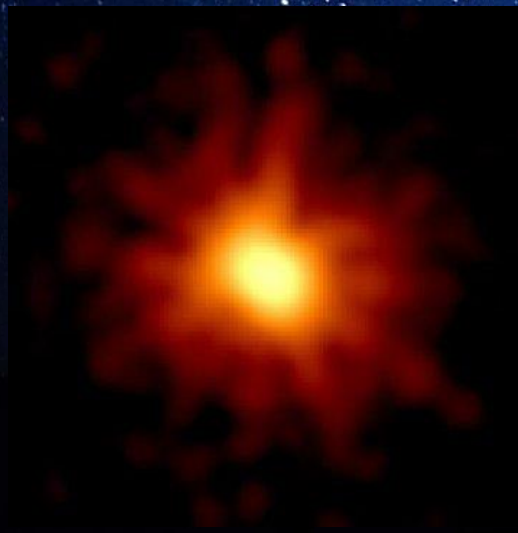
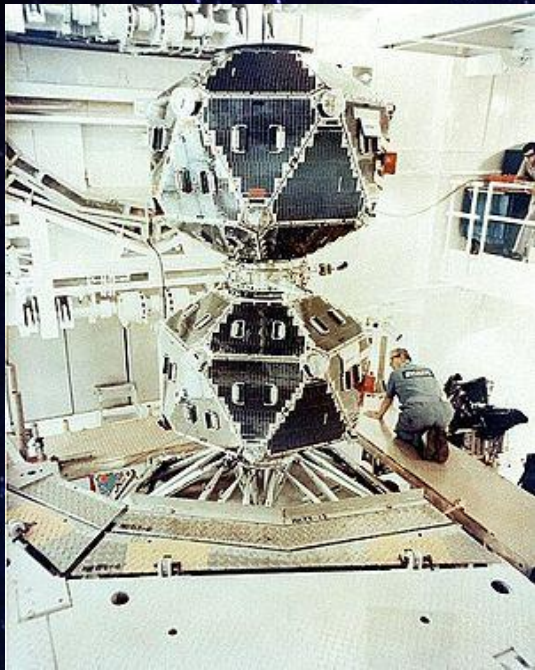


Surtos gama

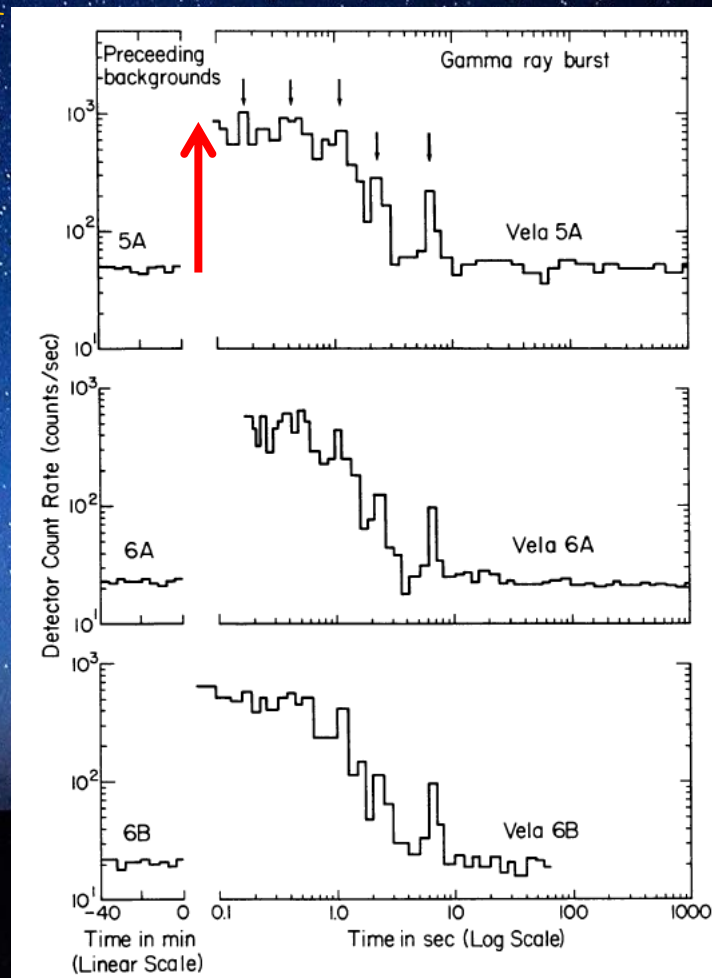
J.E. Horvath
Astronomia, IAG-USP





Satélites Vela, monitoramento de testes nucleares russos

Uma série de eventos foi detectada, mas vinham do espaço (!). Somente vários anos depois foi possível publicá-los...



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 182:L85-L88, 1973 June 1
 © 1973. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.

