

# A estrutura de emissão e cinemática do gás molecular quente e gás ionizado na galáxia NGC6814

Pedro Albino Baierle<sup>1</sup> e Rogemar A. Riffel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colégio Politécnico, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

## Resumo

Utilizamos observações de espectroscopia de campo integral dos  $260 \times 260$  pc<sup>2</sup> centrais da galáxia NGC 6814 para mapear a estrutura de emissão e cinemática do gás molecular quente e do gás ionizado com uma resolução espacial de  $\sim 20$  pc. As observações foram realizadas com o instrumento *Near-Infrared Field Spectrograph* (NIFS) instalado telescópio *Gemini* do Norte. A emissão do gás ionizado é estudada a partir da linha de emissão de recombinação do hidrogênio Br $\gamma$ , enquanto que o gás molecular quente é traçado pela linha de emissão H<sub>2</sub>2.1218 $\mu$ m. A partir dos ajustes dos perfis das linhas de emissão por funções gaussianas, construímos mapas bidimensionais para o fluxo, velocidade e dispersão de velocidades para cada linha de emissão. Enquanto o H<sub>2</sub> apresenta emissão em praticamente todo o campo de visão, a emissão de Br $\gamma$  fica restrita a distâncias menores do que 50 pc do núcleo. O movimento do gás em ambas as fases é consistente com um padrão de rotação de um disco. A emissão do H<sub>2</sub> observada é originada possivelmente por aquecimento do gás por raios X emitidos pelo núcleo ativo da galáxia e massa de gás molecular quente é estimada em  $M_{H_2} \approx 109 M_{\odot}$ . Já a massa de gás ionizado é de  $M_{HII} \approx 4,4 \times 10^4 M_{\odot}$ . Observa-se um aumento na dispersão de velocidades no núcleo, a qual foi atribuída ao potencial gravitacional do buraco negro supermassivo central, cuja massa foi estimada como sendo  $M_{SMBH} \approx 4,4 \times 10^7 M_{\odot}$ , consistente com estimativas disponíveis na literatura.

## Abstract

We use integral field spectroscopy observations of the inner  $260 \times 260$  pc<sup>2</sup> of galaxy NGC 6814 to map the emission structure and kinematics of hot molecular gas and ionized gas at a spatial resolution of  $\sim 20$  pc. The observations were carried out with the *Near-Infrared Field Spectrograph* (NIFS) instrument installed on the *Gemini North Telescope*. The ionized gas emission is studied via the hydrogen recombination emission line Br $\gamma$ , while the hot molecular gas is traced by the H<sub>2</sub>2.1218 $\mu$ m emission line. From the fitting of the emission-line profiles by Gaussian functions, we constructed two-dimensional maps for the flux, velocity and velocity dispersion for each emission line. While H<sub>2</sub> presents emission over the entire field of view, the Br $\gamma$  emission is restricted to radii smaller than 50 pc from the nucleus. The gas motions in both phases are consistent with a rotating disk pattern. The observed H<sub>2</sub> emission is likely associated to heating of the gas by X-rays from the active nucleus and the mass of hot molecular gas is estimated as  $M_{H_2} \approx 109 M_{\odot}$ . The mass of ionized gas is  $M_{HII} \approx 4,4 \times 10^4 M_{\odot}$ . An increase in the velocity dispersion is observed in the nucleus, which we attribute to motions of gas subject to the gravitational potential of the central supermassive black hole, whose mass is estimated to be  $M_{SMBH} \approx 4,4 \times 10^7 M_{\odot}$ , consistent with estimates available in the literature.

**Palavras-chave:** galáxias, buracos negros supermassivos, espectroscopia, NGC 6814

**Keywords:** galaxies, supermassive black holes, spectroscopy, NGC 6814

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v4n1.39832](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v4n1.39832)

## 1 Introdução

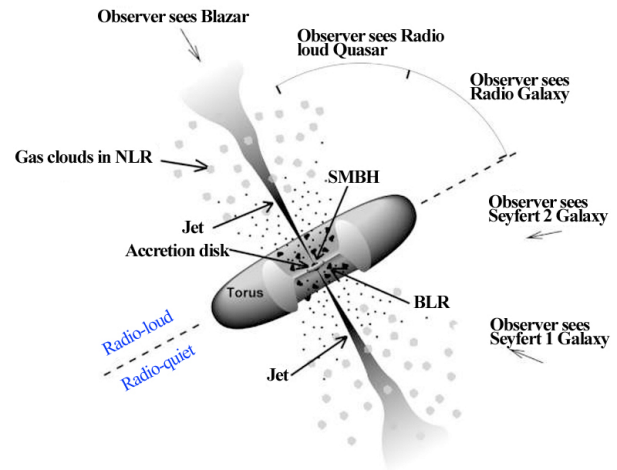
Atualmente, é consenso que todas as galáxias que formam bojos também formam um buraco negro supermassivo (SMBH - *Supermassive Black Hole*) em seu núcleo [1–3] e simulações cosmológicas sem considerar sua presença resultam em massas para as galáxias muito maiores do que

as observadas no Universo local [4], indicando que o SMBH tem papel fundamental na evolução das galáxias. Quando há matéria próxima ao SMBH, forma-se um disco de acreção, o qual é responsável pela emissão de uma grande quantidade de energia na forma de radiação, jatos de partículas relativísticas e ventos de gás [5]. Nestes casos, diz-se que a galáxia possui um Núcleo Ativo de

Galáxia (AGN – *Active Galactic Nucleus*). A energia emanada do disco de acreção pode ser de até uma centena de vezes maior do que a energia produzida por todas as estrelas da galáxia hospedeira, em AGNs extremos.

