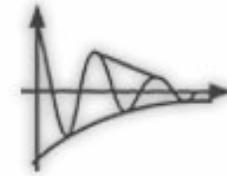




VI Escola do CBPF

Rio de Janeiro, 17 a 28 de julho de 2006



Parte V

O Universo Muito Perturbado

Evolução Não Linear

- Antes da recombinação:

- q Radiação e matéria acoplados

- q $\frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \approx 10^{-4}$

- Hoje:

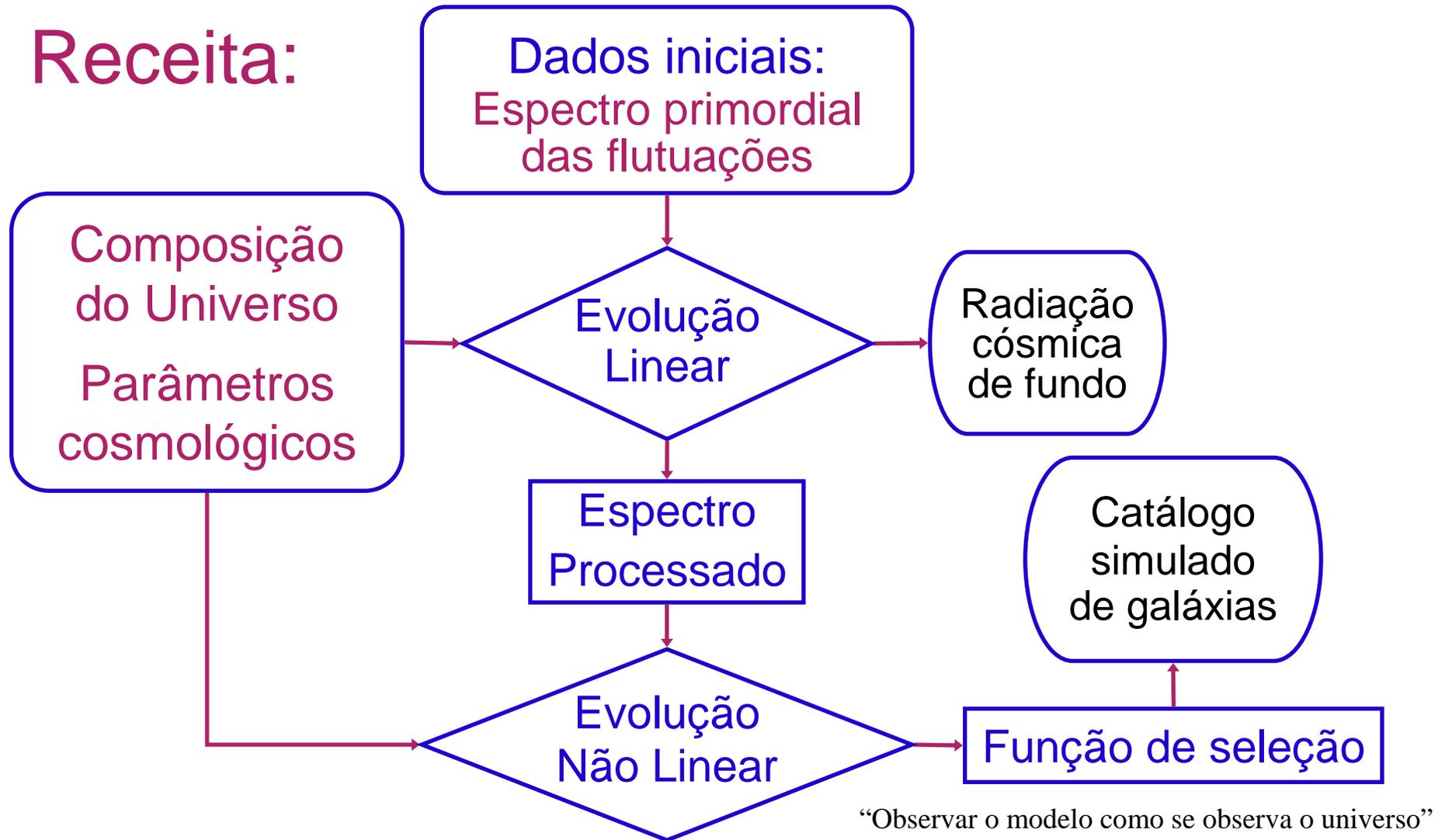
- q Radiação e matéria desacoplados

- q $\frac{\Delta\rho_{Gal}}{\bar{\rho}} \approx 10^6$

⇒ **Necessidade de estudar o regime não-linear**

Como Gerar um Catálogo de Galáxias?

Receita:



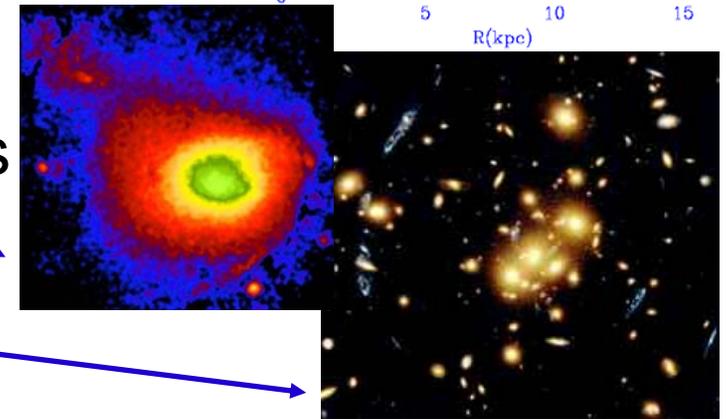
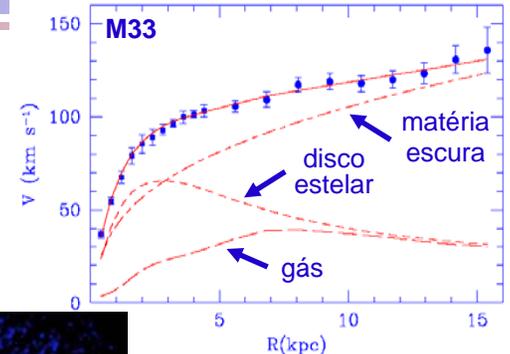
Composição do Universo

Bárions: $\Omega_b \approx 0.04$

Neutrinos: $\Omega_\nu < 0.03$

Matéria Escura: $\Omega_m \approx 0.3$

- Curvas da rotação de galáxias
- Emissão de raios x em aglomerados
- Movimentos em grande escala...
- Lentes gravitacionais



Energia Escura $\Omega_\Lambda \approx 0.7$

- Expansão acelerada de galáxias distantes
- Idade do Universo
- Pequena curvatura...

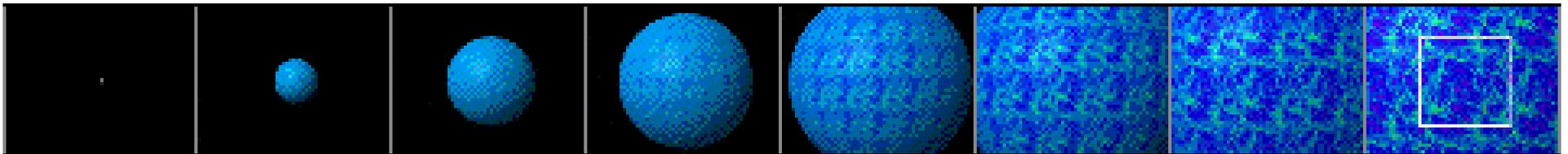
$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}(\rho + 3P)$$

$$0.99 < \Omega_{tot} < 1.03$$

Simulações Computacionais

- Universo bidimensional fechado, representado pela superfície de uma esfera em expansão

Simula-se uma porção “apreciável” do Universo, e utiliza-se condições de contorno periódicas.