OBSERVATIONS OF GAMMA-RAY BURSTS OF COSMIC ORIGIN

RAY W. KLEBSADEL, IAN B. STRONG, AND ROY A. OLSON

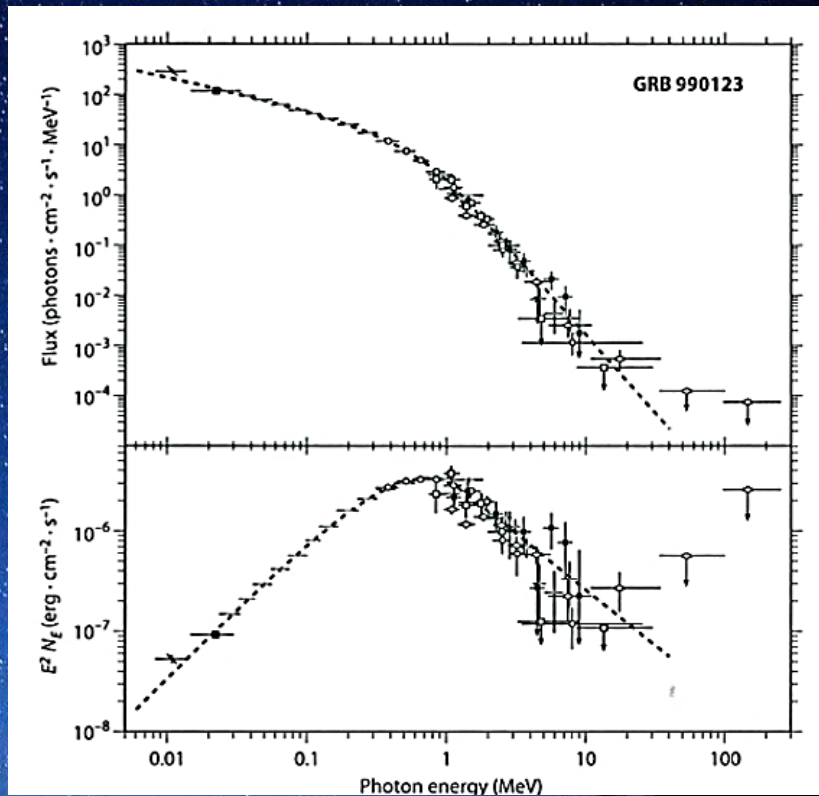
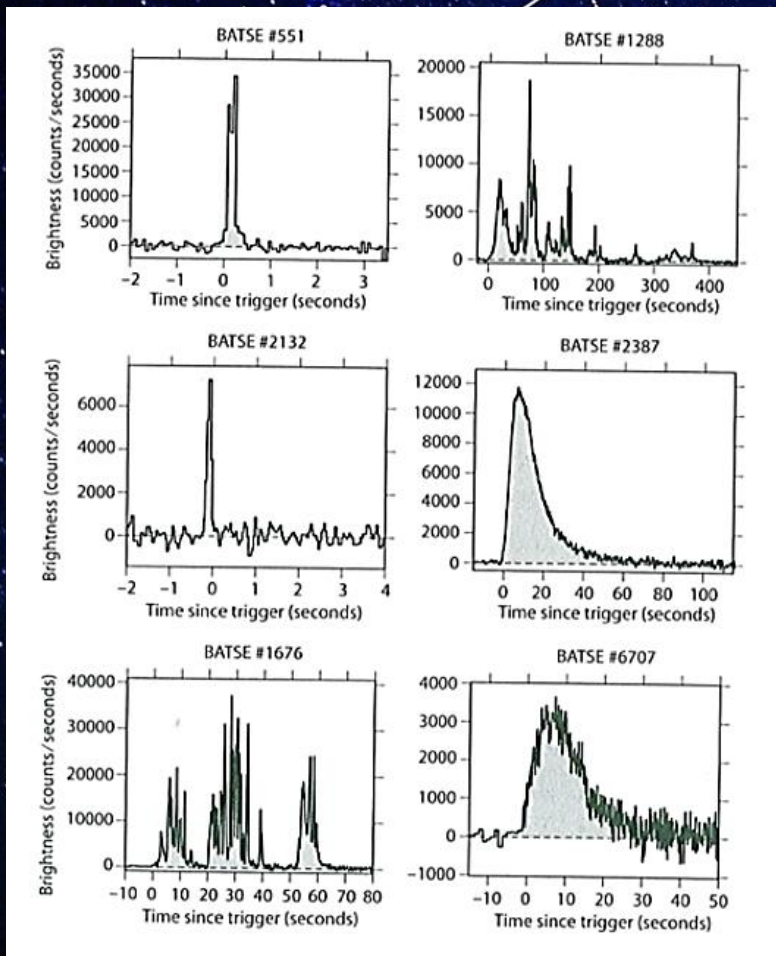
University of California, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico
 Received 1973 March 16; revised 1973 April 2

ABSTRACT

Sixteen short bursts of photons in the energy range 0.2–1.5 MeV have been observed between 1969 July and 1972 July using widely separated spacecraft. Burst durations ranged from less than 0.1 s to ~30 s, and time-integrated flux densities from $\sim 10^{-5}$ ergs cm^{-2} to $\sim 2 \times 10^{-4}$ ergs cm^{-2} in the energy range given. Significant time structure within bursts was observed. Directional information eliminates the Earth and Sun as sources.

Subject headings: gamma rays — X-rays — variable stars

Variabilidade e espectros

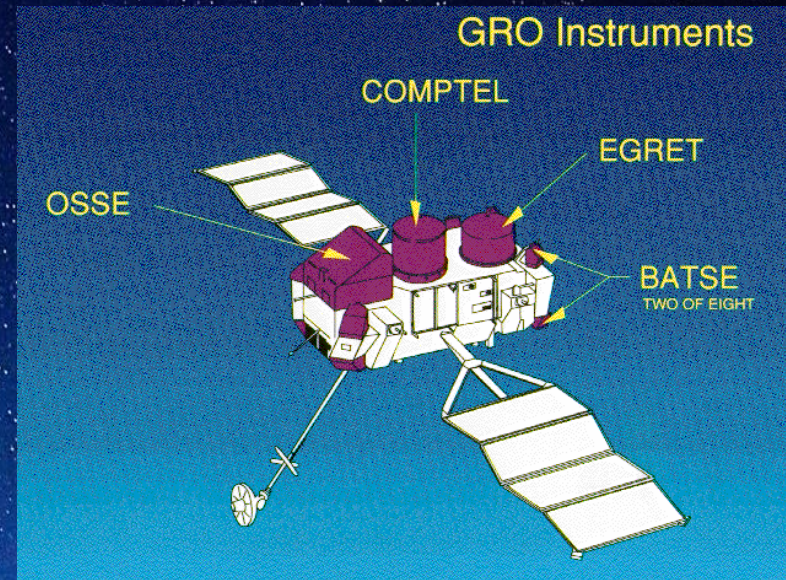


$$R \leq c \times \tau$$

(lembram?) as fontes
são bem compactas

Observatório Compton (1991-2000)