Os AGNs podem ser divididos de acordo com suas luminosidades, orientação da estrutura de emissão central, e emissão em frequências rádio nas seguintes classes principais: QUASARES, Rádio-Galáxias, Galáxias Seyfert e Regiões Nucleares de emissão de linhas de baixa ionização (LINERS – *Low-ionization nuclear emission-line regions* [5]. Nesse trabalho, estudamos a galáxia NGC 6814, a qual possui um núcleo do tipo *Seyfert*. As galáxias *Seyferts* podem ser divididas em duas classes, as que possuem duas componentes em suas linhas de emissão (tipo 1), largas – provenientes de gases de altas densidades eletrônicas – e estreitas – provenientes de gás ionizado com baixa densidade eletrônica –, e as que possuem somente uma componente estreitas nas linhas (tipo 2) [6]. As linhas estreitas são originadas na região externa ao toroide de poeira, denominada Região de Linhas Estreitas (*Narrow Line Region* - NLR), já as componentes largas das linhas de emissão são produzidas na região interna ao toroide, chamada de Região de Linhas Largas (*Broad Line Region* - BLR). Ou seja, a presença ou ausência de linhas largas está diretamente relacionada a orientação da linha de visada em que observa-se o AGN. Em objetos do tipo 1, a linha de visada é tal qual a BLR é observável, enquanto que em AGNs do tipo 2, o toroide de poeira bloqueia a visão da BLR. Uma representação esquemática do modelo unificado de AGNs [7, 8] é mostrada na Figura 1.

A correlação entre a massa do SMBH e a dispersão de velocidades das estrelas do bojo das galáxias – ou a massa do bojo – indica que há uma co-evolução entre os SMBH e suas galáxias hospedeiras e que os buracos negros desempenham um papel importante na evolução das galáxias [2, 3]. Isto se deve ao fato de que, ao evoluírem junto com as galáxias, os SMBHs alimentam-se do material a sua volta e produzem periodicamente ejeções de gás – caracterizando fases de atividade que retardam o crescimento da galáxia por impedir a acreção do gás extragaláctico nestas fases [9, 10]. O efeito do AGN na formação de estrelas na galáxia hospedeira é chamado de *feedback* de AGN.



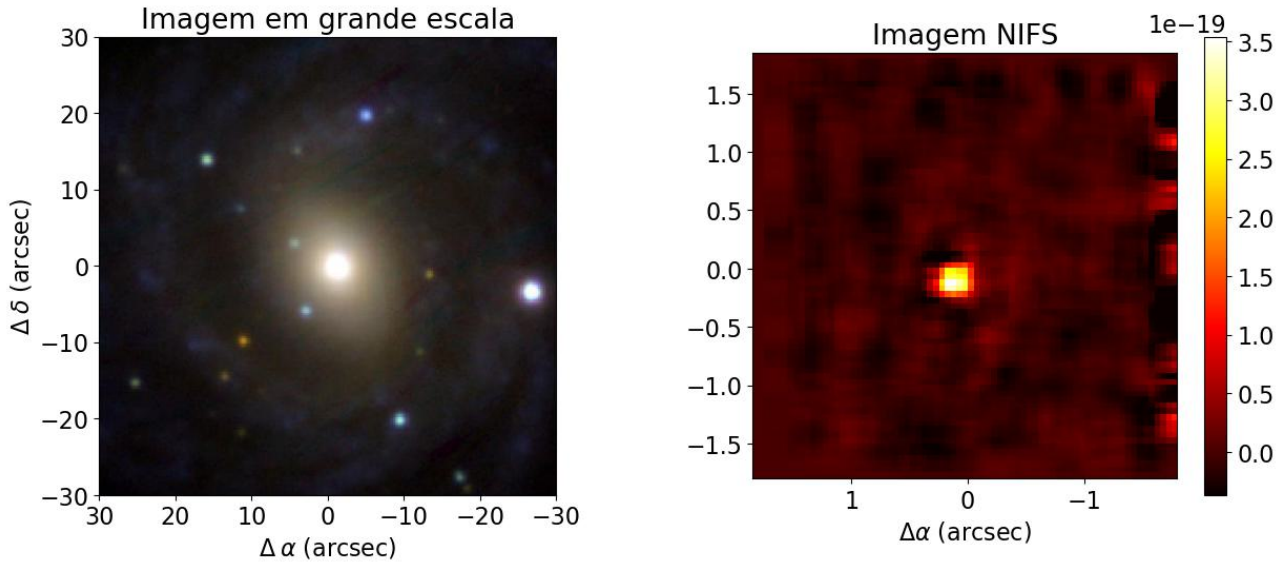
**Figura 1:** Modelo de um SMBH e seu disco de acreção, o qual está liberando jatos. Ao redor desse do disco, existe um toroide denso, que em sua parte interna é formada as linhas largas – BRL. Já as linhas estreitas são produzidas longe desse toroide, na região denominada NLR. Na figura, há também exemplos da angulação onde os Quasares, as Rádios-Galáxias e as Galáxias *Seyferts* são vistos

Ventos de gás emanados (ou *outflows*) do disco de acreção do SMBH podem representar uma das formas de manifestação do processo de *feedback* de AGN. A presença de *outflows* pode dificultar a formação de novas estrelas, pelo fato desses ventos retirarem o gás do centro da galáxia ou mesmo expulsando o gás da galáxia, diminuindo assim a quantidade de gás disponível para a formação estelar. Entretanto, há casos esporádicos em que escoamentos de matéria em direção ao SMBH (*inflows*), processo contrário aos *outflows*, favorece a formação estelar na área circum-nuclear, pelo fato de haver um acúmulo de matéria nessa área [11].

