



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE DA EMISSÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO EM NUVENS MOLECULARES COMPACTAS

Renata Ariadne Furtado da Rosa

Relatório De Iniciação Científica
do programa PIBIC, orientada pela
Dr. Tânia Pereira Dominici

URL do documento original:

[<http://urlib.net/>](http://urlib.net/)

INPE
São José dos Campos
2023

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO
INTELECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-
INPE):**

Presidente:

Membros:

BIBLIOTECA DIGITAL:

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE DA EMISSÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO EM NUVENS MOLECULARES COMPACTAS

Renata Ariadne Furtado da Rosa

Relatório De Iniciação Científica
do programa PIBIC, orientada pela
Dr. Tânia Pereira Dominici

URL do documento original:

[<http://urlib.net/>](http://urlib.net/)

INPE
São José dos Campos
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sobrenome, Nomes.

Cutter Análise da emissão de monóxido de carbono em nuvens moleculares compactas / Nome Completo do Autor1; Nome Completo do Autor2. – São José dos Campos : INPE, 2023.

xvii + 19 p. ; ()

Dissertação ou Tese (Mestrado ou Doutorado em Nome do Curso) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, AAAA.

Orientador : José da Silva.

1. Palavra chave. 2. Palavra chave 3. Palavra chave. 4. Palavra chave. 5. Palavra chave I. Título.

CDU 000.000



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](#).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](#).

Informar aqui sobre marca registrada (a modificação desta linha deve ser feita no arquivo publicacao.tex).

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Brasil (PIBIC-CNPq)

**ATENÇÃO! A FOLHA DE
APROVAÇÃO SERÁ IN-
CLUIDA POSTERIORMENTE.**

Mestrado ou Doutorado em Nome do
Curso

RESUMO

Neste trabalho é realizado o estudo das emissões de monóxido de carbono (CO) em nuvens moleculares compactas e escuras, tendo a pesquisa sido centrada em Sc12, localizada na região de Escorpião. Utilizamos os dados das transições moleculares de ^{13}CO e C^{18}O que foram observados pelo radiotelescópio SEST, no Chile, e analisados pelo pacote de redução de dados DRAWSPEC, foi possível estimar alguns parâmetros físicos da nuvem. Sc12 é uma candidata a ser um local de formação de estrelas de baixa massa.

Palavras-chave: Radio Astronomia. Espectroscopia. Nuvens Interestelares.

ANALYSIS OF CARBON MONOXIDE EMISSIONS IN COMPACT MOLECULAR CLOUDS

ABSTRACT

In this work, the study of carbon monoxide (CO) emissions in compact and dark molecular clouds is carried out, with the research being centered on Sc12, located in the region of Scorpio. We used data from the molecular transitions of ^{13}CO and C^{18}O that were observed by the SEST radio telescope, in Chile, and analyzed by the DRAWSPEC data reduction package, it was possible to estimate some physical parameters of the cloud. Sc12 is a candidate to be a low-mass star formation site.

Keywords: radio astronomia. espectroscopia. nuvens moleculares.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 Nuvem molecular compacta Sc12, na região de Escorpião.	1
3.1 Objeto desconhecido em Sc12.	12
3.2 Sc12 observada com o telescópio VISTA (combinação de três filtros no infravermelho próximo). No destaque, possível glóbulo cometário	12

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Dados adquiridos a partir da redução no Drawspec.	13
3.2 Propriedades físicas a partir do Drawspec	14
3.3 Propriedades Físicas	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO	–	Monóxido de Carbono
^{13}CO	–	Forma isotópica do Monóxido de Carbono
C^{18}O	–	Forma isotópica do Monóxido de Carbono
FWHM	–	Largura de linha a meia altura
(H_2)	–	Hidrogênio Molecular
$M_{\odot}$	–	Massa do Sol
SEST	–	Swedish-ESO Submillimetre Telescope

LISTA DE SÍMBOLOS

η_b	–	Eficiência do feixe
ϕ	–	Fator de preenchimento
v_r	–	Coeficiente de absorção
T_{ex}	–	Temperatura de excitação do gás
n_J	–	Densidade de moléculas no nível J
ΔV_L	–	Largura de linha a meia altura