duke me



Burst and Transient Source Experiment, (BATSE) 20 keV até 8 MeV

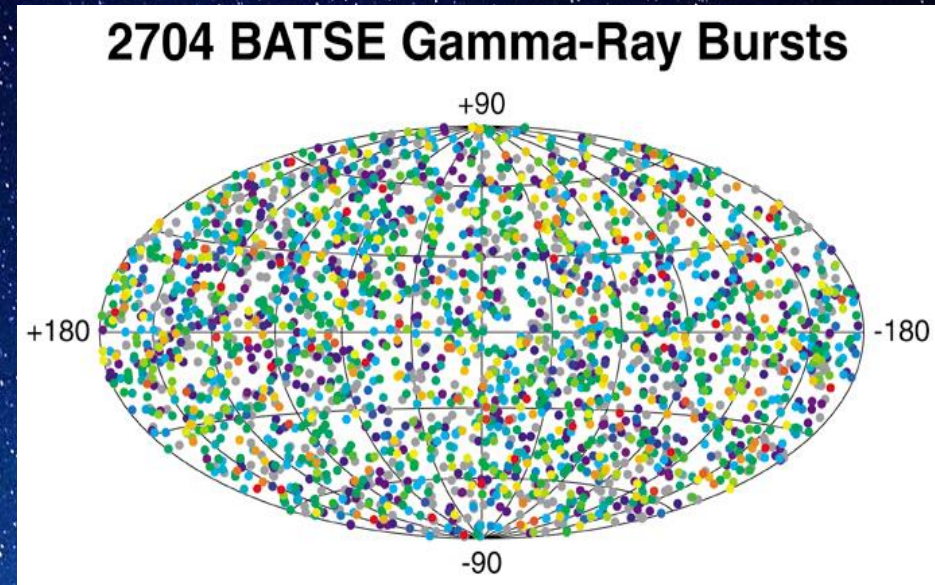
EGRET 20 MeV até 30 GeV

COMPEL 750 keV até 30 MeV

OSSE 50 keV até 10 MeV

Principais resultados pós-BATSE

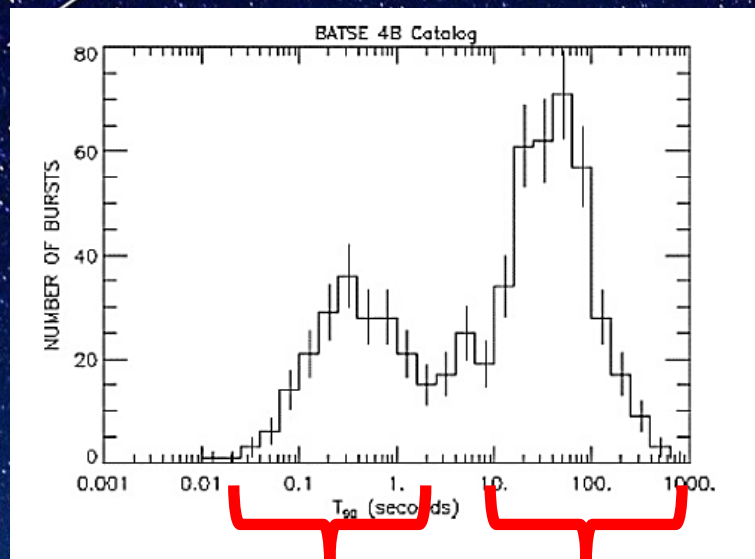
A total isotropia dos GRBs
(Copérnico reloaded...)
Esperava-se identificar um
achatamento na direção do
plano da galáxia, 1 detecção/dia



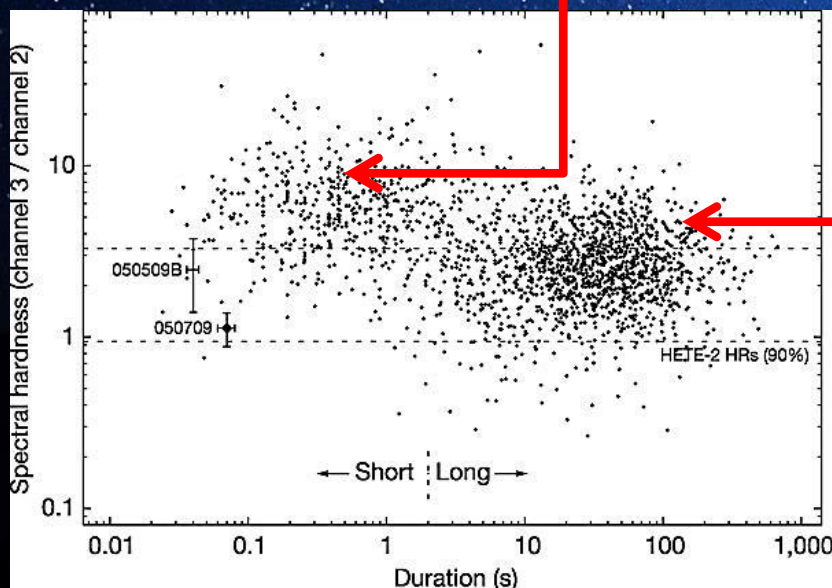
Ficou cada vez mais difícil construir um modelo local
(halo), para evitar admitir que a energia fosse tão alta.
A distribuição “naturalmente” isotrópica é a cosmológica

Além disso o Batse descobriu os *Soft Gamma Repeaters*
(estes sim NSs...) e permitiu estudar os flares solares

Distribuição das durações nos surtos do BATSE



“curtos” “longos”



Os surtos longos são menos “duros”. Isto sugere que estas duas classes vêm de eventos diferentes: a dureza é um reflexo de cómo escoa a energia liberada

Espectros: a parametrização de Band

$$N(E) = A \times E^\alpha \times \exp\left(-\frac{E}{E_0}\right)$$

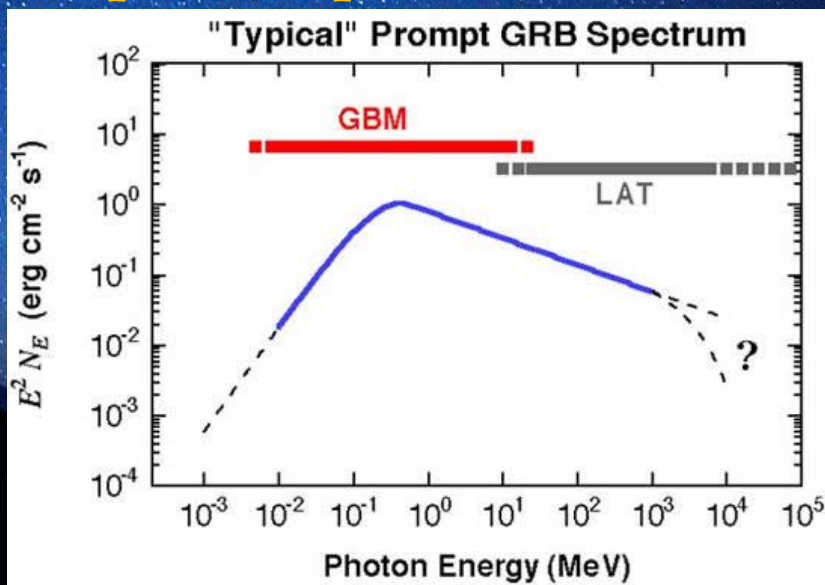
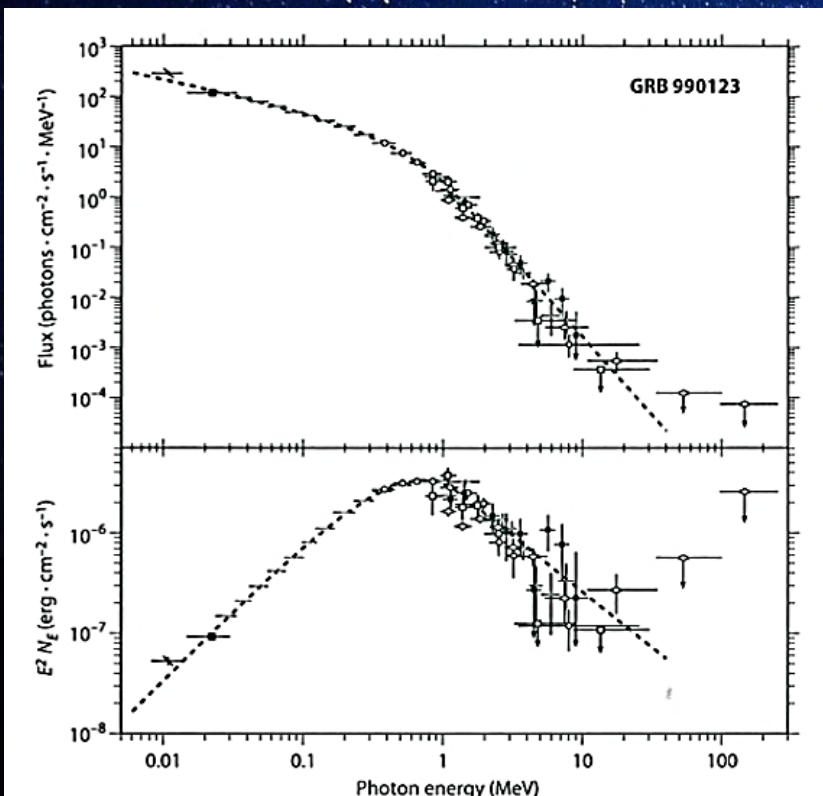
Baixa energia.