Neste trabalho estudamos a galáxia NGC 6814, que possui um AGN do tipo Seyfert 1 [13]. Morfológicamente, essa galáxia é classificada como espiral, está localizada a aproximadamente a 18 Mpc de distância, possui cerca de 13.6 kpc de diâmetro e velocidade radial igual a 1645 km s<sup>-1</sup> [14]. A massa do buraco negro dessa galáxia foi estimada utilizando a técnica de mapas de reverberação como sendo de  $(1.44 \pm 0.27) \times 10^7 M_{\odot}$  [15] e por modelagem da dinâmica estelar [16], resultando em um valor de  $\sim 1,2 \times 10^8 M_{\odot}$ , conforme disponibilizado na base de dados *The AGN Black Hole Mass Database*.\*

Utilizamos observações realizadas com o instrumento *Gemini-North's Near-Infrared Integral Field Spectrograph (NIFS)* para estudar a cinemá-

\*Disponível em <http://www.astro.gsu.edu/AGNmass/>



**Figura 2:** O painel da esquerda mostra uma imagem em grande escala da galáxia NGC 6814, retirada da plataforma Pan-STARRS [12]. O painel da direita mostra a imagem do contínuo da banda K, obtido do cubo de dados do NIFS. A barra de cor representa o fluxo em escala logarítmica, em unidades  $\text{erg s}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{\AA}^{-1}$  por spaxel. **NECESSITA DE CITAÇÃO NO TEXTO**

tica do gás molecular quente, a partir das linha de emissão  $\text{H}_2$  2.1218  $\mu\text{m}$ , e do gás ionizado a partir da linha de recombinação do hidrogênio  $\text{Br}\gamma$  na banda K do espectro. Os resultados apresentados neste artigo fazem parte de um projeto de Iniciação Científica Júnior, desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria. Este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 descrevemos as observações, o processo de redução de dados e de ajustes dos perfis das linhas de emissão. A Seção 3 apresenta os mapas bidimensionais das propriedades físicas determinadas e a discussão dos resultados, enquanto que a Seção 4 apresenta as conclusões.

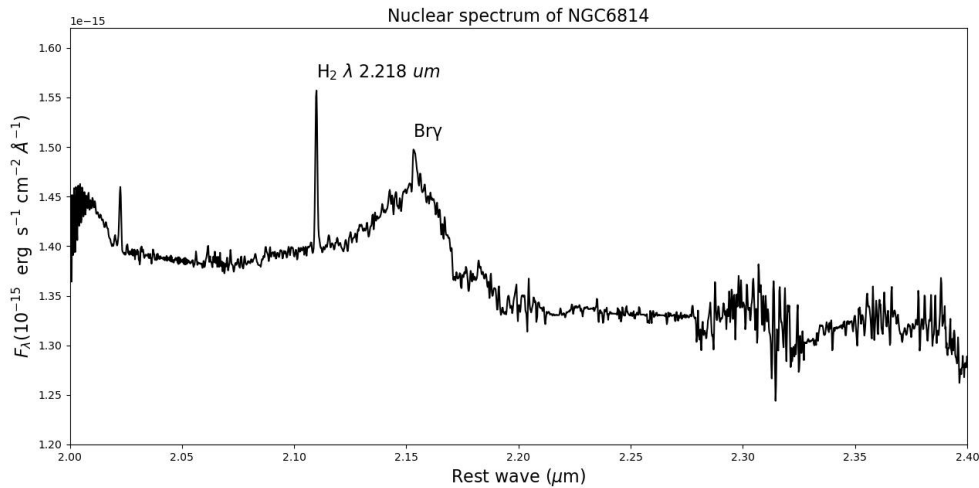
## 2 Observações, redução de dados e medidas

Neste trabalho utilizamos dados observacionais obtidos com o instrumento *Near-infrared Integral Field Spectrograph (NIFS)* instalado no telescópio *Gemini Norte*. O NIFS é uma unidade de campo integral (*IFU — Integral Field Unit*), na qual o transporte de sinal até o espectrógrafo é feito por meio de espelhos. Esse instrumento foi desenvolvido para que haja a obtenção de dados espectroscópicos com uma alta qualidade e alta resolução espacial, assim, fornecendo uma espectroscopia composta de três dimensões, duas espaciais ( $x$  e  $y$ ) e uma espectral ( $\lambda$ ). O projeto ótico do

NIFS é baseado no modelo de Content [17], onde cada imagem bidimensional é dividida em partes menores pelos espelhos e, depois, unidas lado a lado na entrada do espectrógrafo, formando uma pseudo fenda longa. Os dados são reorganizados durante o processo de redução de dados de forma a recuperar a informação espacial do objeto observado.