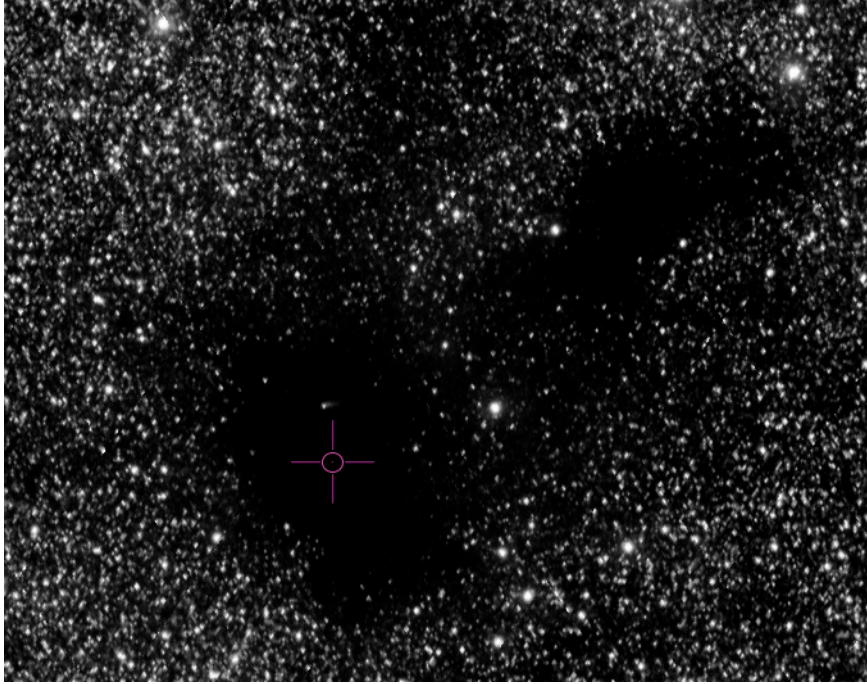
SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Monóxido de Carbono e suas formas Isotópicas	2
1.2 Informações adicionais sobre o Radio telescópio SEST	3
2 AQUISIÇÃO, REDUÇÃO DE DADOS E METODOLOGIA . .	5
2.1 A aquisição de dados	5
2.2 A redução de dados	5
2.3 Metodologia	6
3 RESULTADOS	11
3.1 Redução dos dados	11
3.2 Propriedades físicas de Sc12	11
4 CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

Nesse trabalho, analisaremos observações de linhas moleculares na nuvem molecular Sc12 (Vilas-Boas et al., 2000), que fica na região de Escorpião. Os dados foram adquiridos pelo radio telescópio SEST e a partir deles, conseguimos extrair características essenciais para estimar as condições de equilíbrio dinâmico dessas nuvens.

Figura 1.1 - Nuvem molecular compacta Sc12, na região de Escorpião.



Nuvem molecular Sc12

Fonte: (ALADIN, 2013).

As nuvens moleculares são vastos arranjos de matéria composta, em sua maioria, por hidrogênio molecular (H_2) e poeira. Estas nuvens são caracterizadas por uma distribuição de densidades e exibem estruturas hierárquicas conhecidas como clumps e cores, dependendo de sua extensão (Vilas-Boas et al., 2000). Estudamos estas nuvens para tentar compreender os mecanismos que levam à contração gravitacional da matéria e à formação de estrelas de baixa e alta massa. O colapso gravitacional em nuvens moleculares compactas é desencadeado por interações com ondas de choque provenientes de supernovas, ventos estelares ou colisões entre nuvens de gás, e a medida que a nuvem colapsa, a matéria é comprimida em regiões mais densas e frias, conhecidas como núcleos de condensação. Dentro desse núcleo de condensação,

a temperatura e a pressão aumentam gradualmente, até que a fusão nuclear seja desencadeada, permitindo que uma estrela comece a brilhar.