$$N(E) = B \times E^\beta$$

Alta energia

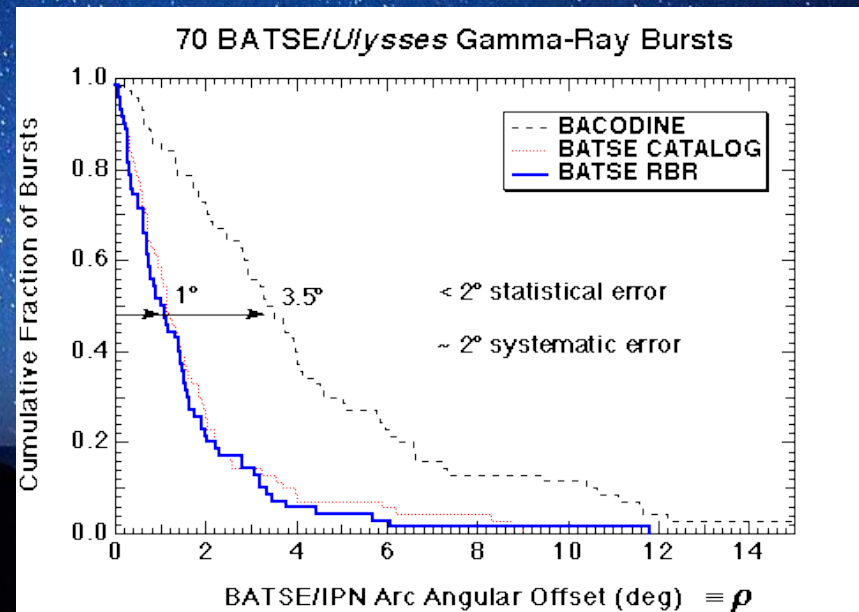
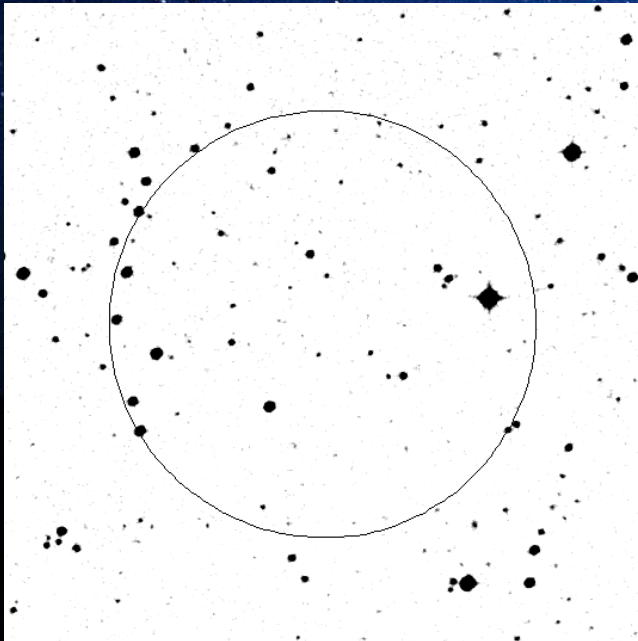
$$\alpha = -1 \quad \beta = -2, -3 \quad E_0 \sim 150 \text{ keV}$$

Não há nenhum modelo prévio detrás deste espectro, mas qualquer modelo bem-sucedido deve produzir um espectro tipo Band

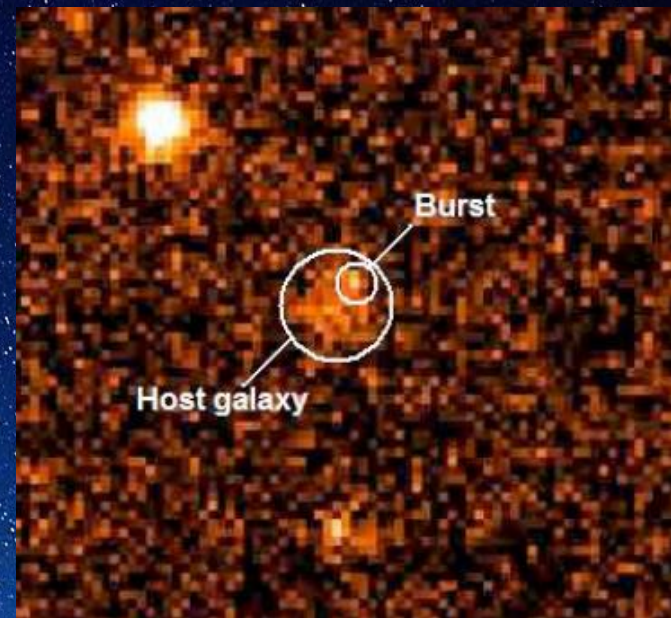
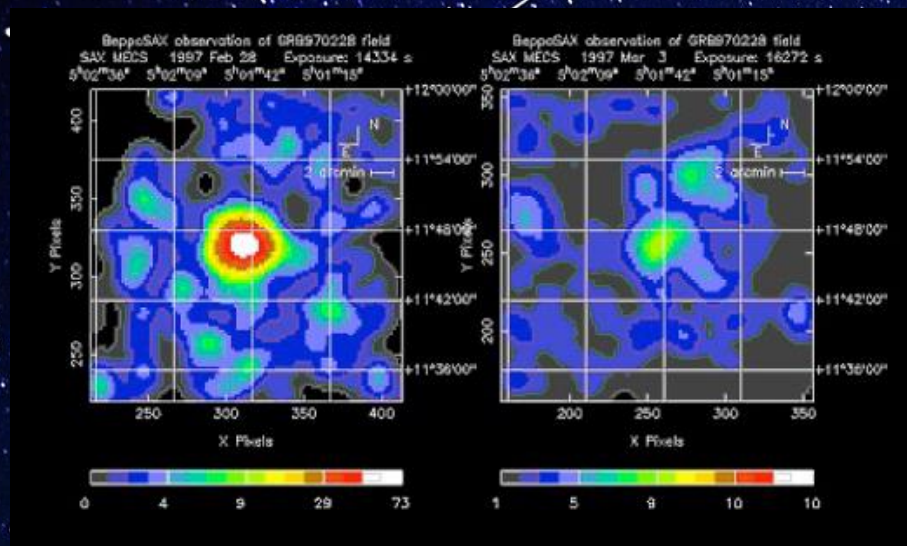


Embora mais de 100 modelos foram sugeridos, não havia nenhuma informação a respeito do ambiente dos mesmos, já que não havia nenhuma contrapartida (óptica, raios X...)

