

## Mapa de Massa de aglomerados de galáxia por lenteamento fraco.

Juliana R. Camacho \*

### Resumo

Lenteamento gravitacional fraco é uma poderosa ferramenta em cosmologia observacional. De acordo com a teoria da relatividade geral, corpos massivos defletem a luz de forma semelhante a lentes convexas, gerando distorções nas imagens observadas de objetos distantes. Medidas estatísticas destas distorções permitem quantificar as estruturas cósmicas em várias escalas e, conseqüentemente, mapear a distribuição de matéria visível e matéria escura no nosso universo.

### Palavras-chave:

Lenteamento gravitacional fraco, mapa de massa, cosmologia.

### Introdução

Em 1915 Einstein postulou a teoria da relatividade geral, em que a gravidade é interpretada como a curvatura do espaço-tempo causada pela matéria. Assim, a luz sofre uma deflexão ao passar perto de um objeto massivo, causando distorções nas imagens de uma fonte. Chamamos esse efeito de lenteamento gravitacional, que pode ser forte ou fraco. O lenteamento fraco, utilizado neste trabalho, ocorre para um grande número de galáxias. No entanto, a deformação causada nas imagens é sutil, da ordem de 2%.<sup>1</sup>

Nosso objetivo é fazer uma revisão da técnica de lentes gravitacionais fracas.

### Resultados e Discussão

Pode-se mapear a distribuição de massa da matéria escura e luminosa do Universo por lenteamento fraco utilizando catálogos com medidas das elipsidades das galáxias para mensurar, estatisticamente, o cisalhamento (distorção na forma da imagem) e, então, relacioná-lo com a convergência.<sup>2</sup>

O cisalhamento é definido como:

$$\gamma = \gamma_1 + i\gamma_2 = \frac{1}{2}(\psi_{11} - \psi_{22}) + i\psi_{12}, \quad (1)$$

onde  $\psi_{ij}$  é a derivada parcial segunda do potencial gravitacional da lente com respeito à coordenada angular. E o potencial da lente é a projeção do potencial gravitacional da fonte no plano da lente.

A convergência é definida como a densidade de massa superficial dividida pela densidade crítica, e contém aproximadamente toda a informação da distribuição da massa. Também pode ser descrita em função do potencial, da forma:

$$\kappa = \frac{1}{2}\nabla^2\psi = \frac{1}{2}(\psi_{11} + \psi_{22}) \quad (2)$$

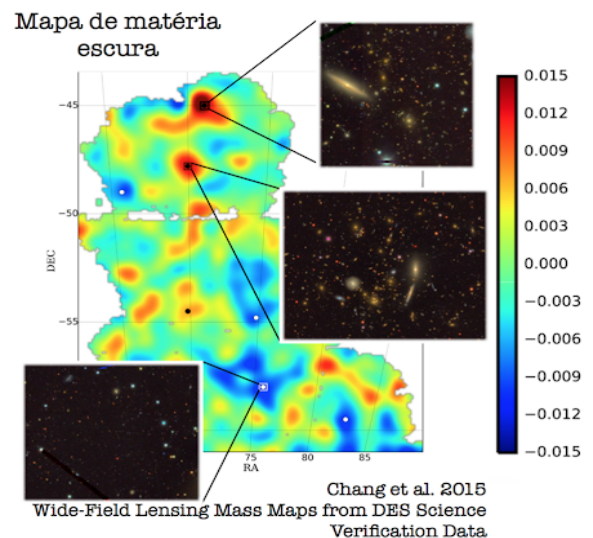
As transformadas de Fourier da convergência e do cisalhamento representadas por  $\hat{\kappa}$  e  $\hat{\gamma}$  respectivamente, possuem uma simples relação,<sup>3</sup> que é usada para construir o mapa da distribuição de densidade superficial de massa, denotada por

$$\hat{\kappa}_l = D_l\hat{\gamma}(l). \quad (3)$$

$$D_l = \frac{l_1^2 - l_2^2 + 2il_1l_2}{|l|^2} \quad (4)$$

onde  $l_i$  são componentes de número de onda angular.

O passo seguinte deste trabalho é aplicar esta técnica para obter massas de aglomerados de galáxias observados pelo DES, como mostra a Fig.1.



**Figura 1.** Mapa de matéria escura construído usando galáxias observadas pelo DES. As regiões mais vermelhas caracterizam densidades maiores de matéria escura, enquanto as regiões azuis caracterizam menores<sup>3</sup>.

### Conclusão

O uso das técnicas de lenteamento fraco para mapear massa se mostra uma boa forma de identificar superaglomerados e vazios cósmico e também de restringir a natureza da matéria escura, além de ser uma ferramenta muito útil para o estudo de cosmologia. No futuro estimaremos massas de aglomerados de galáxias observados pelo experimento Dark Energy Survey usando esta técnica.

<sup>1</sup> S. Dodelson. Gravitational Lensing. Cambridge University Press. 2017.

<sup>2</sup> Kaiser e Squires. Mapping the dark matter with weak gravitational lensing. *Astroph. Journal*, 1993, 404: 441-450.

<sup>3</sup> Chang, C. et al, 2015. Wide-Field Lensing Mass Maps from Dark Energy Survey Science Verification Data. *Phys. Rev. Lett.* 2015, 115, 051301.