As observações de NGC 6814 foram realizadas como parte do projeto GN-2013B-Q-5 (Investigadora principal: M. Bentz). As observações foram realizadas na banda K, com espectros centrados em 2.2  $\mu\text{m}$  e foram realizadas 113 exposições de 120 segundos. O processo de redução de dados foi realizado com a plataforma *IRAF (Images Reduction And Analysis Facility)*, que é uma ampla coleção de softwares para uso geral de redução e análise de dados astronômicos. As etapas realizadas no processo de redução de dados foram a divisão por *flat-field*, subtração do céu, calibração em comprimento de onda, correção por distorção espacial, remoção das absorções telúricas, calibração em fluxo, a construção dos cubos de dados para cada exposição e média dos cubos individuais, resultando no cubo de dados final para a galáxia.

O cubo de dados para NGC 6814 é composto por 73x73x2048 pixels, cobrindo um campo de visão de 3x3 segundos de arco quadrado e um intervalo espectral de 2.0 a 2.4  $\mu\text{m}$ . A resolução es-



**Figura 3:** Espectro nuclear da galáxia NGC 6814 obtido para uma abertura circular com 0,25 segundos de arco de raio. Estão indicadas as linhas de emissão mais intensas:  $H_2 \lambda 2.218 \mu\text{m}$  e  $\text{Br}\gamma$ .

pacial, estimada a partir da largura a meia altura da distribuição de fluxo da componente larga da linha  $\text{Br}\gamma$  vale 0.18 segundos de arco, o que corresponde a aproximadamente 20 parsecs projetado na galáxia. A Figura 2 apresenta uma imagem em grande escala da galáxia NGC 6818, obtida do levantamento de dados Pan-STARRS [16], e uma imagem do contínuo na banda K, obtido a partir do cubo de dados do NIFS.

A Figura 3 mostra o espectro nuclear de NGC 6814, com a identificação das linhas de emissão  $H_2 \lambda 21218$  e  $\text{Br}\gamma$ , utilizadas neste trabalho. Por se tratar de uma galáxia do tipo Seyfert 1, o perfil da linha do  $\text{Br}\gamma$  apresenta claramente uma componente larga, como esperado pelo modelo unificado. Para realizar os ajustes dos perfis das linhas de emissão  $H_2 \lambda 21218$  e  $\text{Br}\gamma$ , utilizamos o pacote IFSCube, que é um pacote Python designado à análise em cubos de dados de espectroscopia de campo integral [18]. Ajustamos os perfis das linhas de emissão por funções Gaussianas utilizando a rotina *cubefit*, usando como chutes iniciais os valores observados para o núcleo. A o perfil da linha do  $H_2$  foi representado por uma curva Gaussiana, enquanto para  $\text{Br}\gamma$  foram incluídas duas funções gaussianas, uma para a componente larga e outra para a componente estreita.

O código *cubefit* fornece como resultados um cubo de dados com os parâmetros dos ajustes. Criamos diversas rotinas na linguagem Python para a elaboração dos mapas bidimensionais das propriedades físicas, os quais nos permitiram in-

vestigar a origem das linhas de emissão  $H_2 \lambda 21218$  e a  $\text{Br}\gamma$  na região central de NGC 6814. Esses mapas são apresentados na próxima seção.

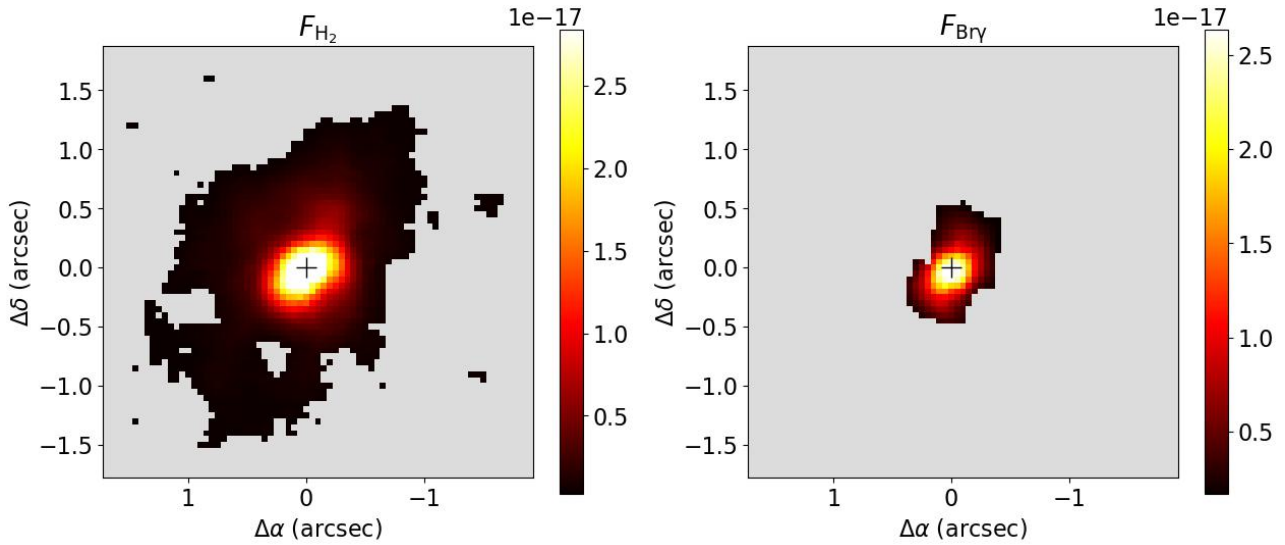
### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Mapas das propriedades físicas do gás

Na Figura 4 apresentamos os mapas de fluxos para as linhas de emissão  $H_2 \lambda 21218$  e  $\text{Br}\gamma$ . Para a linha  $\text{Br}\gamma$  usamos somente os resultados para a componente estreita, uma vez que a componente larga origina-se da região de formação de linhas largas, a qual não é resolvida espacialmente pelas observações. As regiões em cinza no mapa representam posições nas quais a linha de emissão considerada não foi detectada com uma amplitude correspondente a pelo menos 3 vezes o desvio padrão do contínuo em regiões próximas à linha. Observa-se que ambas as linhas apresentam emissão estendida, com distribuição de fluxos mais alongada na direção sudeste–noroeste. Entretanto, observa-se emissão de  $\text{Br}\gamma$  somente nos 0.5 segundos de arco centrais da galáxia, enquanto que a emissão do  $H_2$  é observada em praticamente todo o campo.