Õ surto rapidamente esmaecia e devido ao processamento dos dados não era possível saber as coordenadas, para pior a resolução espacial era de ~ 1 grau e assim não havia como avançar (é claro que se o círculo de erro é grande haverá muitas galáxias etc nele, mas se o tempo passou, cómo saber onde aconteceu o surto?)



GRB 970508 detectado pelo Beppo-SAX



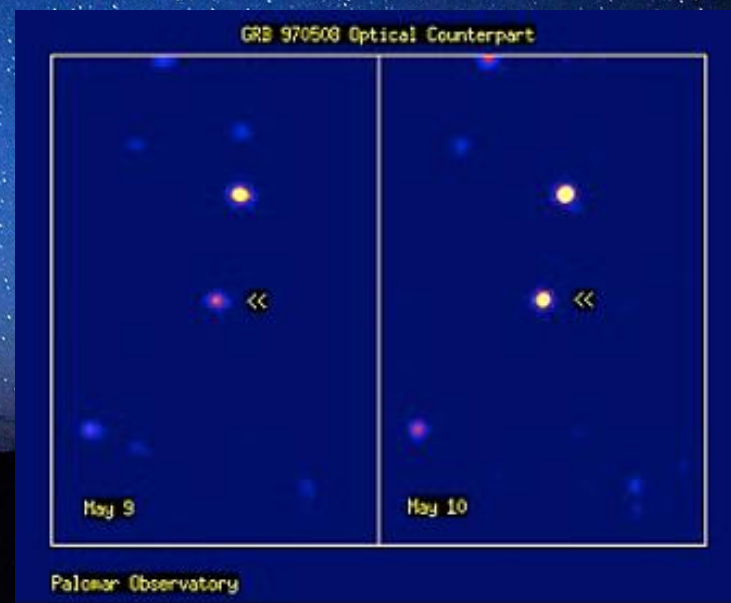
GRB 970508 foi detectado no óptico
com magnitude $m \sim 20$ umas 5 horas
depois do surto gama



Pela primeira vez se detecta o chamado
afterglow

(Per lavorare, non ce' nessuno, per
segnare il paper, ci sono tantissime...

E. Costa (comunicação pessoal))



O “problema da compacticidade”

Espectros não térmicos \rightarrow transparência $\hat{\tau} < 1$

Variabilidade $\rightarrow \sim c \delta t$ tamanho da fonte \rightarrow região opaca

\downarrow
Não poderia produzir espectros não térmicos !

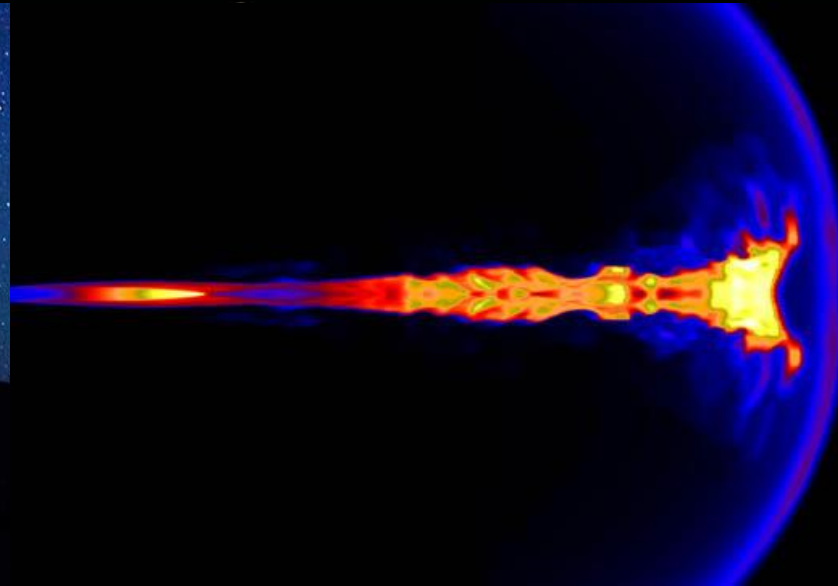
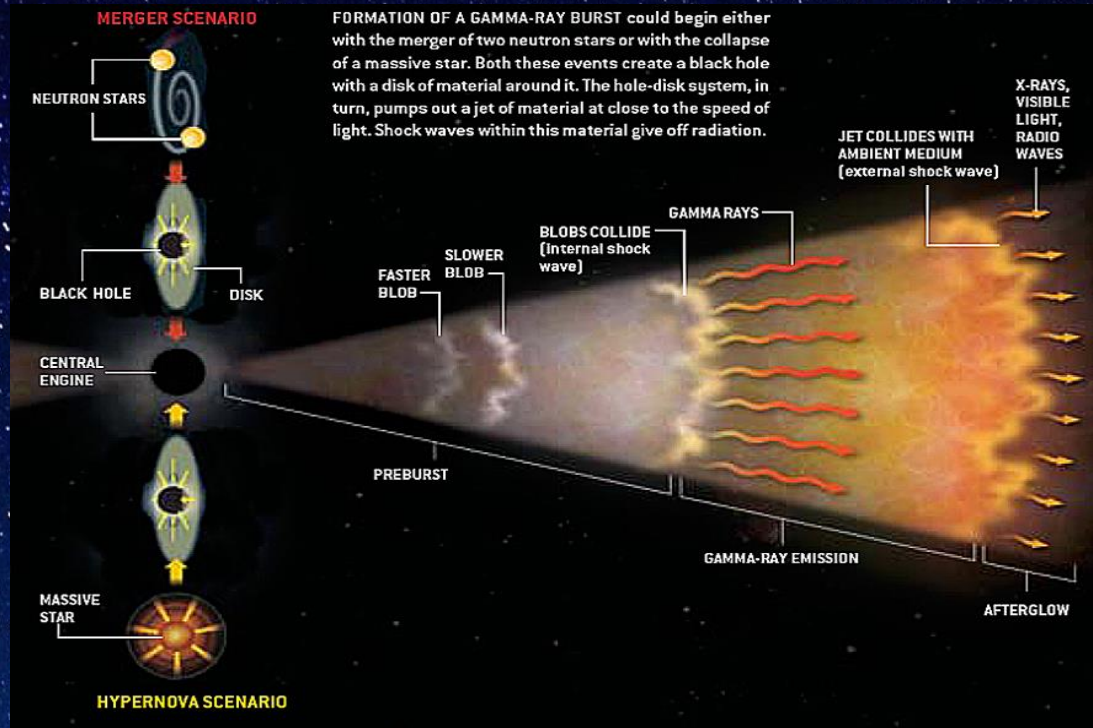
Uma solução muito razoável: o *ejecta* se mexe com velocidade relativística ! No sistema de referência próprio o material é transparente e a opacidade é reduzida pela cinemática segundo

$$\tau = \hat{\tau} \left(\frac{e_{\max}}{m_e c^2} \right)^{\alpha-1} \gamma^{-2\alpha-2}$$

onde γ é o fator de Lorentz. Para compensar a opacidade, o deve ser $\gamma > 100$ (um jato da Bete tem $\gamma \sim 5$)

