

ESTRUTURA E CAMPO MAGNÉTICO DA NUVEM ESCURA DE ALTA LATITUDE GALÁCTICA DC315.8-27.5

Dinalva Aires de Sales¹, Gabriel Rodrigues Hicke²

¹IPD/UNIVAP, Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – SJC - SP, dinalvaires@hotmail.com

²IPD/UNIVAP, hickel@univap.br

Resumo- Nuvens de alta latitude galáctica são pequenas nuvens escuras moleculares do plano galáctico, que parecem estar fora deste plano por estarem relativamente próximas do Sol. Estudá-las é importante porque estes objetos concentram a maior parte do gás molecular da Galáxia e têm estruturas simplificadas, com pouca contaminação na linha de visada, tornando-as bons laboratórios de processos físicos e químicos que ocorrem no meio interestelar. Estas nuvens também podem ser sítios de formação estelar de pequena massa. DC315.8-27.5 é uma nuvem formada por dois pequenos glóbulos ($\sim 2'$), na ponta de uma estrutura filamentar menos densa (vista na emissão em $100 \mu\text{m}$ - IRAS) que se estende por cerca de 2° , perpendicular ao plano galáctico. Neste trabalho, buscamos estabelecer algumas características e propriedades físicas de DC315.8-27.5. Estabelecemos distância, extinção, dimensão, massa e perfil de densidade através da análise de diagramas de Wolf e de contagens de estrelas nas bandas B, R, I e H (dados USNO, DENIS e 2MASS). Apresentamos também observações de polarização linear na banda R, buscando caracterizar o campo magnético e as propriedades dos grãos que compõem esta nuvem escura.

Palavras-chave: meio interestelar; nuvens escuras; campo magnético, polarização linear.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra

Introdução

Um dos constituintes principais da nossa Galáxia são as nuvens moleculares. Mesmo na vizinhança solar cerca de 10% da massa está concentrada em nuvens moleculares (GILMORE & ZEILIK, 1999). Estudar as propriedades dessas nuvens é fundamental para entender-se os mecanismos de formação e manutenção estrutural. Em Astrofísica o principal interesse nas nuvens moleculares é em relação à formação estelar em seu interior, porém para entender os mecanismos que levam ao colapso gravitacional é preciso entender a física interna das nuvens moleculares.

As nuvens moleculares apresentam geralmente duas componentes estruturais: gás e grãos de poeira. Este gás é na sua maior parte molecular, ao passo que os grãos de poeira podem apresentar características variadas em composição, formatos e dimensões; conforme a densidade e metalicidade¹ do meio. Os grãos também são responsáveis pela extinção observada na direção das nuvens e emitem radiação no infravermelho distante, podendo acoplar-se ao campo magnético do meio.

Nuvens escuras de alta latitude galáctica são nuvens moleculares relativamente próximas ao Sol e que aparentam ter alta latitude justamente pela proximidade. A pouca distância, estrutura simples

e linha de visada privilegiada (com pouca contaminação de fundo) faz dessas nuvens excelentes laboratórios para se estudar o conteúdo gasoso e grãos.

A nuvem DC 315.8-27.5 é formada por dois pequenos glóbulos e estruturas parcialmente ionizadas ao longo de cerca de meio grau. Observando-se mais amplamente nota-se que ela encontra-se na ponta de uma estrutura filamentar, vista nas imagens em $100 \mu\text{m}$ do IRAS (Figura 1). Esta nuvem nunca foi explorada na literatura tendo apenas a citação no catálogo de Hartley et al. (1986), como uma nuvem densa globular. Este trabalho é parte de uma dissertação de mestrado que tem como objetivo analisar as propriedades dos constituintes e a física da nuvem escura DC 315.8-27.5.

Materiais e Métodos

Determinação da distância

Para determinar as propriedades da nuvem é necessário conhecer sua distância. A determinação de distâncias de nuvens escuras é indireta e geralmente com muito pouca acurácia. Para encontrar a distância de DC 315.8-27.5 utilizamos dois métodos de análise: Paralaxe e Diagrama de Wolf.

¹ Em Astrofísica, todos os elementos diferentes do Hidrogênio e Hélio são considerados “metais”.