O resto do material em torno da estrela recém-formada forma um disco protoplanetário, onde planetas, luas e outros corpos celestes podem eventualmente se formar. Portanto, o estudo de nuvens moleculares é importante para compreendermos melhor o processo, as circunstâncias e os mecanismos de formação que levam a formação de corpos celestes.

A fim de investigar os processos físicos envolvidos, são observadas utilizadas linhas espectrais de diferentes espécies moleculares, além de linhas de recombinação atômicas, sobretudo do hidrogênio. Moléculas como o CO (e seus isótopos) são traçadoras de H_2 , molécula que, por sua vez, não é observada diretamente. Em particular, o CO é um traçador do conteúdo molecular em regiões de menor densidade.

Neste projeto, estudamos o conteúdo de CO em uma nuvem molecular compacta e escura da amostra identificada por (Vilas-Boas et al., 2000).

1.1 Monóxido de Carbono e suas formas Isotópicas

O Monóxido de Carbono (CO) é uma das moléculas mais utilizadas para traçar o conteúdo molecular da Galáxia. Entre os motivos, destacamos (GOLDSMITH; LANGER, 1999):

1. Abundância e estabilidade: é uma das moléculas mais abundantes no meio interestelar e é relativamente estável em nuvens moleculares;
2. Transições rotacionais: CO e suas formas isotópicas têm os níveis de energia rotacional bem definidos, o que significa que absorvem e emitem radiação em frequências específicas na faixa milimétrica e submilimétrica do espectro eletromagnético;
3. Emissão em nuvens frias: o CO emite radiação de forma eficiente em nuvens moleculares que têm temperaturas relativamente baixas (10K a 30K). Nessas temperaturas, onde muitas outras moléculas estão congeladas, o CO ainda permanece em estado gasoso e emite sinais detectáveis;
4. Traçador de gás molecular: Apesar do Hidrogênio molecular (H_2) ser a molécula mais abundante nessas regiões, ela é mais difícil de ser detectada diretamente em rádio. O CO, no entanto, está frequentemente associado ao H_2 e pode ser utilizado para mapear sua distribuição e densidade;

5. Determinação de massa: permite estimar a massa total das nuvens moleculares através das intensidades de suas linhas de emissão;
6. Estudos de dinâmica: podem revelar a velocidade de rotação, cinemática e a estrutura das nuvens moleculares, que são itens fundamentais para entender como a matéria está se movendo dentro dessas regiões e como a gravidade influencia na formação de uma estrela.

Neste trabalho, utilizamos as formas isotópicas do CO: ^{13}CO e C^{18}O .

1.2 Informações adicionais sobre o Radio telescópio SEST

O SEST (Swedish-ESO Submillimetre Telescope) é um radio telescópio localizado no Observatório La Silla, no Deserto do Atacama, no Chile, que operou entre 1987 e 2003, como resultado de uma colaboração entre o Observatório Europeu do Sul (ESO) e a Suécia. Com um espelho parabólico com um diâmetro de 15 metros, foi projetado especificamente para captar ondas de rádio com comprimentos de onda de cerca de 0,8 a 3 milímetros, que é a região do espectro eletromagnético que permite a observação de emissões de gás e poeira interestelares, bem como de moléculas complexas associadas a processos fundamentais na formação estelar e na evolução das galáxias.

A localização do SEST (NYMAN et al., 1995) foi estrategicamente escolhida devido às excelentes condições atmosféricas da região do deserto do Atacama: A atmosfera seca e estável do deserto proporciona uma transparência notável na faixa milimétrica do espectro, permitindo observações precisas e sensíveis.

2 AQUISIÇÃO, REDUÇÃO DE DADOS E METODOLOGIA

Este capítulo aborda os métodos empregados para adquirir e reduzir os dados adquiridos, além de descrever a metodologia que utilizamos para analisar os dados, estimando assim as propriedades físicas da nuvem molecular Sc12.