A Figura 5 mostra o mapa da razão entre as intensidades das linhas  $H_2 \lambda 21218$  e  $\text{Br}\gamma$ . Essa razão pode ser utilizada para investigar o mecanismo de excitação do  $H_2$ . Valores típicos dessa razão para regiões de formação estelar são  $H_2/\text{Br}\gamma$ , para núcleos ativos de galáxias tipicamente  $0,4 \leq H_2/\text{Br}\gamma < 6$ , enquanto que objetos



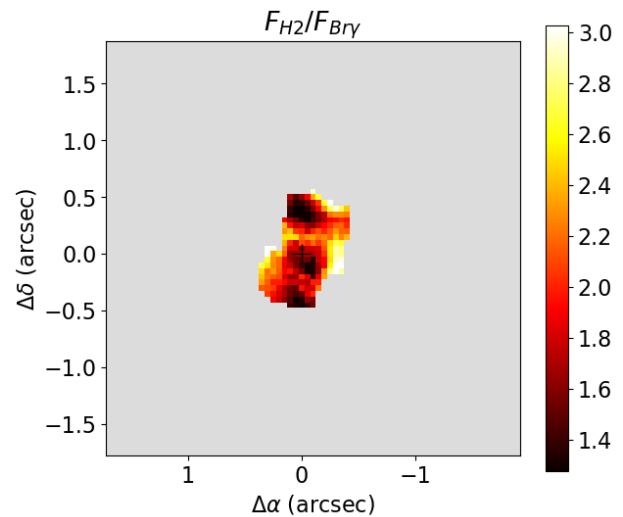


**Figura 4:** Os mapas mostram as distribuições do fluxo das linhas  $H_2 \lambda 21218$  (painel da direita) e a  $Br\gamma$  (painel da esquerda), obtidos com o uso do código IFSCUBE. As barras de cores mostram os fluxos em unidades de  $\text{ergs}^{-1} \text{cm}^{-2}$  por spaxel e o sinal de “+” no centro da imagem mostra a posição do pico da emissão contínua.

cuja emissão do  $H_2$  é produzida por choques os valores são  $H_2/Br\gamma > 6$  [19, 20]. No mapa de razão para NGC 6814, percebe-se que a maioria dos valores estão entre 0.5 e 2.5, indicando que a emissão do  $H_2$  é devida ao aquecimento do gás por raios X emitidos pelo núcleo ativo da galáxia.

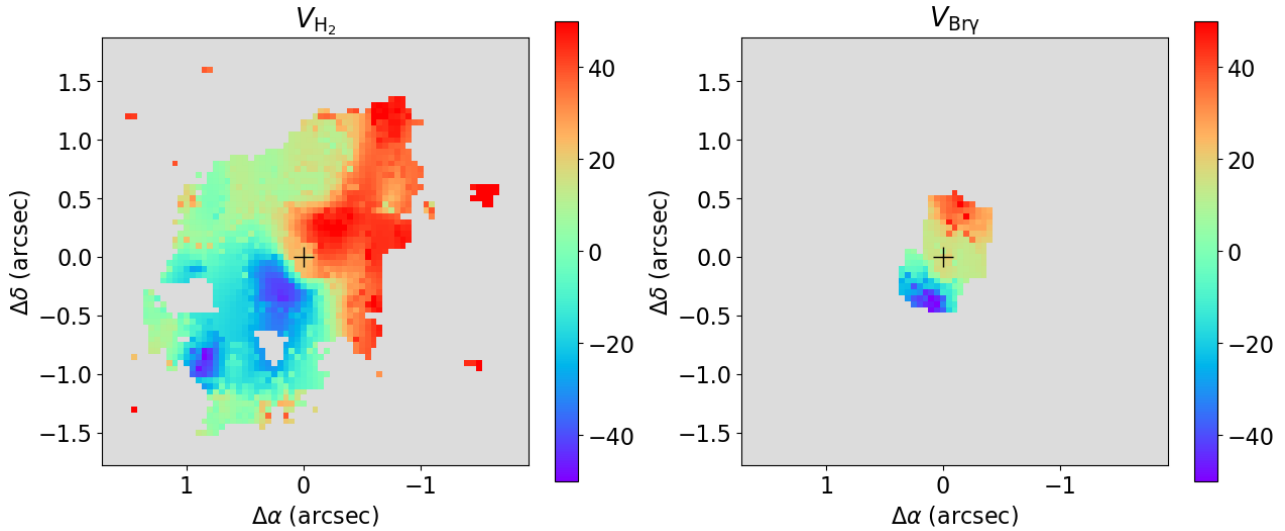
Na Figura 6 apresentamos os campos de velocidades para as linhas  $H_2\lambda 21218$  (esquerda) e a  $Br\gamma$  (direita). Ambos os mapas apresentam um padrão de rotação com velocidades negativas vistas para sudeste do núcleo e velocidades positivas observadas para noroeste. A amplitude da velocidade é de aproximadamente 30 km/s para ambas as linhas de emissão. Adicionalmente ao padrão de rotação de um disco, o campo de velocidades do  $H_2$  mostra distorções em relação à rotação pura, indicando a presença de movimentos não circulares, possivelmente associados ao núcleo ativo da galáxia.