Receita: composição do universo + condições iniciais

↓ (dinâmica: evolução temporal)

Catálogo simulado

Simulações Computacionais

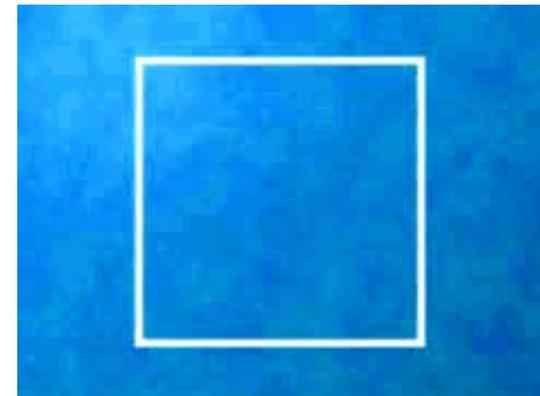
- Cosmologia newtoniana:

$$\left. \begin{aligned} \nabla^2 \phi &= 4\pi G \bar{\rho} \delta \\ \frac{d^2 \vec{x}}{d\tau^2} &= -a^2 \left(\vec{\nabla} \phi + \cancel{\frac{\vec{\nabla} \rho}{\rho}} \right) \end{aligned} \right\} \rightarrow N - \text{corpos}$$

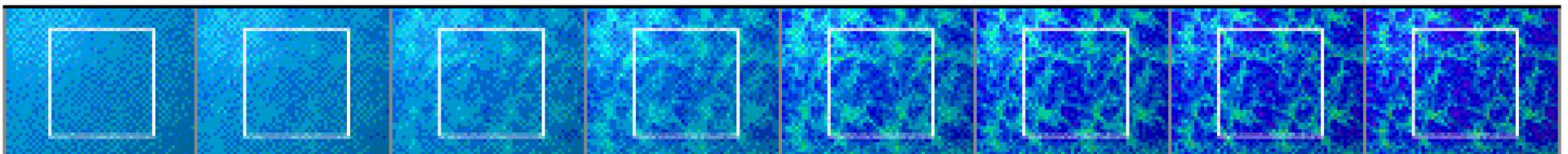
- Coordenadas comóveis (acompanham a expansão média):

$$\vec{x} = \vec{r} / a(t)$$

As pequenas flutuações iniciais crescem e se agrupam em grandes estruturas.

