

# Projeto Módulo 2 - Criando Sigma Image e Tratando imagem

Aluna: Yasmin Cavalcante Ferreira Coelho

## 1 Objetivo

A partir do que foi estudado no módulo 2 e dos dados que utilizo em minha Iniciação Científica, irei criar uma Sigma Image para uma galáxia, e além disso, irei tratar a imagem dessa galáxia subtraindo o céu e substituindo os valores NaN's (Not-a-Number value) por um valor constante.

O exemplo será feito com a galáxia NGC3380 na banda de  $4.5 \mu m$ .

### 1.1 Dados que utilizo - levantamento $S^4G$

O levantamento do  $S^4G$  (Sheth et al. 2010) é composto por mais de 2300 galáxias do universo local (até 40Mpc) imageadas pelo instrumento IRAC (Infrared Array Camera) do telescópio Spitzer em duas bandas do infravermelho médio,  $3.6$  e  $4.5 \mu m$ . Essas galáxias são grandes ( $> 1'$ ), brilhantes ( $m_B < 15.5$ ) e estão afastadas do plano Galáctico.

Nesse Projeto iremos utilizar imagens do pipeline 1 (P1 – Sheth et al. 2010) e com fins de comparação, algumas imagens do pipeline 4 (P4 – Salo et al. 2015).

As imagens para todas as galáxias estão disponíveis em:

<https://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/S4G/galaxies/>

Será necessário:

- Em  $4.5\mu m$ : Imagem da galáxia (P1); weight image (P1).
- Em  $3.6\mu m$  (apenas para fins comparativos): Imagem da galáxia (P1); Imagem da galáxia "nonan" (P4); sigma image (P4).

## 2 Motivação

A decomposição das galáxias na banda de  $3.6\mu m$  está pronta e disponível (Salo et al. 2015), no entanto não temos essa decomposição na banda de  $4.5\mu m$ . Nosso objetivo é estudar a destribuição de massa, para isso podemos utilizar a equação:

$$M_* = 10^{5.65} F_{3.6}^{2.85} F_{4.5}^{-1.85} \frac{D}{0.05}^2 \quad (\text{Eskew et al. 2012})$$

Podemos utilizar essa equação para a galáxia como um todo (e assim achar a massa da galáxia) ou para o fluxo das componentes (achando a massa contida naquela componente). Como não possuímos a decomposição na banda de  $4.5\mu m$ , o fluxo nessa banda para as componentes foi estimado, considerando que as decomposições sejam equivalentes (se o disco representa 87% do modelo na banda de  $3.6\mu m$ , ele representaria aproximadamente 87% do disco na banda  $4.5\mu m$ ). Como conhecemos o fluxo total da galáxia em ambas bandas, fizemos uma primeira aproximação para a massa das componentes em 363 galáxias barradas.

Estamos trabalhando agora na decomposição multi-banda para galáxias do  $S^4G$ . Utilizando GALFITM (ferramenta parecida com GALFIT, mas permite fazer a decomposição em mais de uma banda) iremos fazer a decomposição nas bandas de 3.6 e  $4.5\mu m$  simultaneamente.

Para realizar a decomposição precisamos de 4 imagens: a imagem da galáxia, a máscara (que remove objetos que não pertencem a galáxia), sua sigma image e uma psf para a banda.

Temos disponíveis as imagens FITS em ambas bandas, sendo que as imagens na banda de  $3.6\mu m$  estão prontas (na pasta P4), no entanto, para a banda de  $4.5\mu m$  temos apenas a imagem da galáxia e sua máscara (imagens do P1).

Para um primeiro teste, fiz uma Sigma image para  $4.5\mu m$  simplesmente tirando a raiz quadrada de cada pixel e utilizei a mesma psf para ambas bandas. Com isso consegui gerar a decomposição, no entanto é necessário melhorar as imagens para a banda de  $4.5\mu m$  (os valores da sigma image eram muito altos se comparados aos valores de  $3.6\mu m$ ).

