

REVISITANDO O PARADOXO DE OLBERS ATRAVÉS DO MODELO COSMOLÓGICO PADRÃO



V.P.Freitas(vpacheco@ifi.unicamp.br),
Orientador: O.L.G.Peres(orlando@ifi.unicamp.br)
PIBIC/CNPq
Palavras-Chave: Cosmologia-Olbers-Relatividade



Introdução

Se nosso universo é infinito em extensão e uniformemente povoado com estrelas não seria esperado que o céu noturno fosse brilhante? Qual seria então a explicação para o céu noturno ser escuro? O céu é escuro simplesmente porque o universo teve um início e as estrelas não tiveram tempo suficiente de preencher todo o espaço com radiação e em parte devido também à perda da intensidade da luz emitida devido à expansão do universo.

Metodologia

O propósito desse trabalho foi de resolver o paradoxo de Olbers em um universo sem expansão e incluindo subsequentemente a mesma para verificar como a expansão poderia interferir na intensidade da radiação emitida. Foi resolvido o paradoxo também para um universo seguindo o modelo estacionário de modo a mostrar que em outros modelos também teríamos céu noturno escuro.

Universo em Expansão

Temos que a densidade de energia (u) observada (assumindo que o observador está no centro de uma casca esférica que contém um determinado número de estrelas) é de:

$$u = \frac{4u^*}{1 + \alpha} \left(\frac{t}{\tau} \right), \quad (1)$$

onde u^* é a densidade de energia na superfície da estrela, t é o tempo transcorrido, $\alpha = (dR/dt)(t/R)$, sendo que $R(t)$ é o fator de escala e τ é o tempo entre a emissão e absorção de fótons por fontes luminosas e vamos definir para fins comparativos que um universo estático é aquele com $R(t) = 0$.

Considerando que o brilho das estrelas teve um início em $t = 0$, um observador rodeado delas veria uma esfera luminosa expandindo radialmente com velocidade da luz (com o passar do tempo a luz de estrelas cada vez mais distantes iriam alcançar o observador). Mas para um tempo $t = t^*$ (tempo de vida das estrelas), estrelas próximas ao observador começariam a morrer, formando uma camada de estrelas mortas seguida por uma de estrelas ainda brilhantes e por último uma camada de estrelas que ainda não se tornaram brilhantes ao observador.

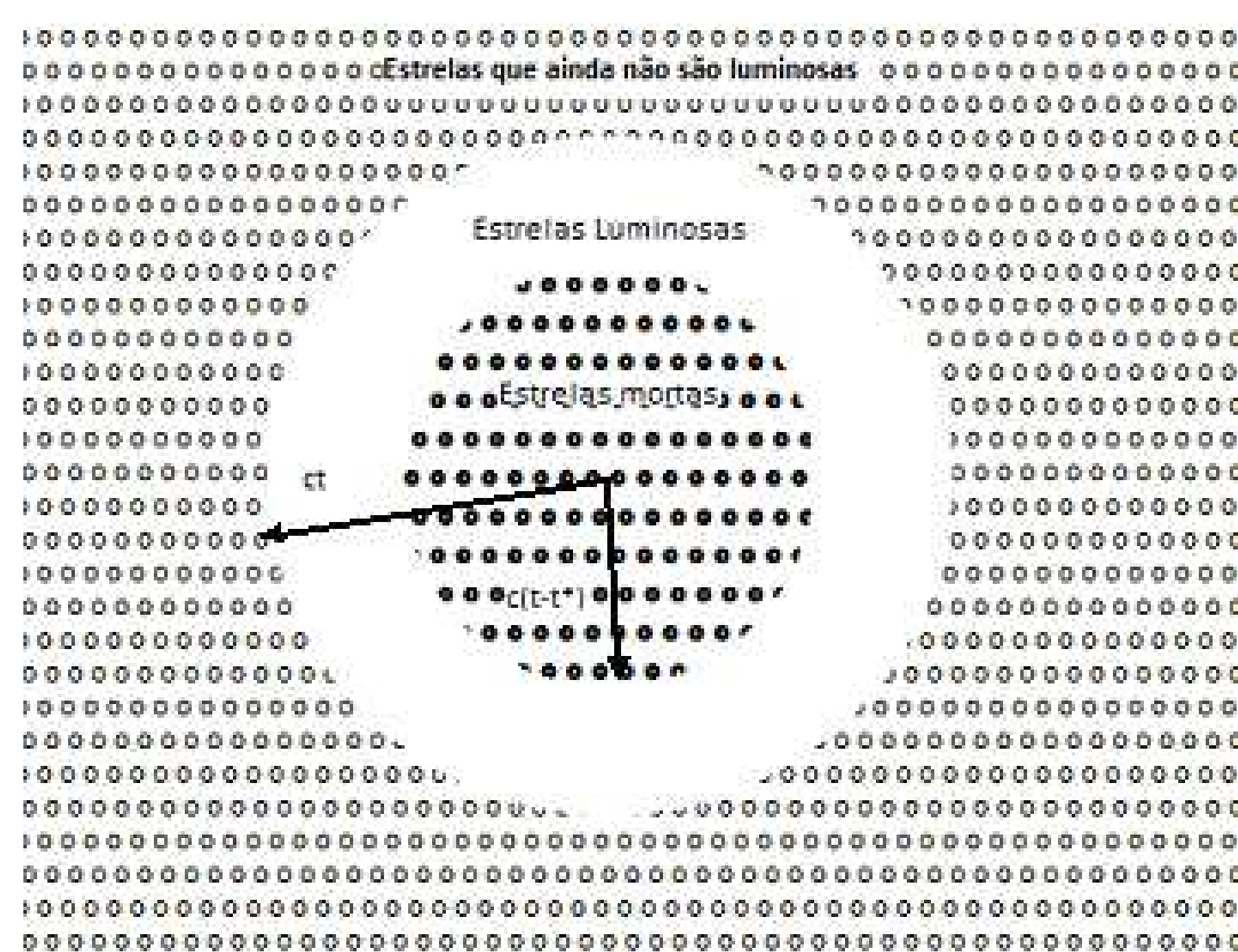


Figura 1: Estrelas em um universo estático

Assim, em um universo estático, o céu é escuro, pois o tempo de vida das estrelas é muito menor que o tempo levado por um fóton até ser interceptado em sua trajetória.