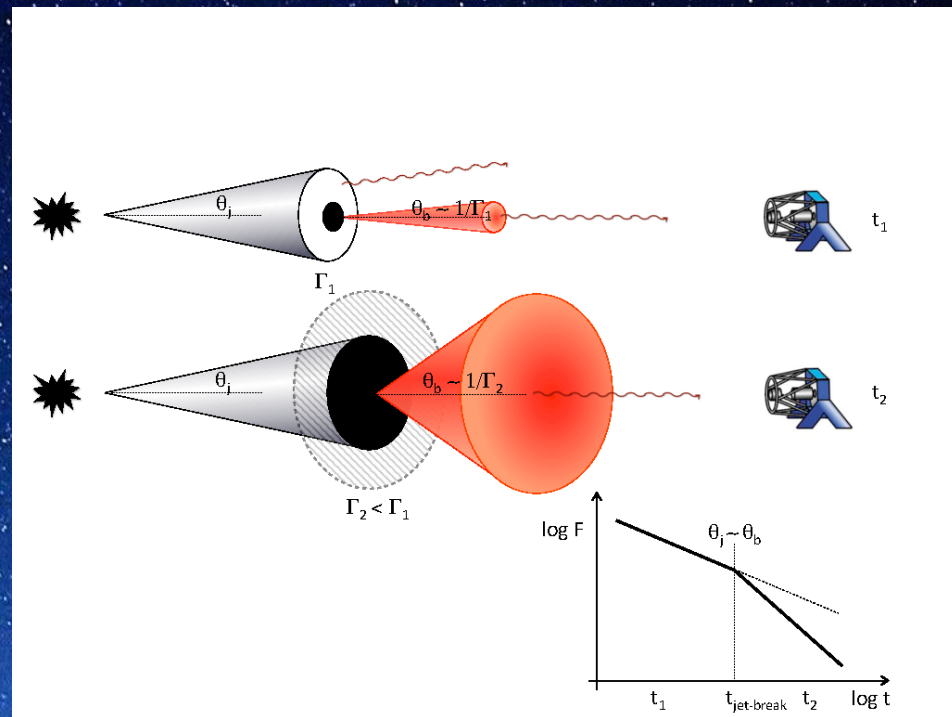


O modelo de fireball



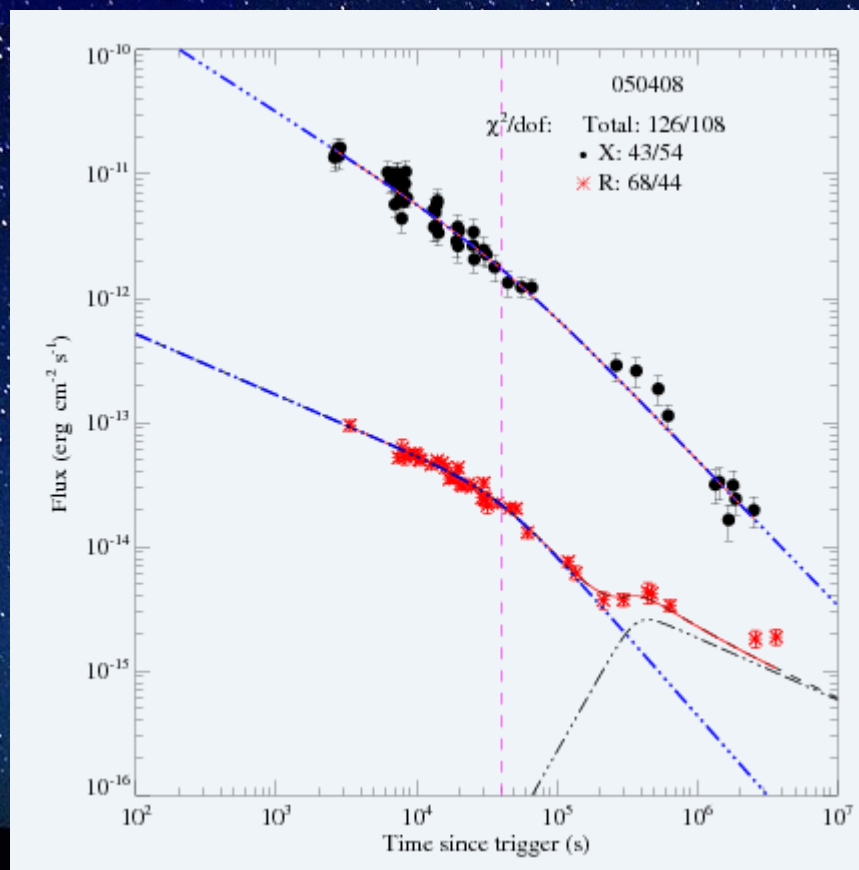
O beaming relativístico dos GRBs (não confundir com *colimação*, embora desde o ponto de vista do observador sejam indistinguíveis)

O cone de abertura da emissão é $\theta \sim \gamma^{-1}$. Quando o material ejetado deixa de ser relativístico, o cone abre muito \rightarrow **emissão quase-isotrópica do afterglow**