2.1 A aquisição de dados

Os espectros das linhas de emissão rotacional ($J=1-0$) de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ em 110,201 GHz e em 109,782 GHz respectivamente foram obtidos em 1992 utilizando a antena de 15m do Swedish-ESO Submillimeter Telescope (SEST) em La Silla, Chile. A temperatura de sistema típica foi de 390K e a resolução do espectrômetro acusto-óptico foi de 43 KHz (0,11 km/s), com uma banda de 100 MHz.

Os espectros foram obtidos no modo de chaveamento em frequência (*frequency switching*) com 7 MHz de separação entre os espectros, integrados durante períodos de dois minutos e calibrados com uma carga fria (*cold load*) para obter-se a correção para a atenuação atmosférica. A relação sinal-ruído é em geral maior que 10. A largura do feixe a meia potência (HPBW) é 48" com eficiência de feixe $\eta = 0,9$.

2.2 A redução de dados

A redução dos espectros de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ foi realizada utilizando-se o programa de redução de linhas espectrais Drawspec. O Drawspec é uma ferramenta poderosa para a redução de dados espectroscópicos, desenvolvida por Harvey Liszt (NRAO), que permite a calibração precisa do espectro, extração de linhas espectrais, ajustes de modelos e análises estatísticas. As informações extraídas das linhas foram:

- 1 Temperatura de antena corrigida da atenuação atmosférica, T_A^* ;
- 2 Velocidade radial (*VLSR*, sigla em inglês para “*Local Standard of Rest*”, que é o ponto coincidente com a posição do Sol) da região de emissão de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$, medida com relação ao padrão local de repouso;
- 3 Largura total à meia altura (*FWHM*, sigla em inglês para “*Full width at Half maximum*”) da curva gaussiana ajustada à linha espectral;
- 3 Área total da curva gaussiana ajustada à linha espectral.

Utilizamos essas informações para determinar propriedades físicas da região central de Sc12.

Foram adotados os seguintes passos para obter os parâmetros observacionais de uma linha espectral através do Drawspec:

- 1 Ajuste e subtração da linha de base, geralmente utilizando polinômio de 1° grau;
- 2 Dobramento (*Folding*), dos espectros obtidos no modo chaveamento em frequência;
- 3 Ajuste de curva gaussiana à linha espectral.

2.3 Metodologia

Neste trabalho, a metodologia utilizada para a análise das propriedades físicas do Sc12 é o mesmo utilizado por (MYERS et al., 1983). As equações para estimativa das propriedades físicas foram obtidas de acordo com quatro hipóteses básicas (VILAS-BOAS; FULLER, 1994):

- 1 O produto da eficiência do feixe η_b e seu fator de preenchimento ϕ é o mesmo para ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$;
- 2 As temperaturas de excitação ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ são iguais, pois ambas são formadas em condições similares de excitação e a diferença entre estas temperaturas é menor do que a incerteza nos valores deduzidos devido ao ruído no espectro;
- 3 A relação de abundância terrestre entre ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ é de 5,5 (DICKMAN et al., 1979);
- 4 As linhas de ambas as espécies são formadas em regiões que tem o mesmo gradiente de velocidade.

Em condições de equilíbrio termodinâmico local, o coeficiente de absorção v_r é definido por (LANG, 1999):

$$a_r^v = \frac{v^2}{8\pi v_r^2} \frac{n_J}{\Delta v_L} \left(\exp \left(\frac{hv}{kT_{ex}} \right) - 1 \right) A_J \quad (2.1)$$

onde, T_{ex} é a temperatura de excitação do gás, n_J é a densidade de moléculas no nível J, ΔV_L é a largura de linha a meia altura (FWHM) e A_J é o coeficiente de Einstein para uma transição de dipolo elétrico espontânea. A partir da definição de profundidade óptica, podemos obter uma relação entre as profundidades ópticas do ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$; A definição de profundidade óptica é dada por:

$$\tau_r^v = \int_0^L \alpha_v ds \quad (2.2)$$

E agora, utilizando as equações para as duas variedades isotópicas de CO que estamos trabalhando e fazendo a razão das duas, chegamos a seguinte expressão:

$$\frac{\tau_{13}}{\tau_{18}} = \frac{n_{13}(J=1)}{n_{18}(J=1)} \frac{L_{13}}{L_{18}} \frac{\Delta_{18}}{\Delta_{13}} \frac{J(T_{18})}{J(T_{13})} \quad (2.3)$$