A Figura 7 apresenta os mapas para a dispersão de velocidades do gás emissor das linhas  $H_2\lambda 21218$  (esquerda) e a  $Br\gamma$  (direita). Enquanto o  $H_2$  apresenta valores de dispersão de velocidades menores do que 80 km/s em todos os pontos, os valores para  $Br\gamma$  são maiores do que 100 km/s em todas as regiões. Os baixos valores de dispersão de velocidades do  $H_2$  são consistentes com a emissão de gás localizado no disco da galáxia, assim como o padrão de rotação observado no campo de velocidades. Entretanto, observa-se, também, que na parte central do mapa, um ligeiro au-



**Figura 5:** Mapa para a razão entre as intensidades das linhas  $H_2 \lambda 21218$  e  $Br\gamma$ . A barra de cores mostra os valores da razão e o sinal de “+” no centro da imagem mostra a posição do pico da emissão contínua.

mento da dispersão de velocidades, o qual é produzido pelo movimento do gás sujeito ao potencial gravitacional do buraco negro supermassivo central [21]. Utilizamos esse resultado para estimar a massa do buraco negro supermassivo central, na próxima seção, a qual apresenta também estimativas da massa de gás molecular quente e gás ionizado na região central da galáxia.



**Figura 6:** Campos de velocidades para o  $H_2$  (painel da esquerda) e  $Br\gamma$  (painel da direita). As barras de cores mostram velocidade em unidades de km/s em relação a velocidade sistêmica da galáxia e o sinal de “+” no centro da imagem mostra a posição do pico da emissão contínua.

### 3.2 Massas de gás molecular e ionizado e do buraco negro supermassivo

Para calcular a massa do gás molecular quente e ionizado, utilizamos os fluxos das linhas de emissão  $H_2\lambda 21218$  e  $Br\gamma$ , respectivamente. A massa de gás molecular quente pode ser calculada por:

$$M_{H_2} = 5,077 \times 10^{13} F_{H_2} d^2 \quad (1)$$

onde  $F_{H_2}$  é o fluxo da linha de emissão  $H_2\lambda 21218$  e de  $d$  é a distância até a galáxia. Integrando o fluxo da linha do  $H_2$  em todo o campo de observação obtemos  $F_{H_2} \approx 5,3 \times 10^{-15}$  ergs $^{-1}$  cm $^{-2}$  e usando a distância  $d \approx 20,1 Mpc$  para NGC 6814 disponível na base de dados *NASA/IPAC Extragalactic Database*<sup>†</sup>, obtemos uma massa de gás molecular quente de  $M_{H_2} \approx 109 M_\odot$  nos  $3 \times 3$  segundos de arco quadrado centrais de NGC 6814.

Para estimar a massa de hidrogênio ionizado utilizamos a seguinte relação

$$M_{HII} = 3 \times 10^{19} N_e^{-1} F_{Br\gamma} d^2, \quad (2)$$

onde  $F_{Br\gamma}$  é o fluxo de  $Br\gamma$ ,  $d$  é a distância até a galáxia e  $N_e$  é a densidade eletrônica. Integrando o fluxo da linha  $Br\gamma$  em todo o campo de observação obtemos  $F_{Br\gamma} \approx 1,8 \times 10^{-15}$  ergs $^{-1}$  cm $^{-2}$ , usando a  $d \approx 20,1 Mpc$  e adotando  $N_e = 500$  cm $^{-3}$ , um valor típico para núcleos ativos de galáxias [22], obtemos uma massa de gás

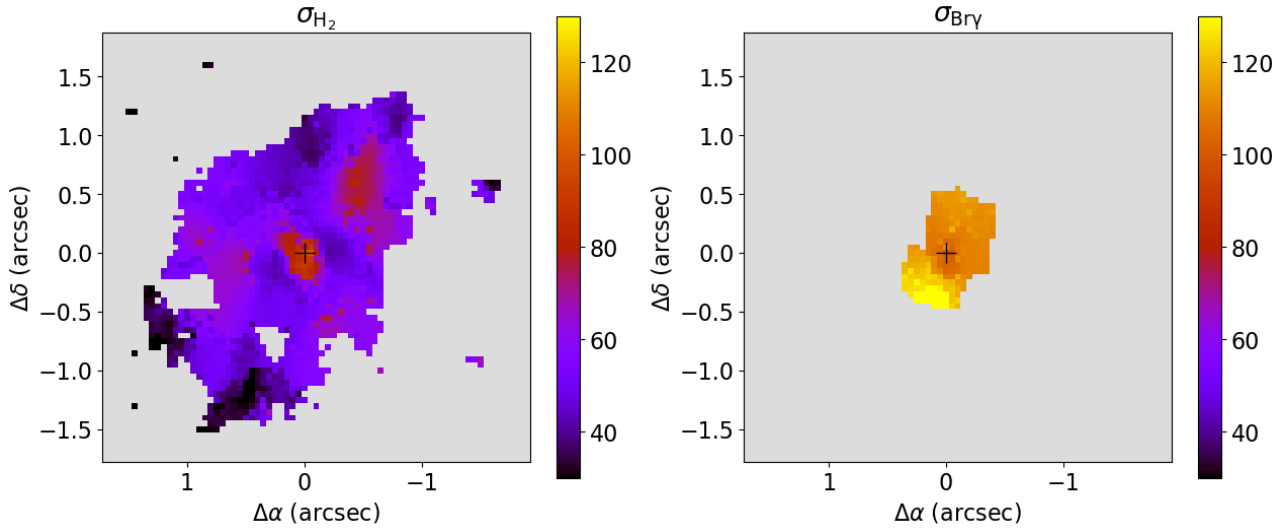
ionizado de  $M_{HII} \approx 4,4 \times 10^4 M_\odot$  na região central da galáxia. Os valores determinados para as massas de gás molecular quente e de gás ionizado são consistentes com valores tipicamente observados na região central de galáxias ativas próximas [23, 24]