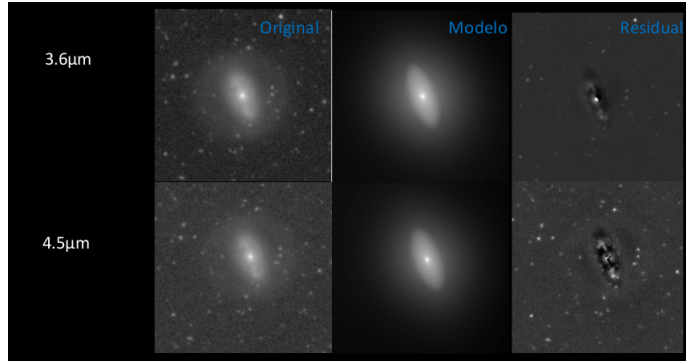


Figure 1: Decomposição multi-banda ( $3.6$  e  $4.5\mu m$ ) para a galáxia NGC3380 utilizando GALFITM.

Para aprender a fazer a decomposição comecei por uma galáxia de exemplo, NGC3380. Essa galáxia possui 4 componentes na banda de  $3.6\mu m$ , sendo elas:

disco, barra, bojo e fonte pontual.

O teste feito foi útil para aprender a utilizar a ferramenta, mas como queremos os valores dos fluxos das componentes na banda  $4.5\mu m$  para refinar nossa análise, precisamos fazer a decomposição de forma rigorosa. Por isso, irei fazer a Sigma Image para banda de  $4.5\mu m$  seguindo os passos do que foram feitos para a Sigma Image de  $3.6\mu m$ .

### 3 Metodologia

Nesse projeto irei fazer uma Sigma Image na banda de  $4.5\mu m$  seguindo a metodologia que foi usada para fazer a Sigma Image para galáxias em  $3.6\mu m$  (Salo et al. 2015).

A explicação detalhada de como foi feito para  $3.6\mu m$  está no artigo citado:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015ApJS..219....4S/abstract>

Basicamente iremos seguir 3 passos: calcular o número de elétrons associados a cada pixel; calcula o sigma desse número; calcular o sigma do fluxo.

Iremos usar duas imagens para cada galáxia: imagem da galáxia vinda do P1 e weight image. As imagens estão disponíveis no link abaixo, dentro da pasta "P1" da galáxia escolhida:

<https://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/S4G/galaxies/> obs: Esse link já foi mencionado. Ele está novamente aqui para não ser necessário voltar no texto caso queira olhar o link.

As imagens vindas do P1 estão em fluxo ( $\text{MJy sr}^{-1}$ ). As weight images contem informações sobre os pixels e o número original de frames. Também iremos utilizar informações do header para fazer as operações.

Além da Sigma Image para a galáxia NGC3380 na banda de  $4.5\mu m$ , irei tratar a imagem da galáxia, que é essa vinda do P1 com valores de fluxo. Simplesmente irei analisar a imagem e subtrair o céu presente nela. Além disso, irei substituir os valores "NaNs" por um número constante. O motivo desse último passo é seguir os passos que foram feitos em  $3.6\mu m$  (Salo et al. 2015). GALFIT pode dar problema com números "NaNs" na imagem, mas na hora de fazer a decomposição, ele pega apenas os pixels dentro de um quadro pré determinado no documento de input (ex: 100 x 100 pixels) que englobaria a galáxia, então o valor constante adicionado não irá afetar a decomposição mas vai evitar um possível erro de leitura.

O passo-a-passo de como foi feito o projeto está disponível no jupyter notebook.

## 4 Referências

- Eskew et al. 2012 – <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012AJ....143..139E/abstract>;
- Salo et al. 2015 – <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015ApJS..219...4S/abstract>;
- Sheth, et al. 2010 – <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010PASP..122.1397S/abstract>;
- Peng et al. 2002, 2010 – (Manual GALFIT) <https://users.obs.carnegiescience.edu/peng/work/galfit/README.pdf>.
- Sobre GALFITM – <https://www.nottingham.ac.uk/astronomy/megamorph/>.