Voltamos então para as quatro hipóteses que estamos trabalhando: tendo em vista a hipótese 2 e 3, a expressão da razão feita acima pode ser reduzida para:

$$\tau_{13} = 5,5\tau_{18} \quad (2.4)$$

Tendo a primeira hipótese em mente e utilizando a equação acima, teremos que a razão entre as temperaturas de antena corrigidas para a atenuação atmosférica será dada através da equação:

$$\frac{T_{A_{13}}^*}{T_{A_{18}}^*} = \frac{(1 - e^{-5,5\tau_{18}})}{(1 - e^{-\tau_{18}})} \quad (2.5)$$

A temperatura de excitação é obtida pela solução da equação de transferência radiativa; obtendo-se assim a seguinte expressão:

$$T_B^*(C^{18}\text{O}) = (J(T_{18}) - J(2.7))(1 - e^{-\tau_{18}})\eta\Phi \quad (2.6)$$

onde $T_B^*(C^{18}\text{O}) = T_A^* - 2,7\text{K}$ é a temperatura de brilho do pico da linha de $C^{18}\text{O}$, corrigida pela atenuação atmosférica e pela radiação de fundo de 2,7K. Teremos os valores $\eta_B = 0,9$ e $\Phi = 1$, e explicitando T_B^* na equação acima, pode-se obter a seguinte expressão:

$$(T_{18}) = T_0 \left\{ \ln \left[1 + \frac{T_0}{J(2, 7) + T_B^*(C^{18}O)/\eta\Phi(1 - e^{-\tau_{18}})} \right] \right\}^{-1} \quad (2.7)$$

Para estimarmos a densidade de coluna de moléculas de $C^{18}O$ no nível $J=1-0$, usamos as definições de profundidade óptica e do coeficiente de absorção, obtendo assim a expressão:

$$N_{18}(J = 1) = 3,86 \times 10^{14} \tau_{18} J(T_{18}) \Delta_{v18} \quad (2.8)$$

Onde a densidade de coluna total N_{18} pode então ser obtida por:

$$N_{Tot}(C^{18}O) = N_{J=1} x f_1^{-1} \quad (2.9)$$

Onde

$$f_1^{-1} = \frac{\sum_{J=0}^{J_{\max}} (2J + 1) \exp \left[\frac{-hBJ(J+1)}{kT_{18}} \right]}{3 \exp \left[\frac{-2hB}{kT_{18}} \right]} \quad (2.10)$$

sendo $2J + 1$ o peso estatístico do nível J e $B = 54,89$ GHz é a constante de rotação de $C^{18}O$. Agora, para ^{13}CO , a expressão para a densidade de coluna para a molécula de ^{13}CO será dada por:

$$N(^{13}CO \text{ Total}) = 6,32 \times 10^{14} \int_{v=\text{linha}} T_B dv \text{ cm}^{-2} \quad (2.11)$$

A estimativa da extinção visual para densidades de coluna de $C^{18}O$ maiores ou iguais a $3 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ é dada, segundo por (Frerking et al., 1982):

$$A_v = 6,2 \times 10^{-15} N(C^{18}O) + 1,4 \text{ mag} \quad (2.12)$$

A densidade de coluna de hidrogênio molecular será, a partir da relação de Bohlim et al, expressa por:

$$N(H_2) = 0,94 \times 10^{21} A_v \text{ cm}^{-2} \quad (2.13)$$

E, tendo L como o tamanho médio do glóbulo/nuvem, a densidade volumétrica média será dada por:

$$n(H_2) = \frac{N(H_2)}{L \text{ cm}^{-3}} \quad (2.14)$$

A massa do glóbulo será dada pela equação:

$$M = 22,2 \left(\frac{N(H_2)}{10^{21} \text{ cm}^{-2}} \right) \left(\frac{L}{pc} \right)^2 M_{\odot} \quad (2.15)$$

onde $\rho = \mu m_H \times n(H_2)$, $\mu = 2,29$ e $m_H = 1,9735 \times 10^{-24} g$