A fim de estimar a massa do buraco negro supermassivo central de NGC 6814, utilizamos o Teorema de Virial. O Teorema de Virial é um teorema da mecânica clássica, o qual consiste em uma relação da energia ( $K$ ) cinética e a potencial gravitacional ( $U_g$ ), entre um sistema de partículas interagindo gravitacionalmente, dado por  $2K - U_g = 0$ . Dessa forma, obtêm-se:

$$M_{SMBH} = \frac{\sigma^2 R}{G}, \quad (3)$$

onde  $\sigma$  é a dispersão de velocidades,  $R$  é o raio de influência do buraco negro e  $G$  é a constante da gravitação universal. Interpretamos o aumento da dispersão de velocidades no núcleo da galáxia (Figura 7) como sendo produzida pelo movimento devido ao potencial gravitacional do buraco negro supermassivo. Usando o valor de  $\sigma \approx 80 \times 10^3$  m/s obtido diretamente do mapa de dispersão de velocidades do  $H_2$  da Fig. 7, e  $R = 8,8 \times 10^{17}$  m, obtido como a largura a meia altura da distribuição de dispersão de velocidades na região central da galáxia para o  $H_2$ , correspondendo a 0,3 segundos de arco. Substituindo esses valores na (3), obtemos  $M_{SMBH} \approx 4,4 \times 10^7 M_\odot$ , o qual é consistente com valores estimados previamente

<sup>†</sup>Disponível em <http://ned.ipac.caltech.edu>



**Figura 7:** Mapas de dispersão de velocidades para as linhas  $H_2\lambda 21218$  (esquerda) e a  $Br\gamma$  (direita). As barras de cores mostram a dispersão de velocidades em unidades de km/s e o sinal de “+” no centro da imagem mostra a posição do pico da emissão contínua.

utilizando diferentes técnicas [25].

#### 4 Conclusões

Nesse trabalho, utilizamos dados de espectroscopia de campo integral na banda K do infravermelho próximo para estudar a emissão e cinemática do gás molecular quente e ionizado na região central da galáxia NGC 6814. Os dados foram obtidos com o instrumento *Near-Infrared Field Spectrograph (NIFS)* instalado telescópio *Gemini* do Norte, cobrindo uma região de  $3\times 3$  segundos de arco quadrado, que corresponde a  $260\times 260$  pc<sup>2</sup> na galáxia. A resolução espacial é de cerca de 20 pc. A emissão do gás molecular quente foi estudada através da linha de emissão  $H_2 2.1218 \mu\text{m}$ , enquanto que o gás ionizado foi estudado através da linha de recombinação do hidrogênio  $Br\gamma$ . Os principais resultados deste estudo são os seguintes:

- A emissão do  $H_2$  é devida ao aquecimento do gás por raios X e é observada em praticamente todo o campo de visão do NIFS, enquanto que a emissão do  $Br\gamma$  se restringe aos 50 pc centrais.
- A partir dos fluxos das linhas de emissão estimamos as massas de gás molecular quente e de gás ionizado como sendo  $M_{H_2} \approx 109 M_\odot$  e  $M_{\text{HII}} \approx 4,4 \times 10^4 M_\odot$ , respectivamente.

- Os campos de velocidades do gás molecular e ionizados são dominados por uma componente de disco em rotação, com amplitudes de velocidade de cerca de 40 km/s, com o maior gradiente de velocidade observado na direção sudeste-noroeste.
- Os mapas de dispersão de velocidades apresentam um aumento no núcleo, o qual é atribuído a movimentos do gás devido ao potencial gravitacional do buraco negro supermassivo central. A massa do buraco negro foi estimada como sendo  $M_{\text{SMBH}} \approx 4,4 \times 10^7 M_\odot$ , consistente com valores disponíveis na literatura.

#### Agradecimentos

P.A.B. agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PIBIC-Jr) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida. R.A.R. agradece financiamento parcial pelo CNPq e Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS.

Baseado em observações obtidas com o observatório *Gemini*, o qual é operado pela Associação de Universidades para Pesquisa em Astronomia (*Association of Universities for Research in Astronomy, Inc*) sob acordo de cooperação com a NSF em nome da cooperação *Gemini* formada pela *the National Science Foundation* (Estados

Unidos), *National Research Council* (Canadá), CONICYT (Chile), *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva* (Argentina), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Brasil), e *Korea Astronomy and Space Science Institute* (República da Coreia).