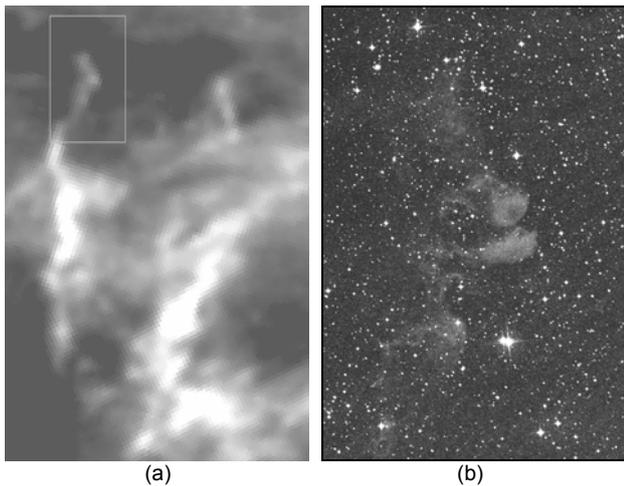


Figura 1 – A nuvem DC315.8-27.5. (a) Visão de um campo $2^\circ \times 3^\circ$ no infravermelho distante ($100 \mu\text{m}$), mostrando duas estruturas filamentosas, sendo que nosso objeto de estudo está na ponta do filamento da esquerda (vide retângulo que mostra a área da Fig.1b). (b) Visão de um campo de $20' \times 30'$ na banda R (DSS-II), mostrando os dois glóbulos e estruturas esparsas de DC315.8-27.5.

Método de Paralaxe: usamos fontes do catálogo Hipparcos (ESA, 1997) para achar estrelas com paralaxe definida na região da nuvem. Selecionamos uma área de $2^\circ \times 3^\circ$, centrada em $l_{\text{gal}} = 315,3^\circ$ e $b_{\text{gal}} = -28,5^\circ$ englobando a estrutura filamentar da qual DC 315.8-27.5 faz parte. Encontramos 9 fontes catalogadas com relação sinal/ruído (paralaxe/erro da paralaxe) maiores ou iguais a 3; e com tipo espectral determinado. O objetivo é estabelecer a extinção total na linha de visada de cada fonte e tentar associar uma extinção maior à presença da nuvem. Apenas duas estrelas mostraram extinção possivelmente provocada pela nuvem a uma distância média de 60 pc (Figura 2).

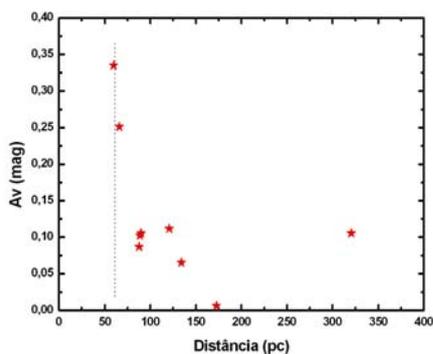


Figura 2 – Diagrama da extinção visual total na linha de visada contra a distância, determinada para 9 fontes do catálogo Hipparcos, vistas na direção do campo de $2^\circ \times 3^\circ$ visto na Figura 1a. As duas fontes mais próximas são também as mais extintas, distantes em torno de 60 pc do Sol.

Método do Diagrama de Wolf: para o uso do Diagrama de Wolf atuamos em duas frentes: construção do Diagrama de Wolf em si, e simulação numérica para associar os efeitos de

extinção da nuvem com a distância. Determinamos as áreas de controle fora da nuvem para a mesma latitude galáctica. Para caracterizar a região da nuvem usamos campos ao longo do filamento. O Diagrama de Wolf mostra uma falta de estrelas na nuvem entre as magnitudes 11 e 13, embora não tivemos condições de avaliar em que magnitude essa ausência inicia (Figura 3), por falta de estrelas brilhantes no campo. No exemplo mostrado para a magnitude B, a magnitude limite de 11 significa uma distância aproximada de 60 pc (vide Figura 4). Para construir a curva de variação da magnitude de corte com a distância da nuvem efetuamos simulações numéricas utilizando um modelo de galáxia uniforme e a função de distribuição de luminosidade de Leibert, Dahn & Monet (1988).