A massa do Virial nos indica se o sistema deve ou não entrar em colapso, observando que se o sistema possuir massa muito inferior à massa do Virial, ele não deve entrar em colapso, a menos que algum mecanismo externo comece a agir sobre o sistema. A expressão da massa do Virial é dada então por:

$$M_{VIRIAL} = 210 \left[\frac{R}{pc} \right] \left[\frac{\Delta v}{km.s^{-1}} \right] \quad (2.16)$$

Os resultados são apresentados no Capítulo 3.

3 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos a partir da redução de dados e as propriedades físicas da nuvem molecular Sc12.

3.1 Redução dos dados

A redução de dados pelo Drawspec nos dá informações essenciais para descobrir mais sobre o objeto de estudo, assim como já foi discutido nos capítulos anteriores. No total foram processados 15 espectros, sendo seis espectros centrados na molécula ^{13}CO e nove centrados em $C^{18}\text{O}$. Todas as emissões de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ foram observadas centradas em uma única posição. Ou seja, não temos um mapeamento espacial da distribuição de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ ao longo de toda a nuvem, mas apenas um apontamento central.

A tabela 3.1 mostra os dados obtidos a partir da redução de dados pelo Drawspec, e a tabela 3.2 mostra as propriedades físicas obtidas a partir dos dados reduzidos pelo drawspec.

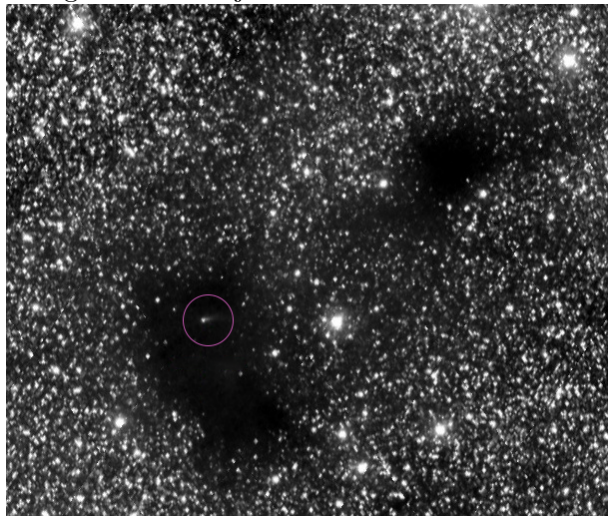
3.2 Propriedades físicas de Sc12

A tabela a 3.3 mostra os resultados obtidos pelas equações apresentadas no capítulo 2, ou seja, nos apresenta as propriedades derivadas dos parâmetros observacionais de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ na transição J=1-0, tais como profundidade óptica para as linhas de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$, densidade de coluna, temperatura de excitação, extinção visual, densidade de coluna de H_2 , o tamanho da nuvem, a densidade média, a massa e a massa do virial.

É possível então, a partir dos dados obtidos, saber mais sobre a nuvem, por exemplo, sua possibilidade de colapso. Como a massa do Virial é maior que a massa por um fator de 10, é sugerido que dificilmente a nuvem entrará em colapso, a não ser que outro mecanismo intervenha nesse processo, como, por exemplo, ondas de choque.

Ao ao observar a nuvem através de imagens no infravermelho próximo obtidas com o telescópio VISTA, podemos ver um objeto desconhecido que parece afetado por ventos, podendo estes serem algo que indicaria um possível colapso da nuvem, ou uma cauda, podendo esse ser um glóbulo cometário. A região e o candidato a glóbulo cometário podem ser vistos nas Figuras 3.1 e 3.2. A existência deste objeto reforça a demanda por observações milimétricas ao longo de toda a nuvem.