### Sobre os autores

Pedro Albino Baierle ([palbinob@gmail.com](mailto:palbinob@gmail.com)) foi aluno do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PIBIC-Jr) do Conselho Nacional de Pesquisa e desenvolvimento (CNPq) no período de 01/09/2021 até 31/08/2022, egresso do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e atualmente é aluno do curso de Engenharia Elétrica da UFSM.

Rogemar André Riffel ([rogemar@ufsm.br](mailto:rogemar@ufsm.br)) é professor associado do Departamento de Física da UFSM, bolsista de produtividade do CNPq e membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências. Sócio efetivo da Sociedade Astronômica Brasileira e membro da União Astronômica Internacional (IAU).

### Referências

- [1] J. Magorrian et al., *The demography of massive dark objects in galaxy centers*, *The Astronomical Journal* **115**(6), 2285 (1998).
- [2] L. Ferrarese e D. Merritt, *A fundamental relation between supermassive black holes and their host galaxies*, *The Astrophysical Journal* **539**(1), L9 (2000).
- [3] K. Gebhardt et al., *A relationship between nuclear black hole mass and galaxy velocity dispersion*, *The Astrophysical Journal* **539**(1), L13 (2000).
- [4] T. D. Matteo, V. Springel e L. Hernquist, *Energy input from quasars regulates the growth and activity of black holes and their host galaxies*, *Nature* **433**(7026), 604 (2005).
- [5] B. M. Peterson, *An Introduction to Active Galactic Nuclei* (Cambridge University Press, 1997).
- [6] R. A. Riffel, *Mapeamento “tridimensional” do entorno dos buracos negros supermassivos em galáxias Seyfert*, Tese de Doutorado, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul (2008). Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/12441>, acesso em fev. 2023.
- [7] R. Antonucci, *Unified models for active galactic nuclei and quasars*, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **31**(1), 473 (1993).
- [8] C. M. Urry e P. Padovani, *Unified Schemes for Radio-Loud Active Galactic Nuclei*, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **107**(107), 803 (1995).
- [9] R. S. Nemmen et al., *Models for jet power in elliptical galaxies: a case for rapidly spinning black holes*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **377**(4), 1652 (2007).
- [10] C. M. Harrison et al., *AGN outflows and feedback twenty years on*, *Nature Astronomy* **2**(3), 198 (2018).
- [11] M. G. Henning, *Formação estelar e emissão de poeira em núcleos ativos de galáxias*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria (2018). Disponível em <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/16727>, acesso em fev. 2023.
- [12] H. A. Flewelling et al., *The Pan-STARRS1 database and data products*, *The Astrophysical Journal Supplement Series* **251**(1), 7 (2020).
- [13] M. P. Véron-Cetty e P. Véron, *A catalogue of quasars and active nuclei: 12th edition*, *Astronomy & Astrophysics* **455**(2), 773 (2006).
- [14] W. Huchtmeier e J. Seiradakis, *H I observations of galaxies in nearby groups*, *Astronomy and Astrophysics* (143), 216 (1985). Disponível em <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1985A&A...143..216H>, acesso em fev. 2023.
- [15] M. C. Bentz e S. Katz, *The AGN black hole mass database*, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **127**(947), 67 (2015).



- [16] E. Manne-Nicholas, *Determining the mass of the supermassive black hole in NGC 6814*, Tese de Doutorado, Georgia State University (2017).
- [17] R. Content, *New design for integral field spectroscopy with 8-m telescope*, in *SPIE Proceedings*, editado por A. L. Ardeberg (SPIE, 1997), 1295–1305.
- [18] D. Ruschel-Dutra et al., *AGNIFS survey of local AGN: GMOS-IFU data and outflows in 30 sources*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **507**(1), 74 (2021). [ArXiv:2107.07635](https://arxiv.org/abs/2107.07635).
- [19] M. R. Diniz, *Cinemática bidimensional da região central das galáxias Seyfert NGC 1068 e NGC 2110*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal De Santa Maria (2013). Disponível em <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/9236>, acesso em fev. 2023.
- [20] A. J. Schonell, *A distribuição e cinemática do gás em MRK766 vistas em detalhes a partir de observações no infravermelho*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria (2013). Disponível em <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/9234>, acesso em fev. 2023.
- [21] R. A. Riffel et al., *Ionized and hot molecular outflows in the inner 500 pc of ngc1275*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **496**(4), 4857 (2020). [ArXiv:2006.15198](https://arxiv.org/abs/2006.15198).
- [22] I. C. F. Santos, *A emissão do gás da região de linhas estreitas em galáxias seyfert*, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria (2017). Disponível em <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/14629>, acesso em fev. 2023.
- [23] R. A. Riffel et al., *The AGNIFS survey: distribution and excitation of the hot molecular and ionised gas in the inner kpc of nearby AGN hosts*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **504**(3), 3265 (2021). [ArXiv:2104.03105](https://arxiv.org/abs/2104.03105).
- [24] R. A. Riffel et al., *Gemini NIFS survey of feeding and feedback processes in nearby Active Galaxies: II -The sample and surface mass density profiles*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **474**(1), 1373 (2017). [ArXiv:1711.00337](https://arxiv.org/abs/1711.00337).
- [25] M. C. Bentz et al., *The lick AGN monitoring project: Broad-line region radii and black hole masses from reverberation mapping of Hbeta*, *The Astrophysical Journal* **705**(1), 199 (2009). [ArXiv:0908.0003](https://arxiv.org/abs/0908.0003).