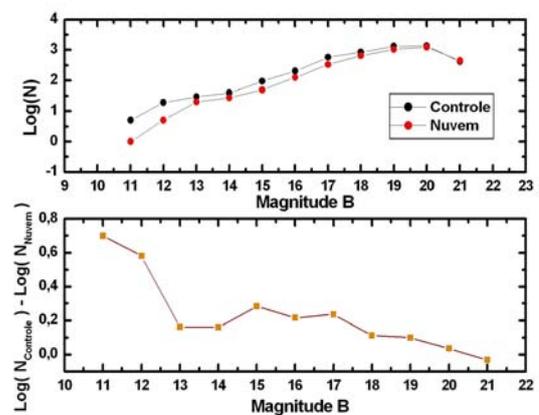


Figura 3 – Diagrama de Wolf (alto) na banda B para a nuvem DC315.8-27.5. A falta de fontes (embaixo) ocorre entre magnitude 11 e 13, mas não é possível avaliar a ocorrência para magnitudes menores.

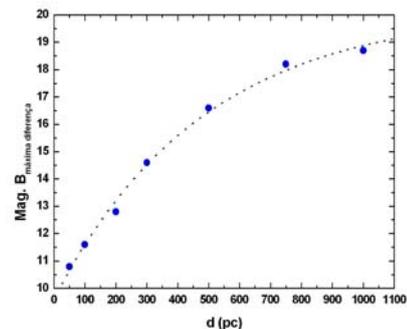


Figura 4 – Magnitude limite B, onde começa a falta de fontes, conforme a presença da nuvem. Os pontos em azul são decorrentes de simulações para uma Galáxia uniforme, função de luminosidade padrão e uma única nuvem a uma distância d bem determinada.

Embora os dois métodos por nós utilizados tenham apresentado resultados frágeis, ambos convergiram para a mesma distância. Por isso, adoraremos em nosso trabalho a distância de 60 pc para a nuvem DC 315.8-27.5.

Extinção, Massa e Perfil de Densidade

No processo para determinar a extinção da nuvem, usamos como técnica o método de contagem de estrelas descrito por Gregorio Hetem, Sanzovo & Lépine (1988). As contagens foram efetuadas em um campo de 32' x 32', centrado em DC315.8-27.5. Este campo foi dividido em células de 2' x 2' e as contagens de estrelas foram efetuadas para as bandas B e R (USNO A.2), I (DENIS) e H (2MASS). Os gráficos de extinção nessas quatro bandas são mostrados na Figura 5. A presença da nuvem não é muito evidente nestes mapas e aparentemente podem existir extinções mais severas ao fundo. A conversão da extinção de cada banda para extinção visual (A_V) foi baseada na lei de extinção ordinária do meio interestelar (MATHIS, 1999).

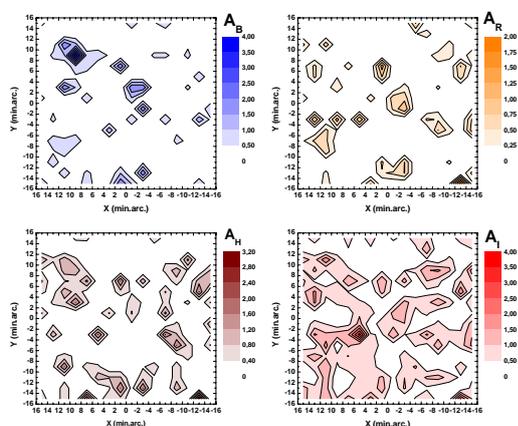


Figura 5 – mapas de extinção por contagem de estrelas nas bandas B, R, I e H. Forma utilizadas células de 2'x 2' com a técnica de Gregório Hetem, Sanzovo & Lépine (1988). Existe pouca correlação entre a nuvem e os picos de extinção.