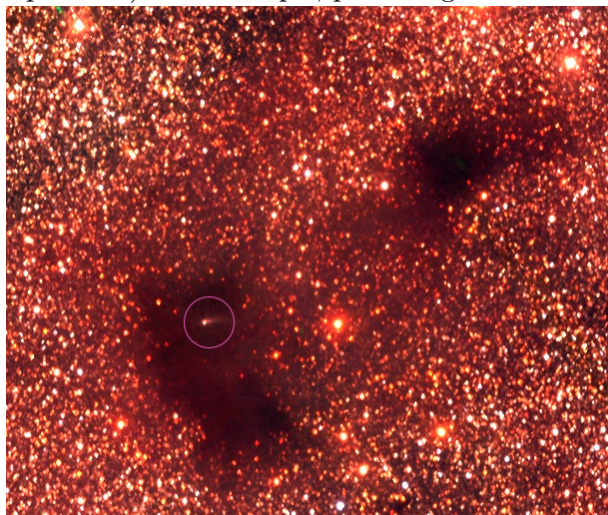
Figura 3.1 - Objeto desconhecido em Sc12.



Sc12 observada no filtro J com o telescópio VISTA. No destaque, possível glóbulo cometário.

Fonte: (ALADIN, 2013).

Figura 3.2 - Sc12 observada com o telescópio VISTA (combinação de três filtros no infravermelho próximo). No destaque, possível glóbulo cometário



Objeto desconhecido em Sc12, em JYZ color

Fonte: (ALADIN, 2013).

Tabela 3.1 - Dados adquiridos a partir da redução no Drawspec.

Molécula	Center	Center +-	Peak	Peak +-	FWHM	FWHM +-	Area	Area +-
^{13}CO	-13.46224	0.03811	-2.38349	0.13882	1.33442	0.08974	-3.38564	0.19383
	5.71706	0.01775	5.025961	0.14129	1.28824	0.04181	6.89205	0.19038
^{13}CO	-12.93291	0.01995	-2.15883	0.07440	1.18080	0.04699	-2.71350	0.09190
	5.95712	0.00995	4.42090	0.07284	1.23192	0.02344	5.79730	0.09385
C^{18}O	-13.05691	0.05563	-0.40490	0.04643	0.98932	0.13101	-0.42641	0.04813
	5.85786	0.03252	0.76248	0.04217	1.19914	0.07659	0.97327	0.05291
C^{18}O	5.85061	0.04316	0.84894	0.08012	0.93256	0.10163	0.84273	0.07824
C^{18}O	5.75807		0.73928		1.33517		1.05070	
C^{18}O	5.85446	0.04169	0.90107	0.12987	0.58996	0.09819	0.56587	0.08037
C^{18}O	5.70978	0.02849	1.06569	0.08120	0.76267	0.06710	0.86518	0.06482
C^{18}O	5.70978	0.02849	1.06569	0.08120	0.76267	0.06710	0.86518	0.06482
^{13}CO	-13.23206	0.01803	-2.39588	0.08088	1.08940	0.04247	-2.77836	0.09217
	5.85297	0.00948	4.73152	0.07788	1.17495	0.02233	5.91771	0.09571
C^{18}O	5.77753	0.06632	0.68447	0.10084	0.91816	0.15619	0.66897	0.09712
C^{18}O	-12.73953	0.07186	-0.40843	0.06919	0.86514	0.16923	-0.37613	0.06285
	6.05239	0.03788	0.8324	0.06440	0.99842	0.08920	0.88466	0.06730
C^{18}O	6.07194	0.03160	0.75652	0.05677	0.85887	0.07443	0.69165	0.05103
^{13}CO	-13.08222	0.02064	-2.21367	0.07950	1.17221	0.04861	-2.76217	0.09747
	5.90338	0.01001	4.60486	0.07873	1.19503	0.02359	5.857740	0.09840
^{13}CO	-13.19899	0.13429	-2.42075	0.50706	1.30751	0.31625	-3.36921	0.69770
	5.82701	0.06128	5.23092	0.51421	1.27142	0.14432	7.07950	0.68467
^{13}CO	-13.34785	0.03918	-2.44484	0.15196	1.28557	0.09226	-3.34564	0.20441
	5.78393	0.01842	5.10112	0.15491	1.23706	0.04337	6.71725	0.20044