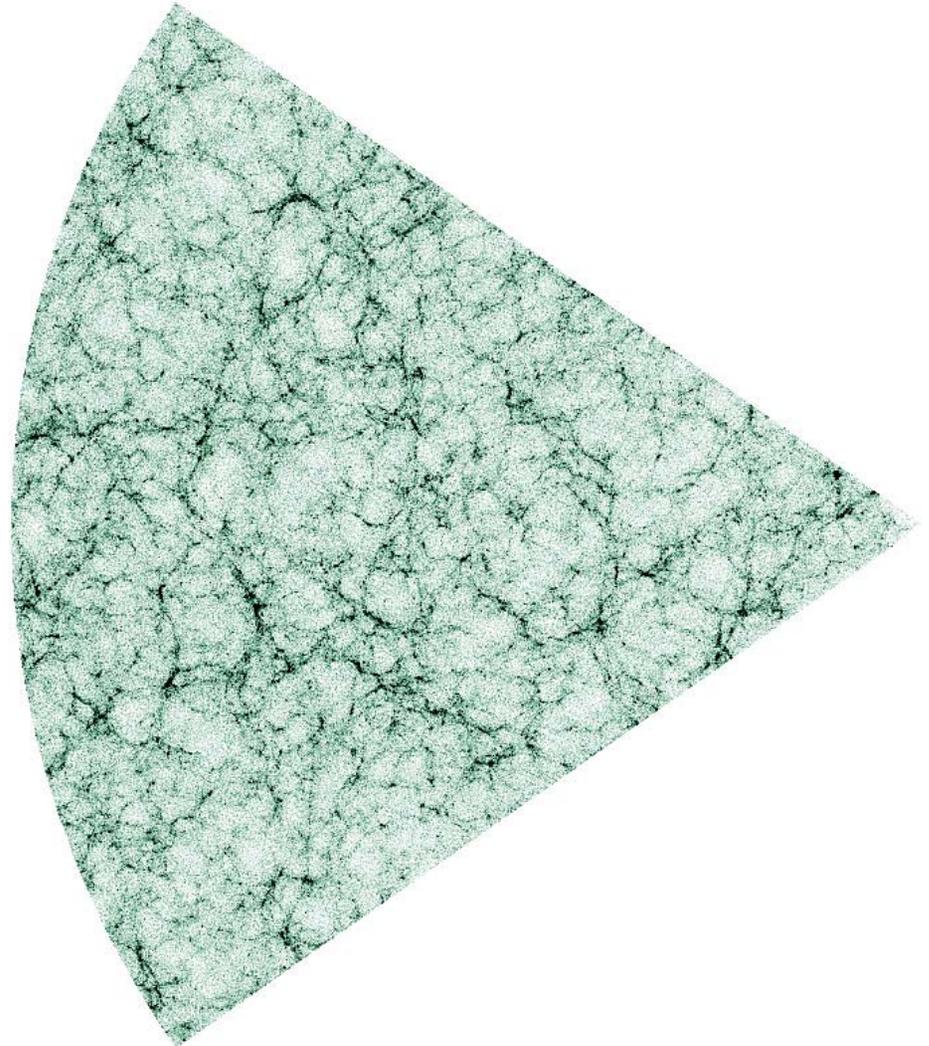


Grand Challenge Cosmology Consortium

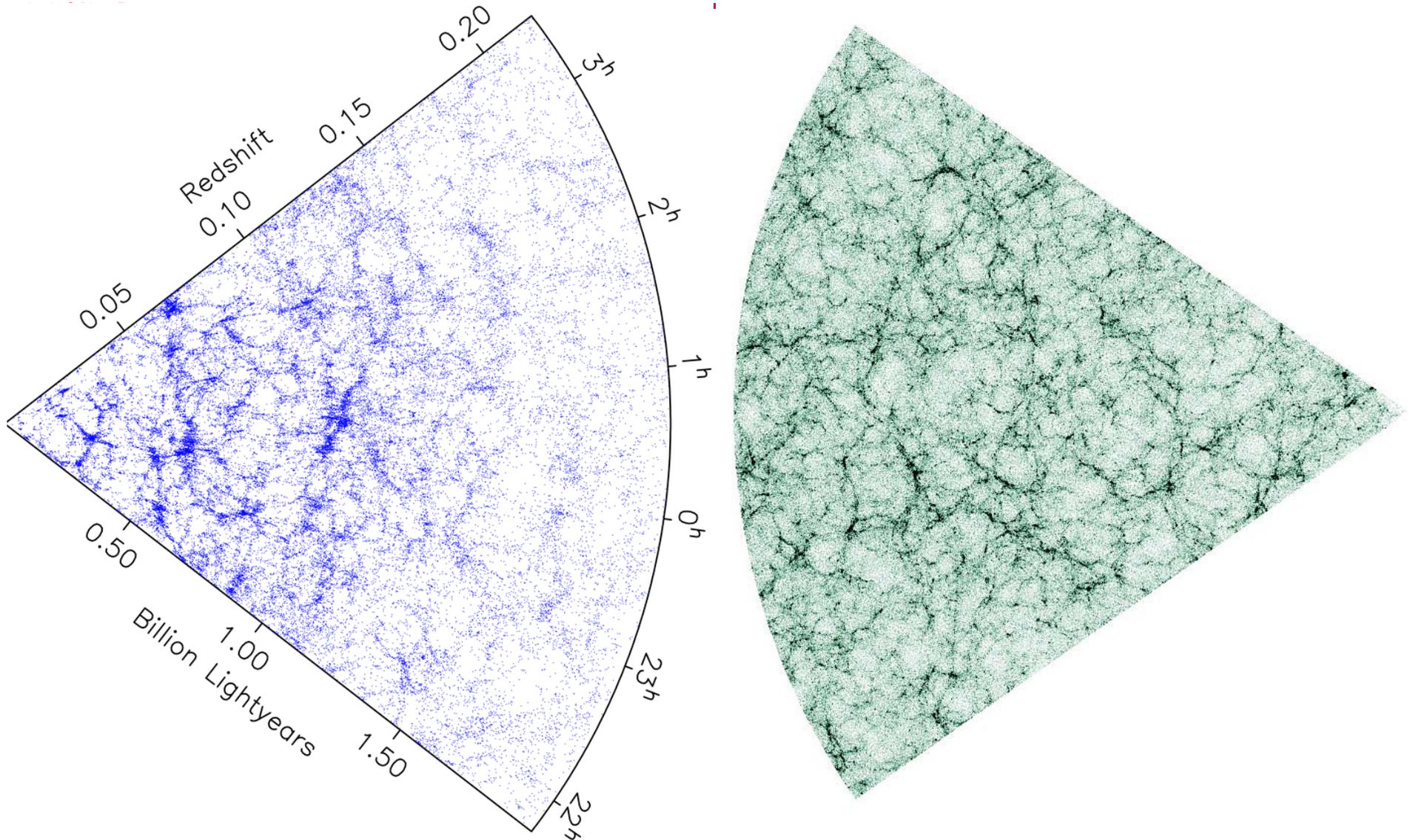


Resultados de Simulações

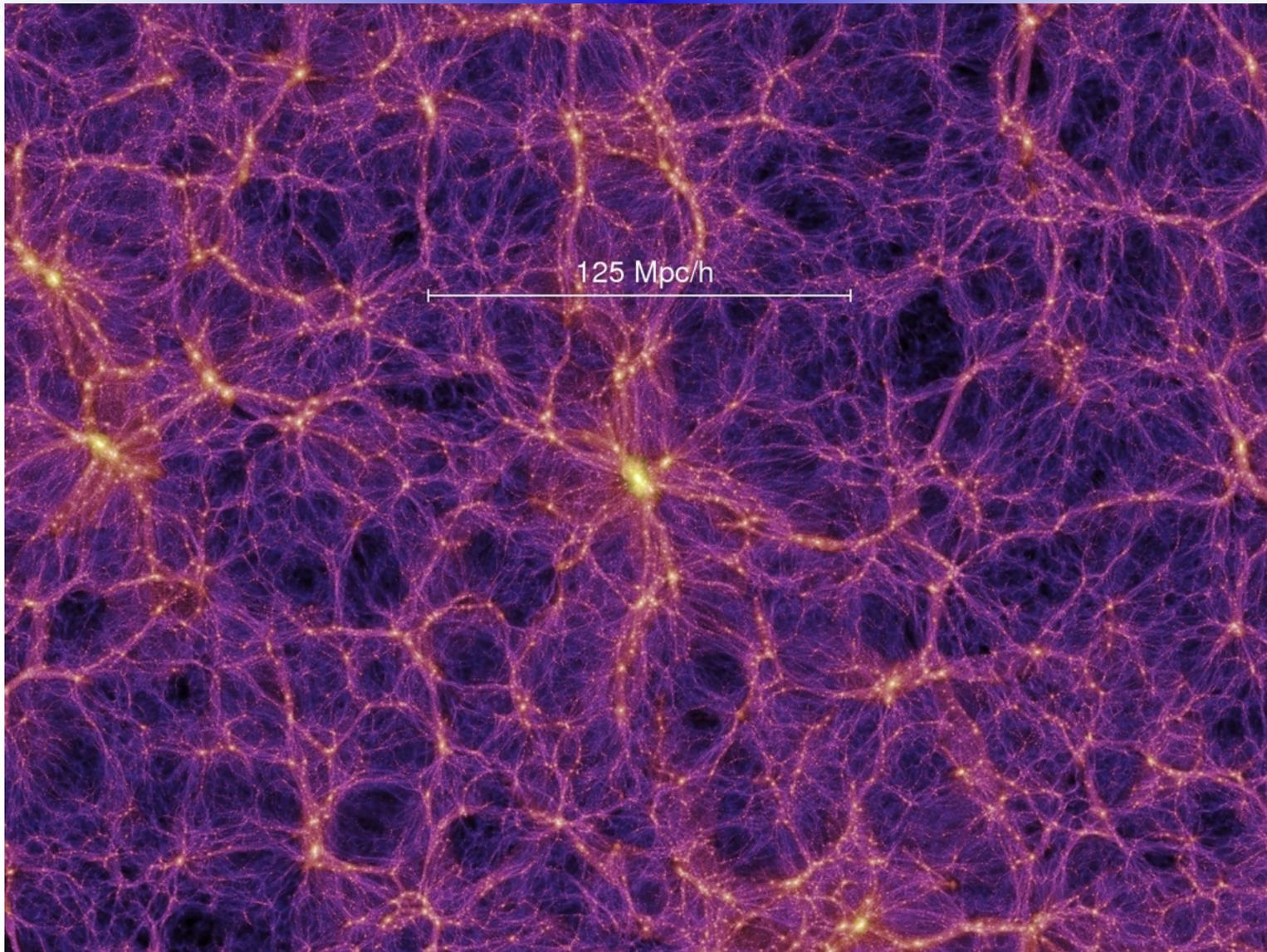
- Simulações do *Hubble Volume*. Área similar à do SDSS 10^6 “partículas”
- 500 Gb de dados
- O modelo de matéria escura fria e energia escura reproduz satisfatoriamente a maioria das propriedades do nosso universo



Resultados de Simulações



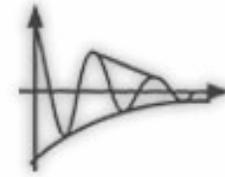
A Simulação do Milênio





VI Escola do CBPF

Rio de Janeiro, 17 a 28 de julho de 2006



Parte VI

Incógnitas e Perspectivas

O Universo Conhecido

Hoje medimos com grande precisão:

- A Expansão do Universo
- A Radiação Cósmica de Fundo
- A Abundância de Elementos Leves
- A Curvatura do Universo
- Movimentos no Cosmos
- Distribuição de Matéria

Com

Todos os comprimentos de onda

Lentes gravitacionais

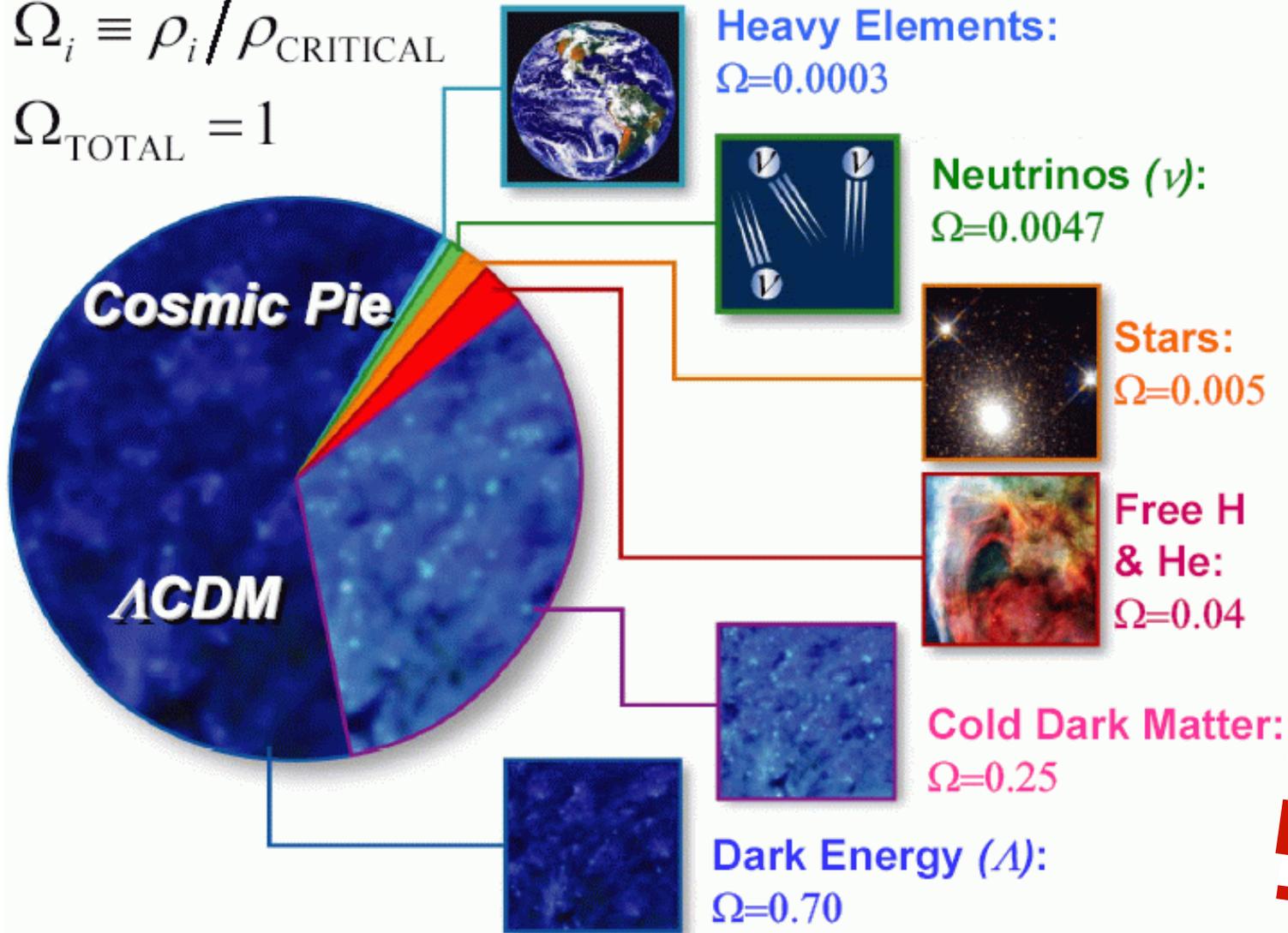
Diversos “objetos”: RCF, galáxias, quasares, gás, aglomerados...