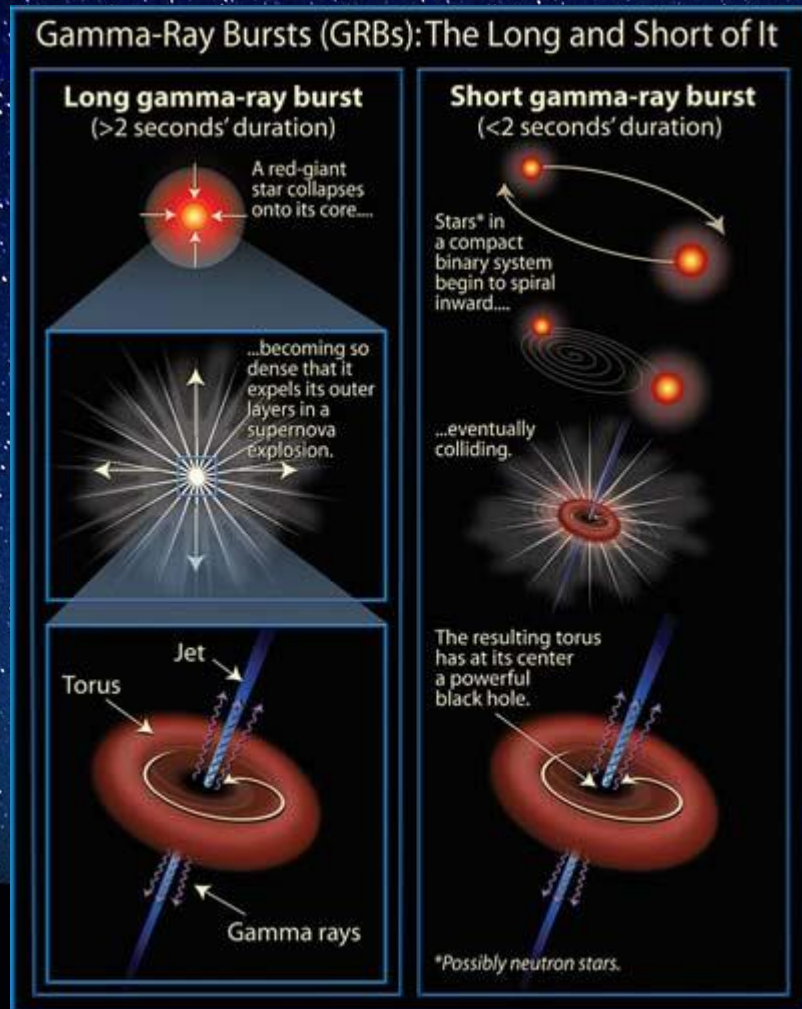
Como o cone é pequeno (Frail et al. encontram 5° como consequência do γ necessário), a energia isotrópica medida é exagerada. A correta é *menor* num fator numérico e o valor pode ser sempre o mesmo, $\sim 5 \times 10^{50}$ erg. Mas como a maior parte dos surtos não vai estar *bimeada* para nós, o número total cresce muito.

Isto produz uma quebra espectral acromática na curva de luz: o afterglow é a consequência



(Mas um subgrupo dos GRBs não mostra nenhuma quebra...)
São isotrópicos?

Os modelos no mercado: como produzir um fluxo ultrarrelativístico com a duração certa...



GRB 070201: o *affaire* Andrômeda

LIGO analysis : GRB070201

Astrophys. J. 681, 1419 (2008)

GRB070201: Short gamma ray burst (SGRB)

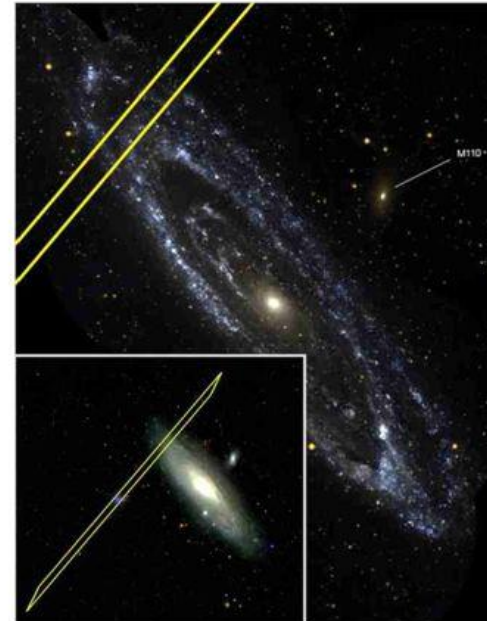
Direction: M31 (Andromeda nebula, 770kpc)

Progenitor candidate of SGRB:
coalescence of NS-NS or NS-BH



However, inspiral signals are
not detected around the GRB trigger time

Thus, it is not the binary merger event
occurred in M31 (at 99% C.L.)



Um belo exemplo de como se comportam realmente os cientistas...

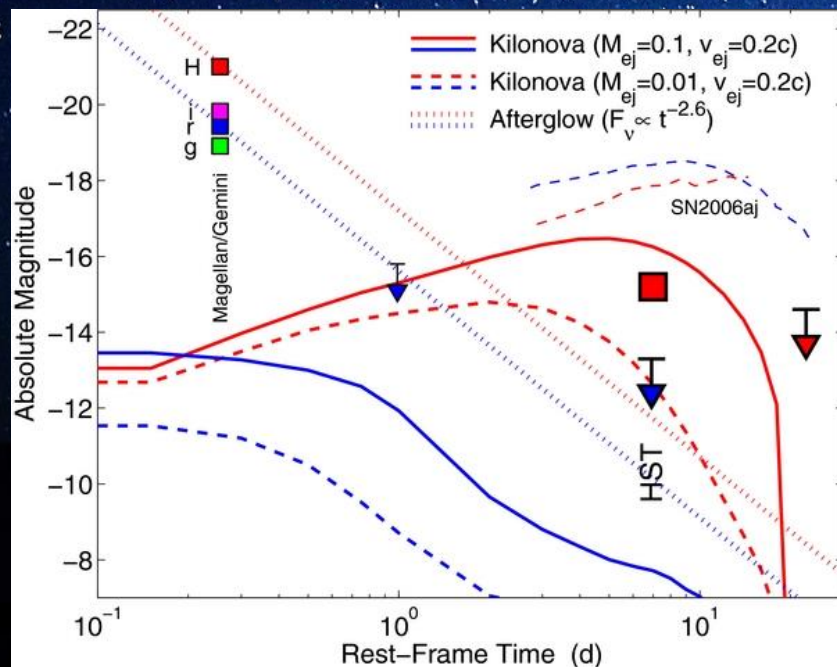
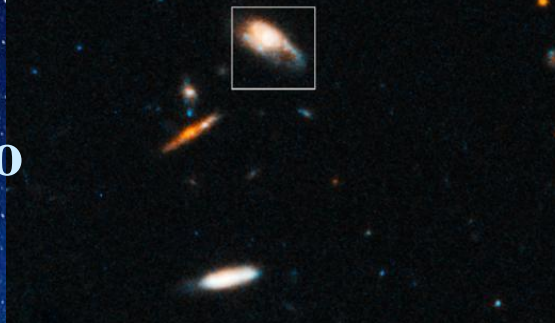
Surtos curtos e kilonovas

dark me

GRB 130603B foi acompanhado com o HST e uma semana depois foi observado um flare infravermelho.