Calculamos a massa da nuvem utilizando apenas as células que se encontravam na linha de visada da mesma, uma vez que picos no mapa de extinção ocorreram fora da nuvem. Para avaliar a massa total efetuamos a seguinte equação:

$$M = \theta^2 \cdot D^2 \cdot \kappa \cdot \mu \cdot \sum A_V,$$

onde θ é o tamanho angular da célula, D é distância da nuvem, $\kappa = 9,4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2} \text{ mag}^{-1}$ é a relação de densidade colunar de moléculas de Hidrogênio para extinção visual (Savage & Mathis, 1979), $\mu = 2,4 \cdot m_H$ é a massa média molecular, e o somatório ($\sum A_V$) de extinções visuais é feito em cima das células pertencentes à nuvem. Estimamos uma massa total de 380 M_\odot para as duas bandas no óptico (B e R), ao passo que as massas estimadas em I e H foram quase uma ordem de grandeza, maiores. Estas bandas estão mais sujeitas à contaminação de fundo, de modo que adotaremos os valores calculados em B e R.

Em virtude da pequena extinção provocada pela nuvem e da limitação do método de contagem de estrelas (células relativamente grandes para o tamanho da nuvem) não pudemos calcular perfis de densidade acurados. Um limite inferior para o perfil de densidade da nuvem é mostrado na Figura 6.

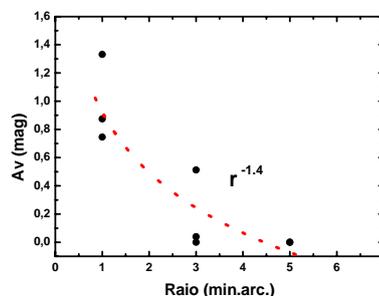


Figura 6 – Limite inferior para o perfil de densidade da nuvem DC315.8-27.5, na região dos dois glóbulos. Devido à pequena resolução do método de contagem de estrelas, o perfil de densidade aparece bastante suavizado, com uma lei de potência de $r^{-1.4}$.

Polarização Linear

As observações de polarização linear no óptico (bandas V, R e I) foram efetuadas no LNA em julho de 1999, sob condições de tempo adversas. Os dados observados nas bandas V e I não puderam ser aproveitados. Somente os dados de dois campos de 8' x 8' que se superpõem, observados na banda R, tiveram alguma qualidade de polarimetria; ainda assim prejudicada pelo céu ruim. A redução dos dados de polarimetria foi executada no IRAF com o auxílio do pacote PCCDPACK, desenvolvido pelo grupo de polarimetria do IAG/USP (Pereyra, 2000). Os resultados dessa polarimetria são resumidos nas Figuras 7 e 8. Aparentemente os vetores de polarização são bastante coesos estando quase todos alinhados na direção do ângulo de posição de 101 graus. Esta direção parece coincidir com a própria estrutura da nuvem sendo paralela à estrutura filamentar. O grau de polarização médio foi de 1,64 %.

Resultados

Nossos estudos e análises da nuvem escura de alta latitude galáctica DC315.8-27.5 levou aos seguintes resultados (inéditos):

- Distância estimada do Sol = 60 pc;
- Extinção Visual máxima = 2,5 mag.;
- Massa = 380 M_\odot ;
- Perfil de densidade (limite): $\propto R^{-1.4}$;
- Grau de Polarização médio (R): 1,64%;
- Ângulo de Polarização Médio: 101°;
- Dispersão do ângulo de Polarização: 13°;

- Campo magnético na região deve ser importante na manutenção da estrutura da nuvem como um todo.

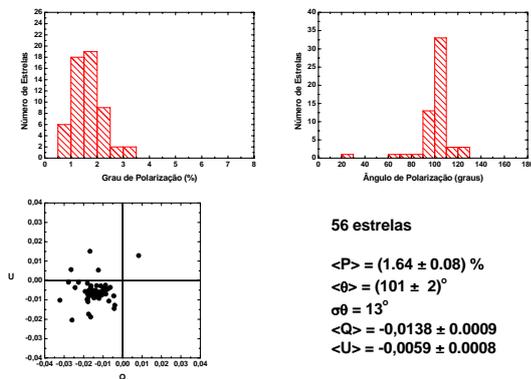


Figura 7 – Resultados da polarização linear na banda R, na direção de DC315.8-27.5. No alto, aparecem os histogramas do grau de polarização (à esquerda) e do ângulo de posição do vetor polarização (à direita). Nota-se um bom grau de colimação destes vetores, com dispersão de apenas 13° . O último gráfico mostra o plano QxU de Stokes.