Alguns probleminhas...

Ignorância Cósmica

$$\Omega_i \equiv \rho_i / \rho_{\text{CRITICAL}}$$

$$\Omega_{\text{TOTAL}} = 1$$



Não sabemos o que compõe 95% da densidade de energia do universo!

Outros Mistérios

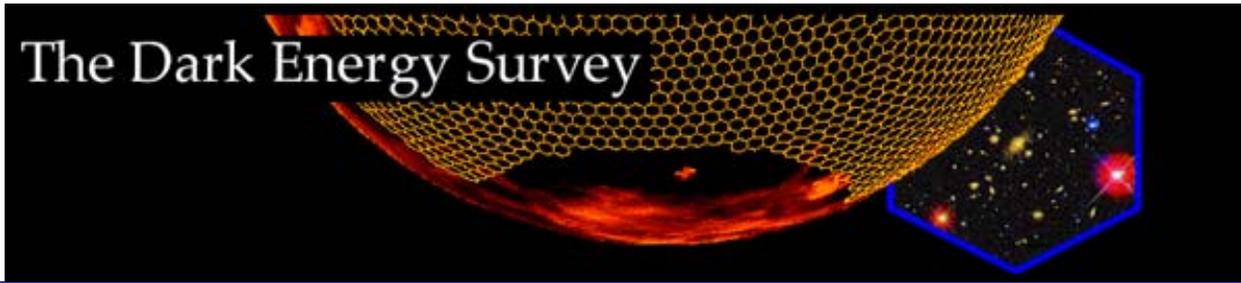
- Porquê há mais matéria do que anti-matéria?
- Quais são os fenômenos físicos no universo primordial?
- De onde vem e o que são os pulsos de raios gama?
- Como se formam as galáxias? (Quasares, AGN e buracos negros)

Problemas?

- Incógnitas e problemas fundamentais em aberto:
 - q **Pequenas escalas**
 - Satélites
 - Halos pontiagudos (*cuspy*)
 - Buracos negros supermassivos?
 - q **Grandes escalas**
 - Baixos multipolos da radiação cósmica de fundo
 - Anisotropia dos raios cósmicos?
 - q **Não sabemos o que compõe 96% da densidade do Universo → “Novo éter”?**



DARK ENERGY
SURVEY



DARK ENERGY
Survey

O Dark Energy Survey

no Brasil



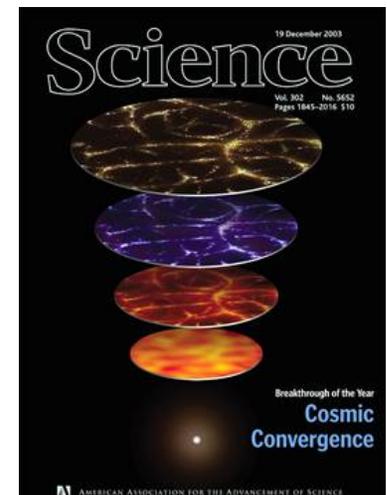
DARK ENERGY
SURVEY

Uma Grande Questão

- O que é a Energia Escura?
 - q 2/3 do universo
 - q Problemas teóricos fundamentais
- Abordagem fenomenológica:
 - q Procurar efeitos observáveis da energia escura
 - q Limitar o seu comportamento

$$w = \frac{P}{\rho}$$

$$\Lambda \Rightarrow w = -1, \quad w = \text{const.}$$

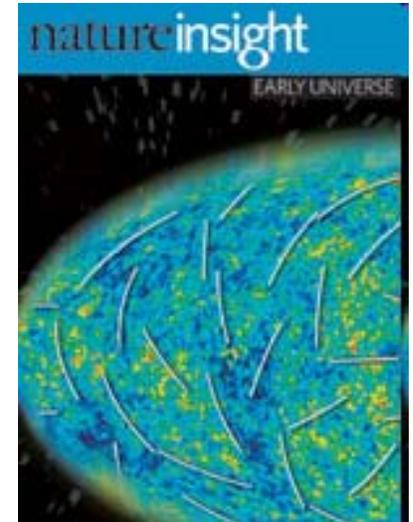


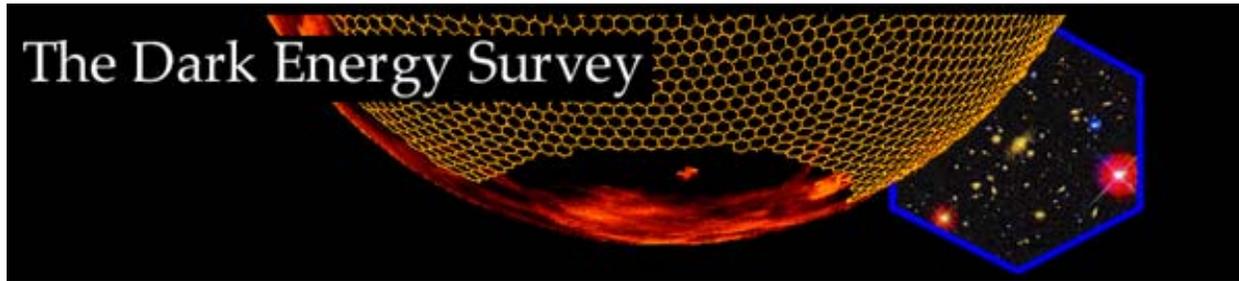


DARK ENERGY
SURVEY

Cosmologia

- O que é a Energia Escura?
 - q 2/3 do universo
 - q Problemas teóricos fundamentais
- Também
 - q Estrutura em grande escala
 - q Massa do neutrino
 - q Matéria escura
 - q Estrutura e formação de aglomerados
 - q Evolução galáctica
 - q Etc.



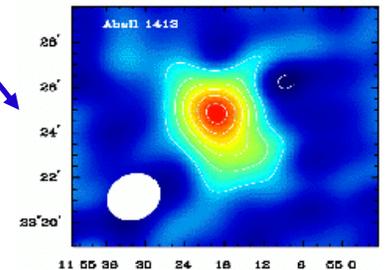


Procurando as marcas da Energia Escura

Os Observáveis

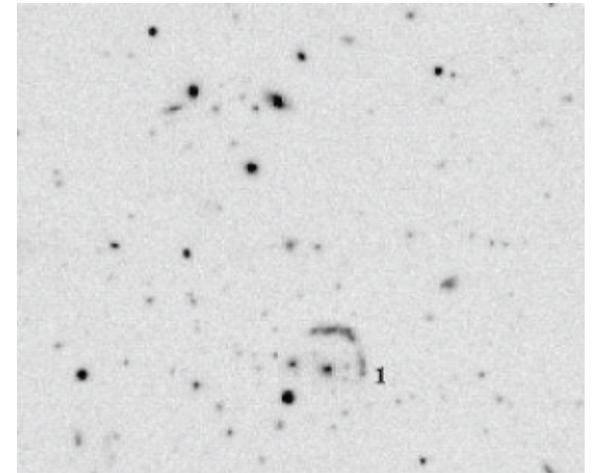
Medidas da Energia Escura com o DES

- Realizar medidas complementares e de precisão dos efeitos da energia escura
- “Novos métodos”
 - Contagem de aglomerados de galáxias
 - 20,000 aglomerados até $z = 1$ com $M > 2 \times 10^{14} M_{\odot}$
 - 200,000 grupos e aglomerados
 - Efeito fraco de lentes gravitacionais
 - 300 milhões de galáxias com medida da forma
 - Distribuição espacial de galáxias
 - 300 milhões de galáxias
- Medida “padrão da energia escura”
 - Distâncias de supernovas do tipo Ia
 - 1900 supernovas até $0.25 < z < 0.75$
 - Imagens repetidas de 40 graus^2
 - Curvas de luz precisas