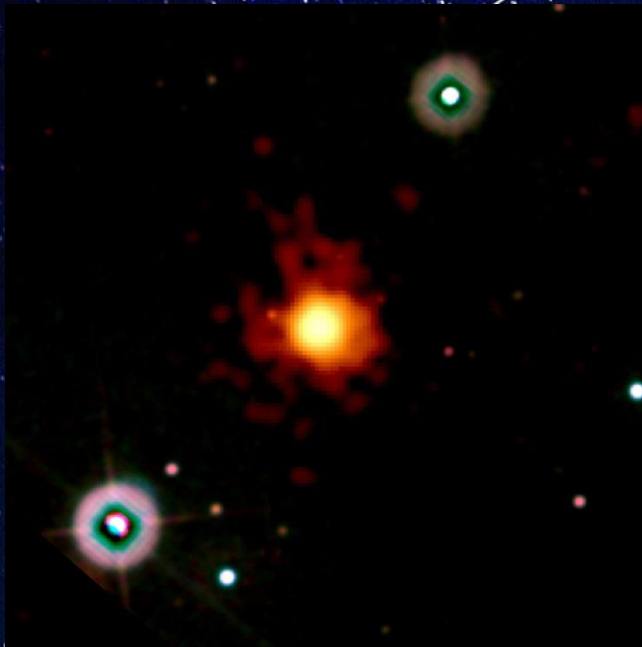
O surto deve ter correspondido à fusão de duas NS. O pico da curva de luz corresponde a $t_{\text{difusão}} = t_{\text{expansão}}$

Astronomers have discovered a new type of stellar explosion dubbed the “kilonova.” It is 1,000 times brighter than a nova.

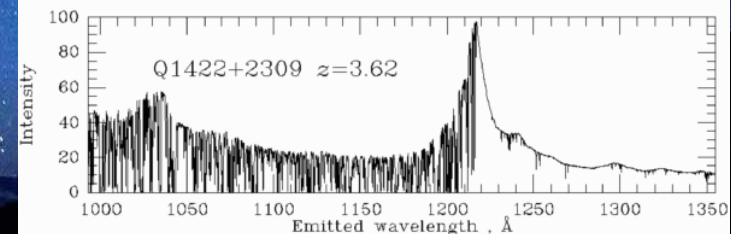
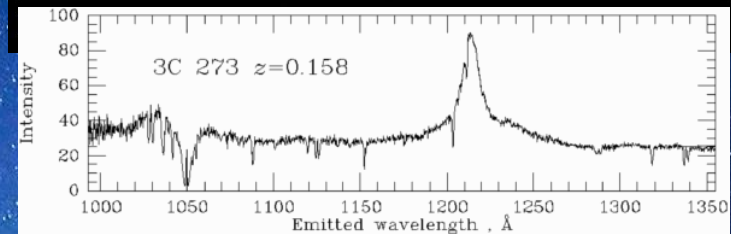
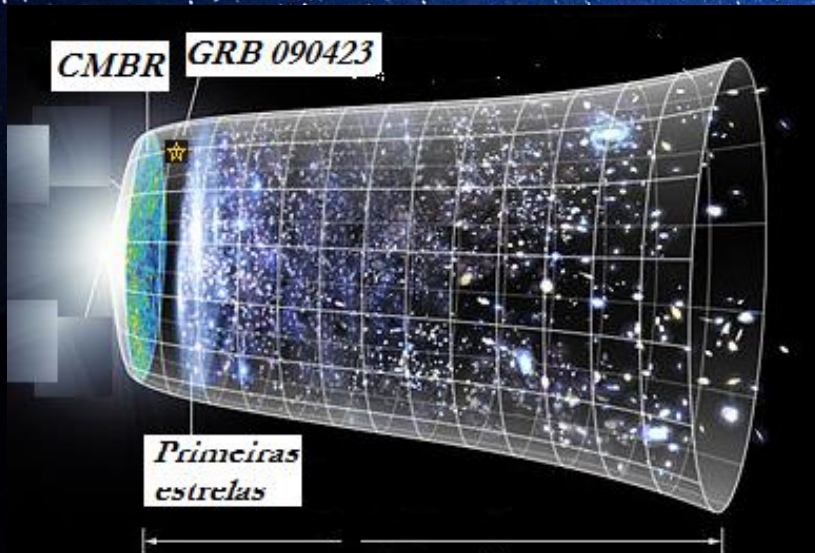
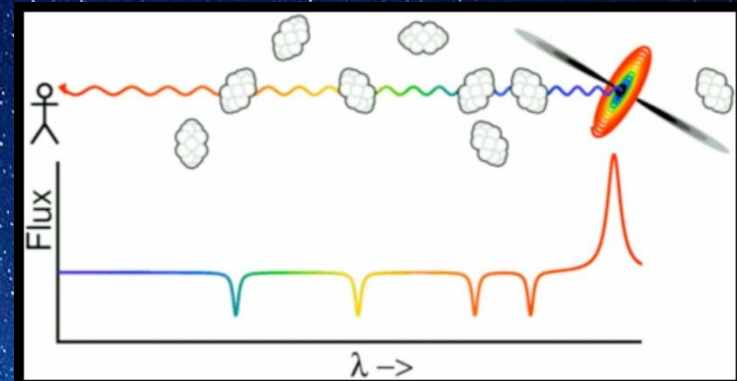


Para que este caia em ~1 semana é necessário produzir elementos de alta opacidade (por exemplo, lantânidos). Isto reforça o modelo do merger para os GRB “curtos”

GRB 090423: o objeto mais distante conhecido



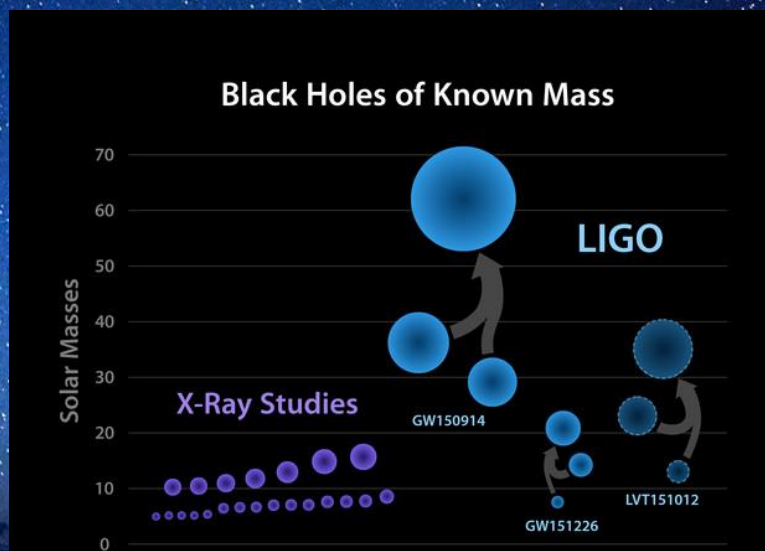
$Z_{\text{medido}} = 8.2$ (da absorção das nuvens de H neutro no *afterglow*)



GRB 090423 sugere que existem surtos antes de formar estrutura a formação de BH pode ser a resposta para as fontes de surtos “longos”

Se assim for, nasce ~ 1 BH por dia no universo observável.

São os eventos do LIGO de origem estelar ou primordiais?



Perguntas?