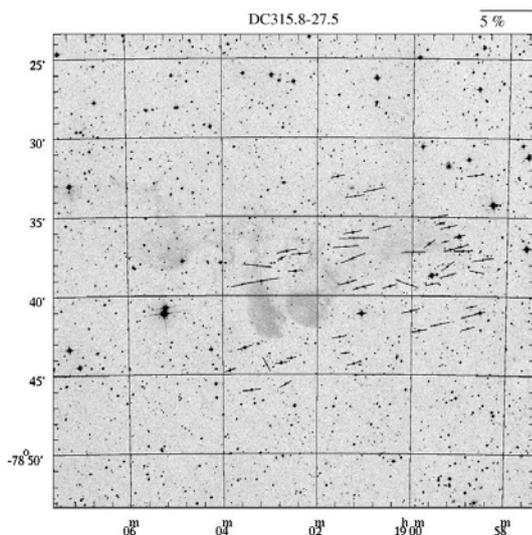


Figura 8 – Distribuição dos vetores de polarização linear na banda R, vistos contra a imagem do DSS-II na banda R. O campo é de $30' \times 30'$, norte para cima e leste para a esquerda. Nota-se que os vetores são aproximadamente paralelos à estrutura filamentar de DC315.8-27.5.

Discussão e Perspectivas Futuras

DC315.8-27.5 mostrou-se ser uma nuvem pequena, pouco densa, bastante próxima ao Sol e possivelmente com um campo magnético de relativa importância para a manutenção da sua estrutura, haja vista a pouca dispersão dos vetores de polarização. Como estes são resultados parciais de um trabalho de mestrado estamos preparando novas observações de polarização linear no ótico para que possamos estudar a relação entre a polarização e o comprimento de onda, buscando caracterizar os grãos desta

nuvem. Temos em vista também projetos para a observação do gás molecular desta nuvem, que irão auxiliar na caracterização das propriedades físicas do meio e na estimativa do campo magnético.

Conclusão

Concluímos de nossos estudos que a nuvem escura de alta latitude galáctica DC315.8-27.5 situa-se a uma distância de 60 pc do Sol, confirmando a suspeita de ser de alta latitude por proximidade; tendo cerca de $380 M_\odot$, com relativamente pequena extinção visual na sua direção. A polarização linear na banda R mostra um alinhamento significativo dos vetores de polarização, o que pode significar a presença de um campo magnético importante na manutenção da estrutura da nuvem. DC315.8-27.5 parece ser a parte mais densa de uma estrutura filamentar alongada, com dimensão em torno de 2 pc. Estudos futuros poderão elucidar o papel do campo magnético na nuvem e a origem desta estrutura filamentar perpendicular ao Plano Galáctico.

Referências

- ESA, The Hipparcos Catalogue, **ESA SP-1200**, 1997.
- Gilmore, G. F.; Zeilik, M.; *Star Populations and the Solar Neighborhood*, in: **Astrophysical Quantities**; Fourth Edition, Artur N. Cox; New York; Springer – Verlag; 1999.
- Gregório Hetem, J. C.; Sanzovo, G. C.; Lépine, J. R. D.; **Astronomy and Astrophysics Supplement Series**, v. 76, p. 347; 1988.
- Hartley, M.; Tritton, S. B.; Manchester, R. N.; Smith, R. M.; Goss, W. M.; **Astronomy and Astrophysics Supplement Series**, v. 63(1), p. 27; 1986.
- Leibert, J.; Dahn, C. C.; Monet, D. G.; **The Astronomical Journal**, v. 332, p. 891, 1988.
- Mathis, J. S. ; *Circumstellar and Interstellar Material*, in: **Astrophysical Quantities**; Fourth Edition, Artur N. Cox; New York; Springer – Verlag; 1999.
- Pereyra, A.; Ph.D. Thesis, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo; 2000.
- Savage, B.D.; Mathis, J.S.; **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, v.17, p.73, 1979.