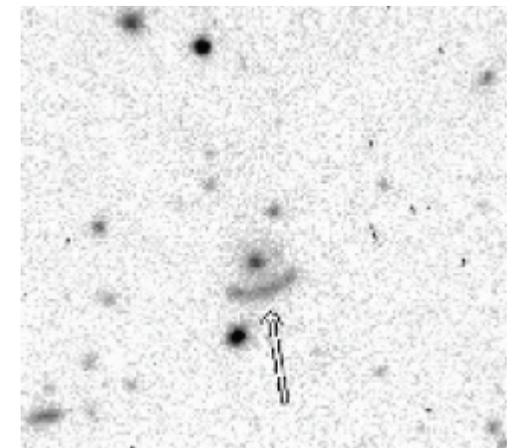


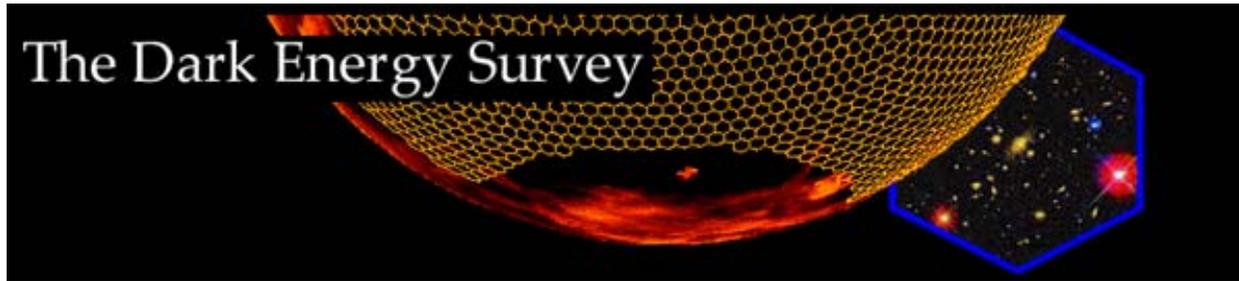
Outros Projetos

- Exemplo: arcos gravitacionais
 - q Sensível à energia escura
 - q Estrutura dos aglomerados, evolução
 - q Previsões para o DES
 - q Melhorar modelos e observações!
 - q Dados do EMSS, HST, SDSS coadd...



Arcos no RCS





O Instrumento

deCam



Telescópio Blanco

Telescópio
de 4m no
CTIO

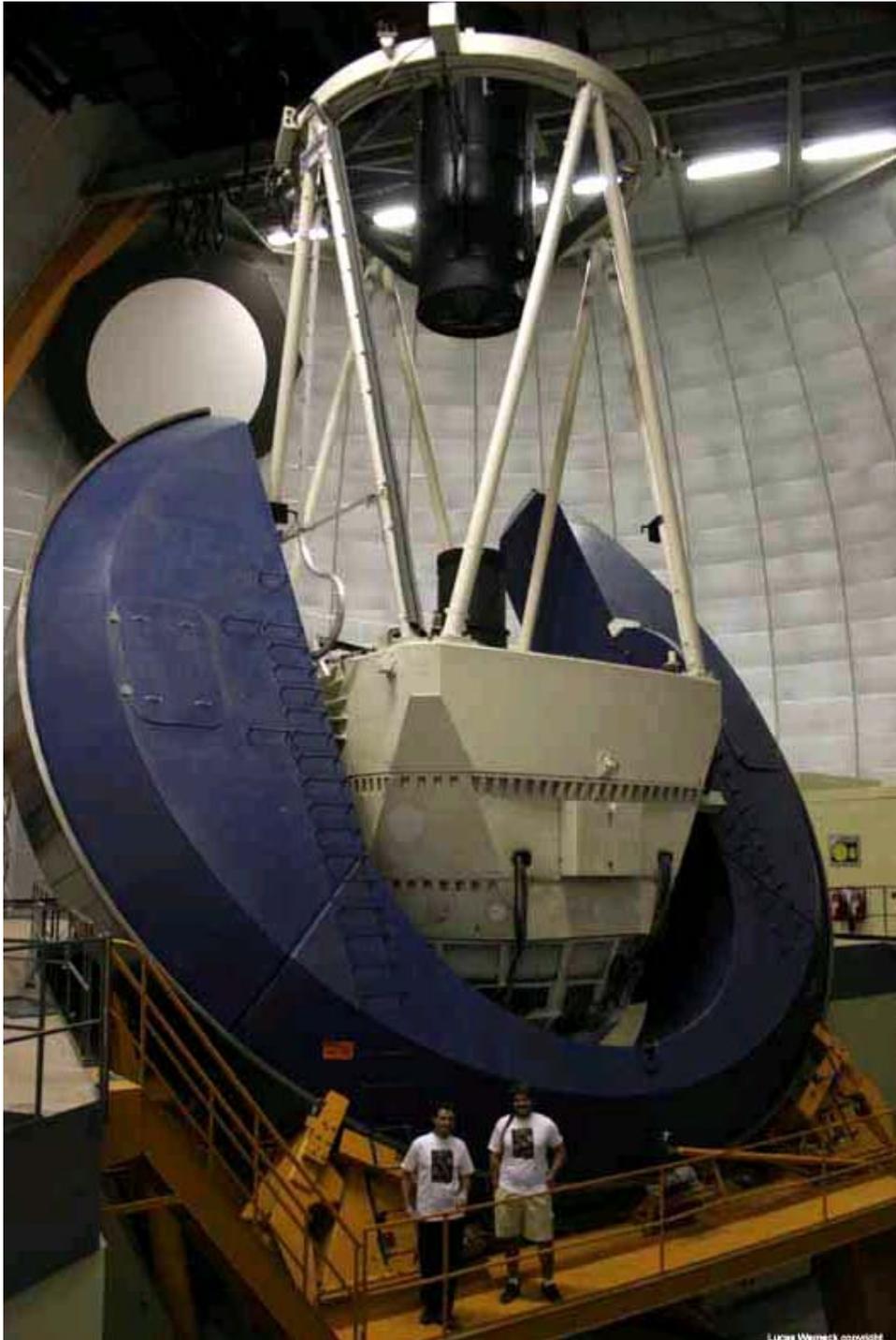


Tim Abbott, CTIO

CTIO opera:

SOAR: campo pequeno (Brasil = 33% do tempo)