Tabela 3.2 - Propriedades físicas a partir do Drawspec

Molécula	T_a^*	rms	FWHM	rms	V_{LSRsr}	rms	Área	rms
^{13}CO	5.0	0.18	1.2	0.05	5.9	0.02	6.6	0.24
$C^{18}O$	0.9	0.04	0.8	0.05	5.8	0.02	0.7	0.04

Tabela 3.3 - Propriedades Físicas

Posição	τ_{18}	τ_{13}	N_{18}	N_{13}	A_v	$N(H_2)$	L	$n(H_2)$	$M_{\odot}$	M_{VIRIAL}
(0,0)	< 0.1	0.4	4.7	41.4	4.3	4	0.2	6.6	3.6	31.8

4 CONCLUSÕES

A análise da emissão de monóxido de carbono em nuvens moleculares compactas nos conduz a um profundo entendimento das complexas interações e processos que moldam a formação estelar e a evolução do meio interestelar.

Neste trabalho foi estudada a nuvem molecular Sc12 e através das análises do conteúdo de CO foi determinada uma temperatura de excitação de 20 K, densidade de coluna de H_2 estimada em $4,0 \times 10^{21} \text{ cm}^2$, extinção visual de 4,3 mag e densidade volumétrica de $6,6 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$. A massa estimada da nuvem é de $3,6 M_\odot$ e a massa do Virial derivada da largura de linha foi de $31,8 M_\odot$. (VILAS-BOAS; FULLER, 2000) informa que um erro de um fator mínimo de 3 deve ser considerado no cálculo da massa, decorrente de incertezas nas distâncias e na conversão da densidade de coluna de ^{13}CO e $C^{18}\text{O}$ para $N(H_2)$.

O próximo passo do trabalho é comparar os parâmetros físicos derivados para Sc12 com os de outras nuvens moleculares escuras, como Barnard 68, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALADIN. 2013. <<https://aladin.cds.unistra.fr/>>. Windows. 1, 12
- DICKMAN, A.; MCCUTCHEON, W. H.; SHUTER, W. L. Carbon monoxide isotope fractionation in the dust cloud lynds 134. **The Astrophysical Journal**, 1979. 6
- Frerking, M. A.; Langer, W. D.; Wilson, R. W. The relationship between carbon monoxide abundance and visual extinction in interstellar clouds. , v. 262, p. 590–605, 1982. 8
- GOLDSMITH, P. F.; LANGER, W. D. The formation and evolution of interstellar clouds. **The Astronomy and Astrophysics Review**, v. 9, n. 1-2, p. 123–191, 1999. 2
- LANG. **Astrophysical formulae**. [S.l.]: Berlin: Springer - Verlag, 1999. 6
- MYERS, P. C.; LINKE, R. A.; BENSON, P. J. Dense cores in dark clouds i. co observations and column densities of high extinction regions. **The Astrophysical Journal**, 1983. 6
- NYMAN, L.-A.; OLOFSSON, H.; HULDTGREN, M.; LINDQVIST, M. The sest telescope at la silla. In: **ESO/IRAM/NFRA/Onsala Workshop on Sub-Millimetre Astronomy**. [S.l.: s.n.], 1995. v. 171, p. 349. 3
- Vilas-Boas, J. W. S.; Myers, P. C.; Fuller, G. A. Dense Cores of Dark Clouds. XII. ^{13}CO and C^{18}O in Lupus, Corona Australis, Vela, and Scorpius. , v. 532, n. 2, p. 1038–1050, 2000. 1, 2
- VILAS-BOAS, M.; FULLER. Dense cores in dark clouds. ix. observations of ^{13}co and c^{18}o in vela, musca and the coalsack. **The Astrophysical Journal**, 1994. 6
- _____. Dense cores in dark clouds. xii. ^{13}co and c^{18}o in lupus, corona australis, vela and scorpius. **The Astronomical Journal**, 2000. 15

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programas de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. Aceitam-se tanto programas fonte quanto os executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.