da Nova Circini.

Conhecida a extinção interestelar avaliada em 4.4, podemos calcular a distância em parsecs de DD Cir utilizando a equação do módulo de distância:

$$m_o - M_o = 5 * \log D(\text{pc}) - 5 + A_v$$

Resulta :

$D(\text{Pc}) = 10^{[0.2 * (7.5 + 8.9 + 5 - 1.6)]}$ , ou seja,

$D = (9.1 \pm 1.3)$  kPc, ou ainda  $D = (30 \pm 4)$  mil anos-luz

#### 4.6. Distância ao Plano Galáctico ( $D_p$ ).

O cálculo é efetuado simplesmente por:

$D_p(\text{pc}) = 9.1 * \sin(7.994) = (1.3 \pm 0.2)$  kPc (ao Sul do plano galáctico)

Observe-se que tal valor (superior a 1 kPc), justifica a aproximação feita no ítem 4.4, ou seja, o uso do  $A_v$  extra-galáctico para a nova.

#### 4.7. Magnitude Aparente Provável da Progenitora.

Usando-se  $M_o = 4.5 (\pm 0.5)$  (média das magnitudes das pré-novas na Via Láctea (Bruch 1982 e Warner 1986), podemos estimar a magnitude aparente provável para a progenitora de DD Circini pela equação do módulo de distancia::

$$m_o = M_o + 5 \log D - 5 + A_v$$

$$m_o = 4.5 + 5 \log (9.1E03) - 5 + 1.6,$$

resultando :  $m_o = (20.9 \pm 0.5)$

#### 4.8. Amplitude provável da erupção.

A amplitude é dada simplesmente por :

$$m_0 - V_0 = 20.9 (\pm 0.5) - 7.5 (\pm 0.5) = (13.4 \pm 0.5) \text{ mag}$$

Observe-se que somente 15% das novas têm amplitudes maiores que este valor, sendo que a média de amplitudes de novas Galácticas está em torno de 10.9 mag.

### 5. Conclusões.

#### 5.1. Rapidez e Brilho Intrínseco.

Os valores  $t_3 = 15$  dias e  $M_0 = -8.9 (\pm 0.3)$  permitem que a Nova Circini seja classificada entre as 10 novas mais rápidas (tipo *Na*, portanto) e também intrinsecamente brilhantes deste século. Coincidentemente, eles aproximam-se bastante daqueles obtidos para a Nova Velorum 1999 por T. A. Napoleão (1999).

#### 5.2. Amplitude.

A variação de 13.4 magnitudes, estimada para a DD Cir, está bem acima da média das novas galácticas (cerca de 11 mag.). Somente cerca de 15% das novas apresentam amplitudes maiores em nossa Via Láctea.

#### 5.3. Instabilidades.

As irregularidades (ou flickering) observadas na curva de luz, principalmente na primeira semana que se seguiu à explosão (na forma de variações com amplitudes da ordem de uma magnitude) são relativamente pouco comuns em novas galácticas do tipo *Na*. No entanto, diversos observadores as notaram independentemente, o que parece reduzir a hipótese de erros observacionais.

Observam-se também claros sinais de periodicidade nessas variações, sugerindo a presença de material ejetado, com órbita interpondo-se periodicamente na frente da estrela.

#### 5.4. Localização na Via-Láctea.

Poucas vezes, estrelas da Via-Láctea tão afastadas do Sol podem ser diretamente observadas visualmente por pequenos instrumentos, como no caso da Nova Circini 1999. Isso contribui, ainda mais, para a importância do estudo desses eventos. A DD Circini está

localizada numa direção próxima ao “Braço de Carina” ( $l = 311$  graus), embora bem mais distante que a região mais próxima (e portanto, mais bem conhecida) deste. Sabe-se que cerca de 48% das novas da Via Láctea são observadas entre as longitudes galácticas de 270 e 360 graus. Contudo, o afastamento da DD Cir do plano galáctico (1.3 kPc), naquela distância ao núcleo galáctico, é algo pouco comum.

#### 5.5. Semelhanças com a Nova Velorum 1999 (V382 Vel).

Curiosamente, as novas austrais mais importantes ocorridas em 1999 (DD Cir e V382 Vel) tiveram várias características em comum: ambas são novas rápidas do tipo *Na* que, coincidentemente, aproximaram-se muito em suas magnitudes absolutas no máximo, taxas de queda de brilho e amplitudes. Apesar de suas semelhanças intrínsecas, entretanto, elas diferiram principalmente em um aspecto: a DD Cir está cerca de 5 vezes mais longe do Sol.

### 6. Bibliografia

- Acker A., e Jaschek, C.; *Astronomical Methods and Calculations*, John Wiley & Sons, 1986
- Astrophysical Journal*, 356, 609-612, 1990
- Della Valle, M. e Livio, M. ; *The Calibration of Novae as Distance Indicators*; *Astrophysical Journal*, 452, 704-709, 1995
- Diaz, M.P. e Bruch, A. ; *The Orbital Period Distribution of Novae*; *Astronomy and Astrophysics*, 322, 807-816, 1997
- Green, D., *IAU Circulars* nos. 7242, 7243, 7146, 7249, 7256, 7263 (1999)
- Meeus, J.; *Astronomical Algorithms*, Willman-Bell, Inc., 1991
- Mihalas e Binney; *Galactic Astronomy (Structure and Kinematics)*, W.H. Freeman Co, 1981
- Payne-Gaposchkin, Cecilia : *Past and future novae, in Novae and Related Stars*, M. Friedjung (ed), 1977
- Payne-Gaposchkin, Cecilia : *The Galactic Novae*, North-Holland, 1957
- Swihart, T.; *Astrophysics and Stellar Astronomy*, John Wiley & Sons, 1968
- Vogt, N.; *Evidence for Hibernation from a Statistical Analysis of Nova Eruption Amplitudes*, Willmer, C., *Comunicação Pessoal*, 1999

### 7. Agradecimentos

Aos caros companheiros da REA que, com muita eficiência, dedicação e seriedade, participaram da Campanha Observacional *Nova Circini*, tornando possível este trabalho.

Ao Dr. Daniel Green, da IAU, pelo reconhecimento e publicação das estimativas dos membros da REA nas Circulares da IAU.

Ao Dr. Christopher Willmer, pós-doutorando do LNA, atualmente integrante do Grupo do Projeto *Deep*, no *Lick Observatory, Califórnia*, o qual gentilmente nos enviou os parâmetros de absorção para as coordenadas da Nova Circini.