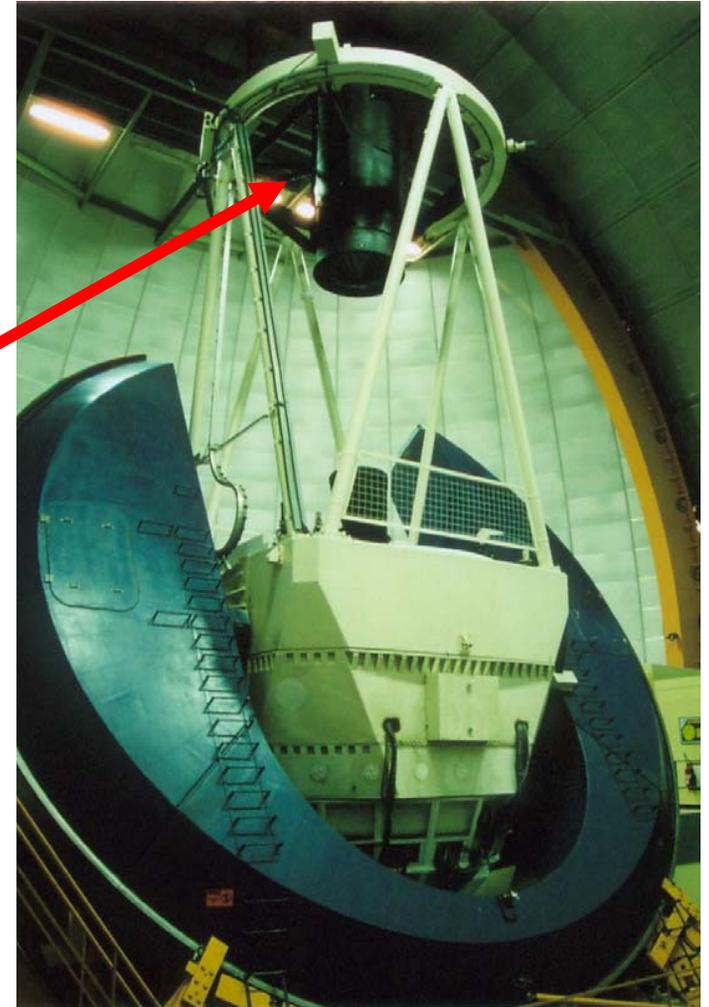
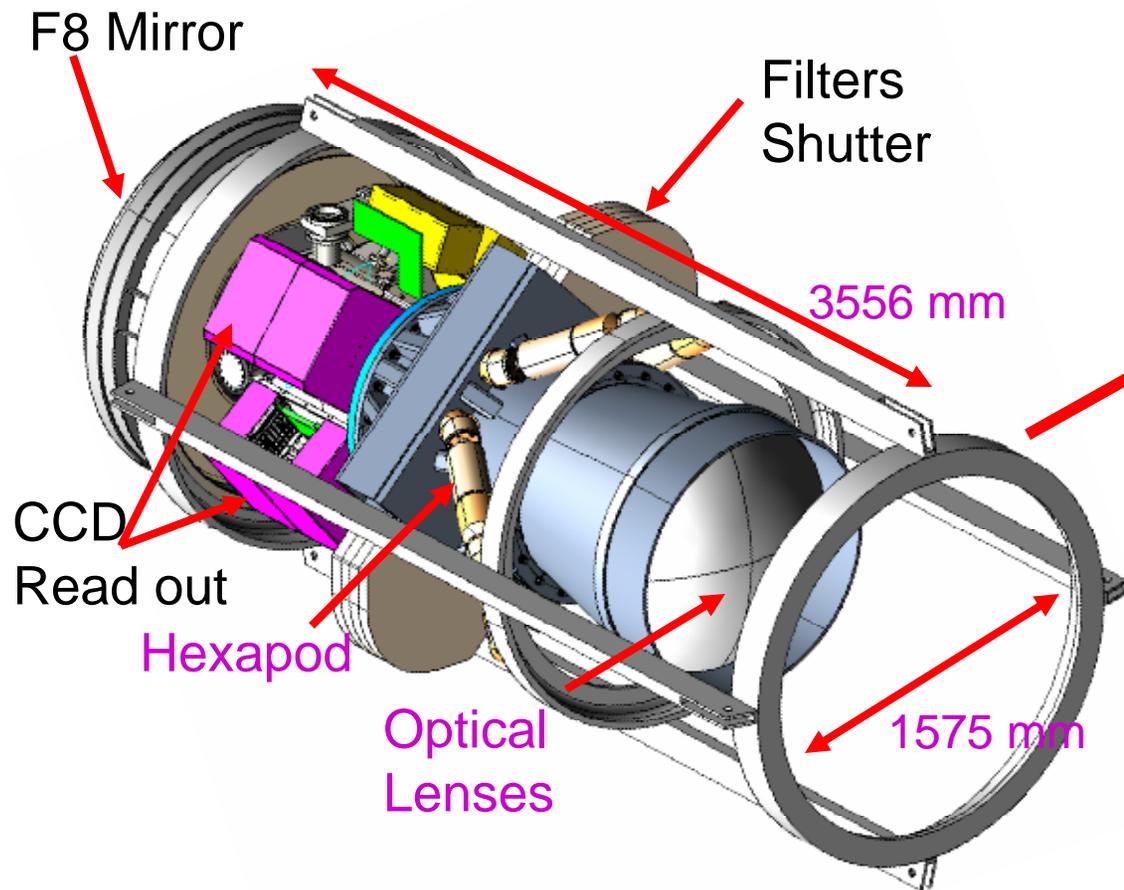
Blanco: grande campo



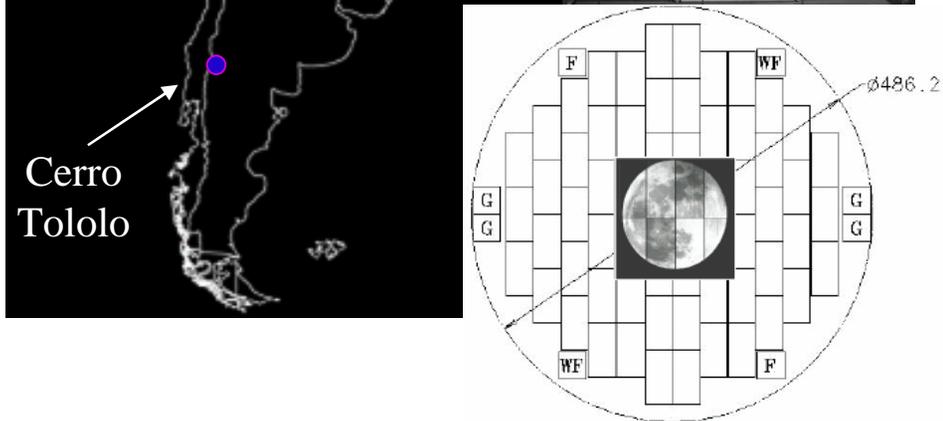
Lucas Wernick copyright



O Instrumento: DECam



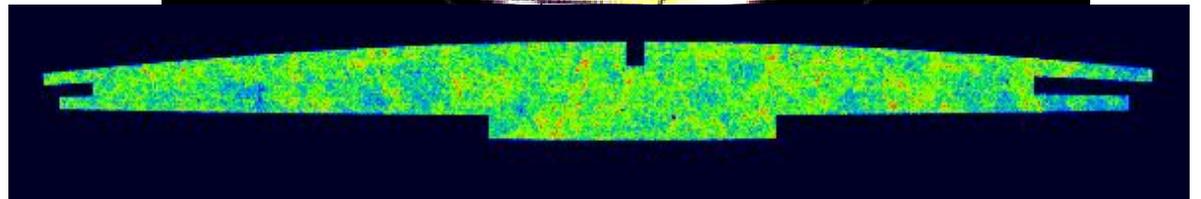
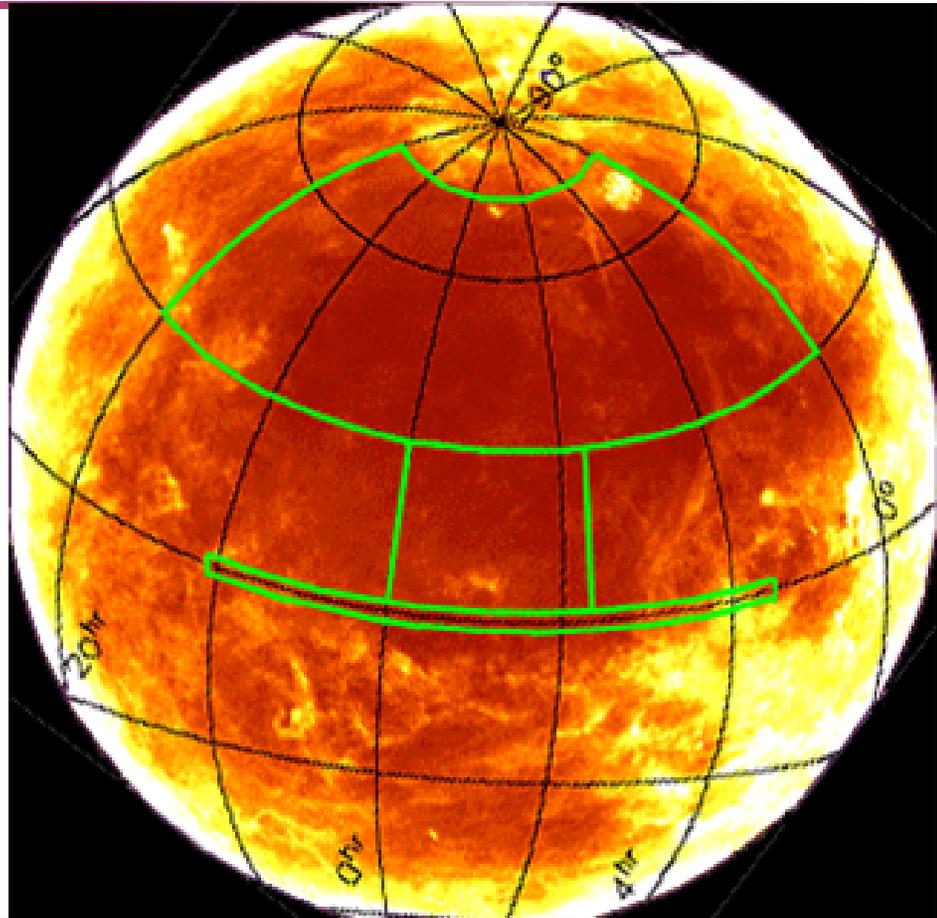
Dark Energy Survey (DES)



- q Câmera de 500 Megapíxeis
- q Campo ~ 2 graus²
- q Telescópio de 4m do CTIO
- q 4 cores para zs fotométricos
- q Acurácia: $\delta z < 0.02$ até $z = 1$
- q 10-20 galáxias/arcmin²
- q Cobertura 5000 graus²
- q 30% do CTIO em 5 anos (525 noites)

Área do DES

- Superposição de 4000 graus² com o SPT
- e com a tira 82 do SDSS (e outros)

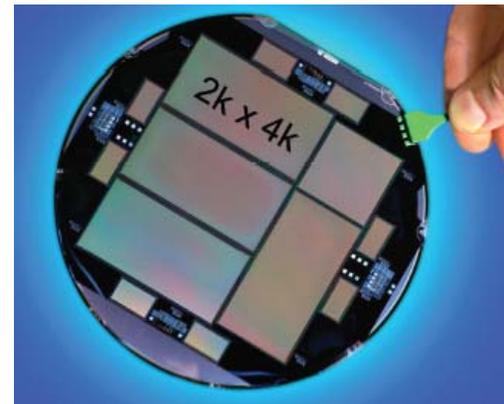
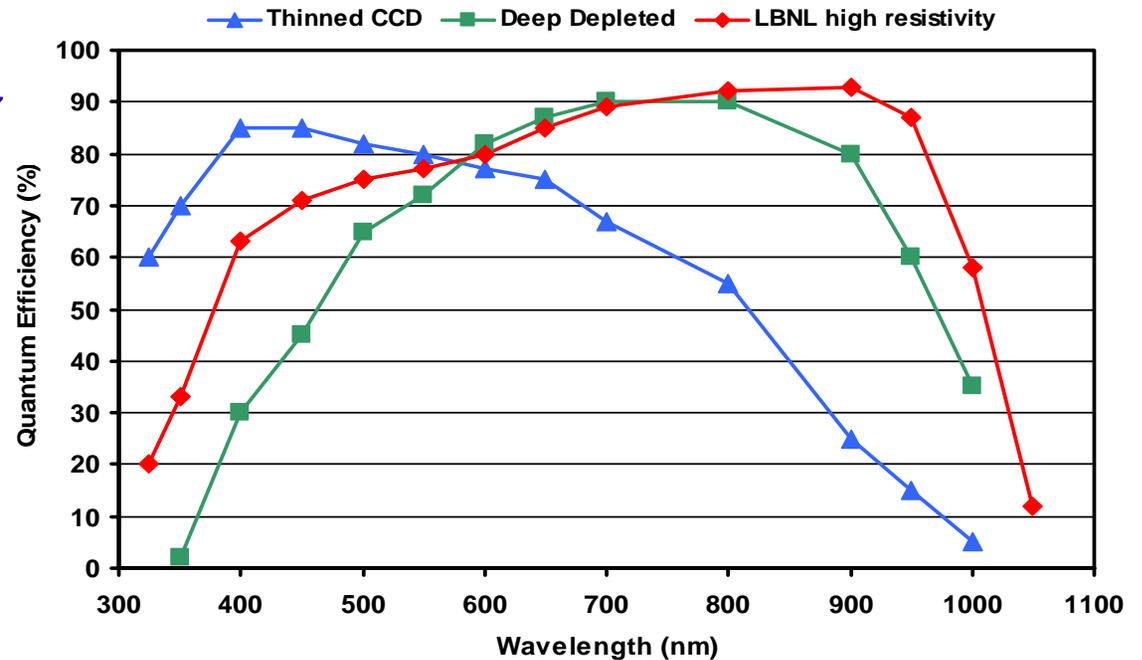




DARK ENERGY
SURVEY

As CCDs

- Objetivo: $z \sim 1$
- ~50% do tempo no filtro z (825-1100nm)
- CCD comerciais
 - q 20-40 microns de espessura
 - q bom para 400nm
 - q ruim para 900nm
- CCDs do LBNL
 - q eficientes em 1000 nm (QE > 50%)
 - q 250 microns de espessura
- Produzidas no LBNL, montadas no Fermilab
- Mesmo tipo de CCD que o SNAP





DARK ENERGY
SURVEY

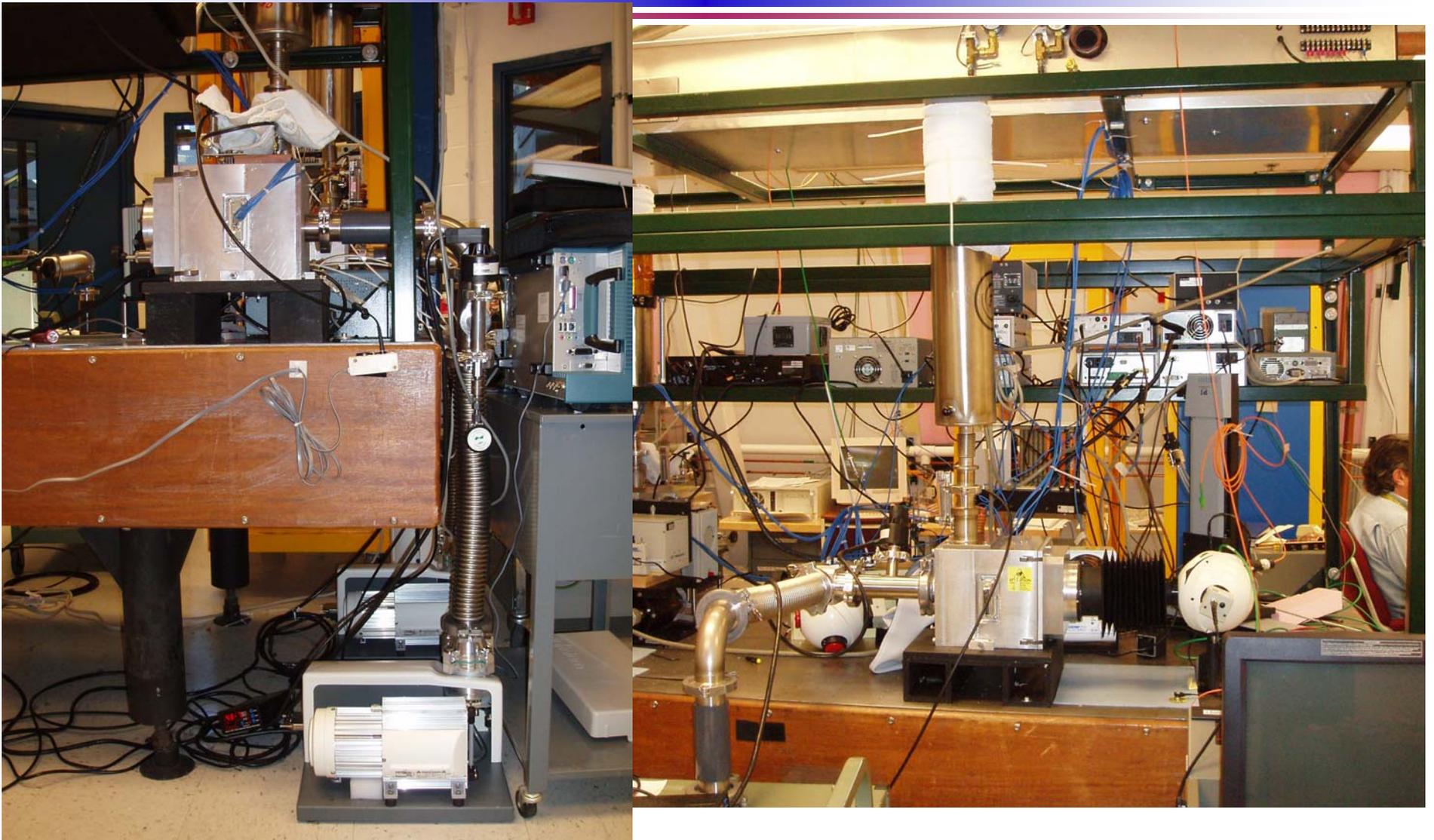
O estado atual

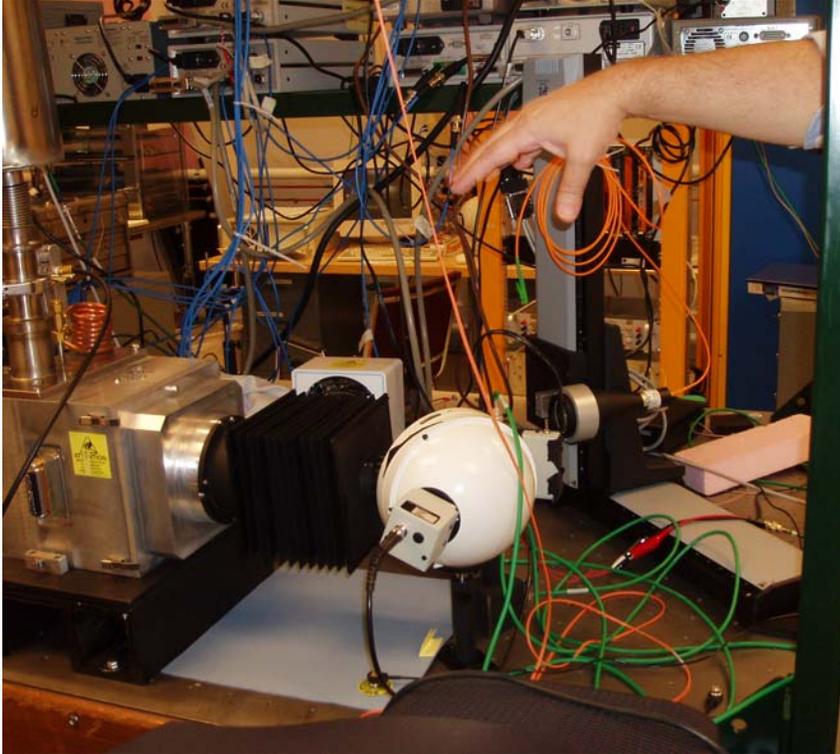
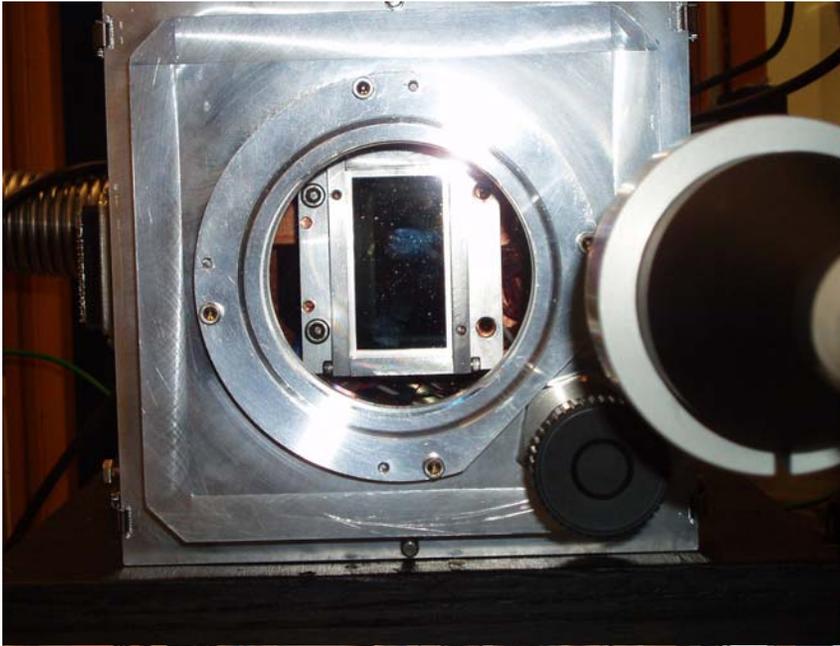
Câmera

Simulações

Análise de dados

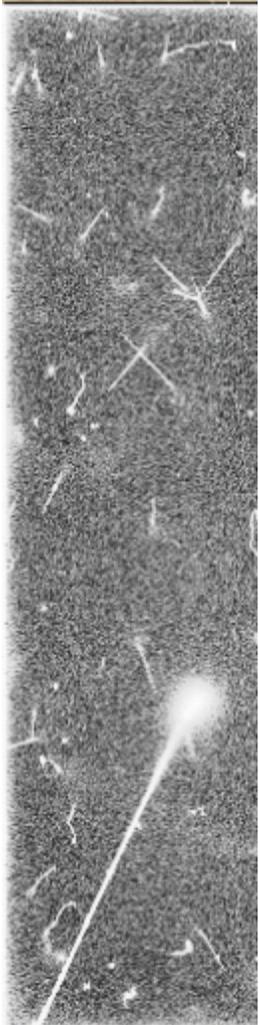
Testando e Caracterizando as CCDs





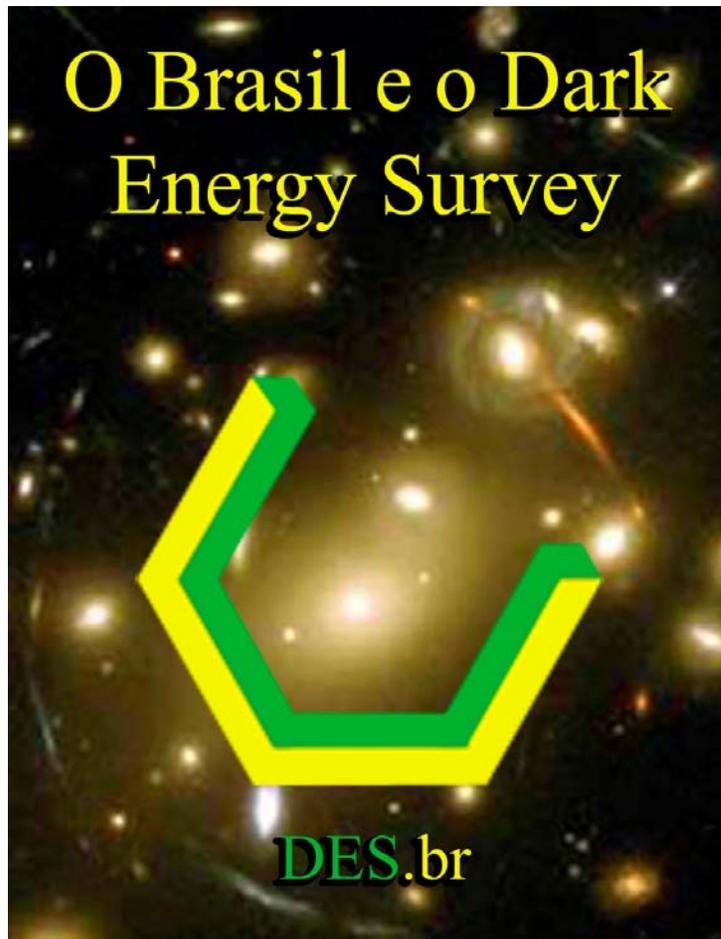


Estado Atual



- Teoria: previsões, métodos, simulações
- Software
- Experimento: *setup* e teste das CCDs, eletrônica design óptico, estudo das melhorias do blanco

Participação Brasileira no DES



Por que o DES?

- Escala de tempo
 - Envolver pessoas
 - Aportar contribuições
- Histórico de colaboração com Fermilab
- Instrumento versátil:
 - q Outros interesses astrofísica brasileira
- Contribuição brasileira:
 - q Ciência
 - q Software
 - q Infra-estrutura computacional

A participação brasileira já é uma realidade!

O Brasil e o Dark Energy Survey

Construindo uma contribuição brasileira para a nova geração de imageamentos de grande campo em cosmologia



DES.br



DES

Mini-Workshop

O Brasil e o Dark Energy Survey

10 e 11 de novembro de 2005, ICRA/CBPF, Rio de Janeiro, RJ

comitê científico: M. Novello (ICRA/CBPF), P. Pellegrini (ON), R. Rosa (LAC/INPE), L. Sodré (IAG/USP)
comitê organizador local: M. Makler (ICRA/CBPF), S. Joffily (ICRA/CBPF)

Considerações Finais

- ⊙ **A Cosmologia é hoje parte de física e da astronomia**
 - ➔ Nova física a partir da cosmologia!
- ⊙ Nesta última década houve uma revolução na cosmologia com uma avalanche de dados observacionais de alta qualidade
- ⊙ Entendemos muita coisa sobre o Universo
- ⊙ Há questões fundamentais que não entendemos ainda
- ⊙ Muitas novidades no futuro próximo!
- ⊙ ***Dark Energy Survey:***
 - ➔ Possibilidade do Brasil estar na vanguarda da cosmologia

Seja bem vindo a participar deste fascinante ramo da ciência!

Obrigado!



Recursos on-line

- Cosmo BR, Fórum Brasileiro de Cosmologia
<http://www.astro.iag.usp.br/~cosmobr/phpBB2/>

Busca de artigos e bibliografia na rede:

- arXiv
<http://arxiv.org/>, <http://arxiv.org/find/astro-ph>
- HepSpires
<http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/search/>
- Nasa/ADS
http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

Alguns Links

Links do WMAP

http://map.gsfc.nasa.gov/m_uni.html

Teoria:

http://lambda.gsfc.nasa.gov/links/theory_sites.cfm

Links sobre estrutura em grande escala:

<http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/lss/>