Podemos escrever a intensidade total no observador em um universo em expansão (I) e em um universo estático (I_e) em função do redshift z :

$$I = \frac{cn_0L_0}{H_0} \int_0^{z_i} \frac{(1+z)^{-2} dz}{a(z)}, \quad I_e = \frac{cn_0L_0}{H_0} \int_0^{z_i} \frac{(1+z)^{-1} dz}{a(z)}, \quad (2)$$

onde $a(z) = [2\sigma_0(1+z)^3 + \sigma_0 - q_0 + (1+q_0 - 3\sigma_0)(1+z)^2]^{1/2}$, c é a velocidade da luz, L_0 é a luminosidade atual das estrelas, n_0 é o número de estrelas por unidade de volume, H_0 é o valor hoje do parâmetro de Hubble e z_i é o redshift referente ao período de formação das estrelas. Queremos comparar valores de intensidade para o universo em expansão e universo estático.

Assim, para diversos valores de σ_0 e q_0 , que são parâmetros definidos como de densidade e desaceleração, a razão I/I_e é:

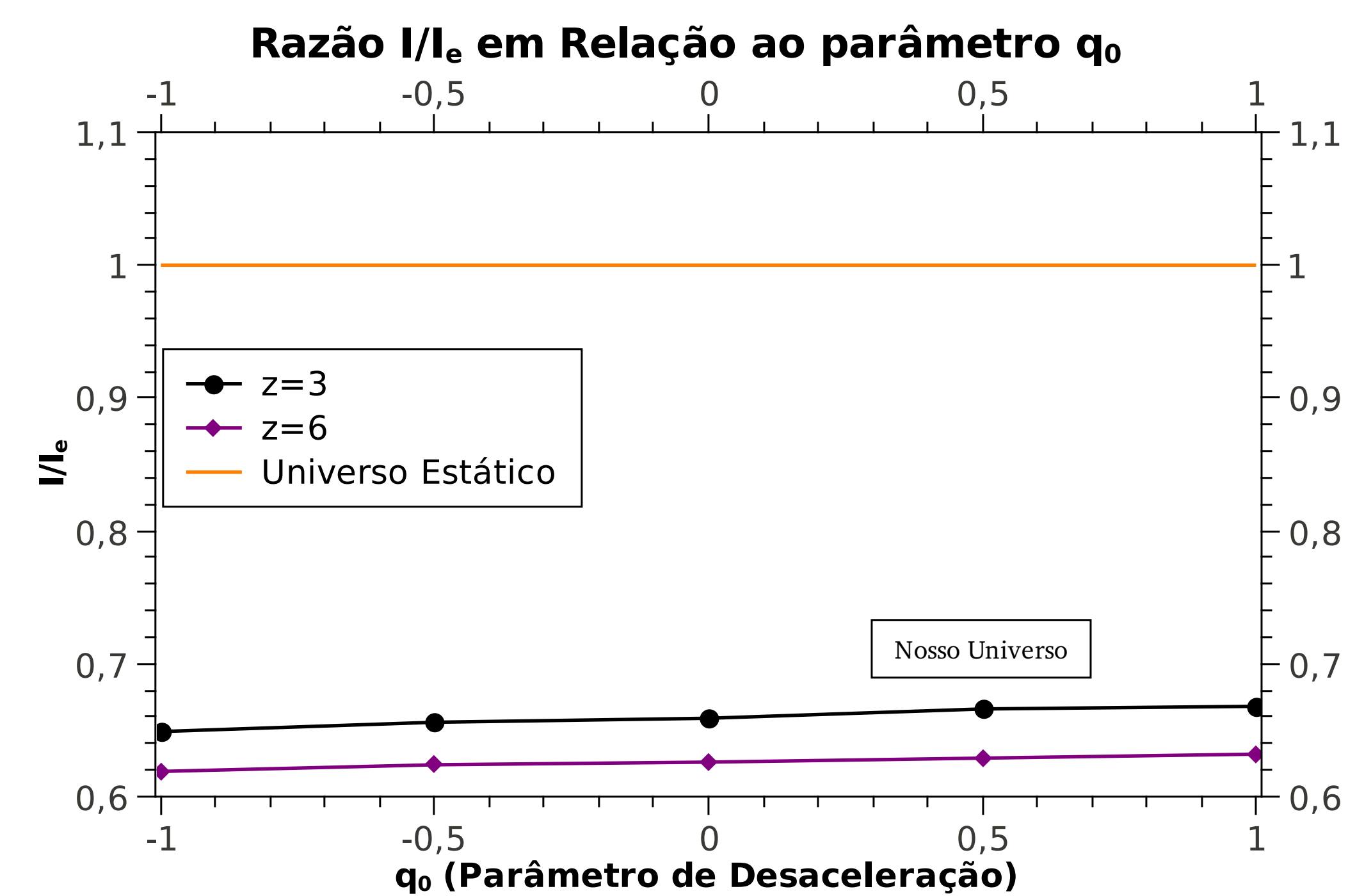


Figura 2: Gráfico de $I/I_e \times q_0$ para $\sigma_0 = 1/2$.

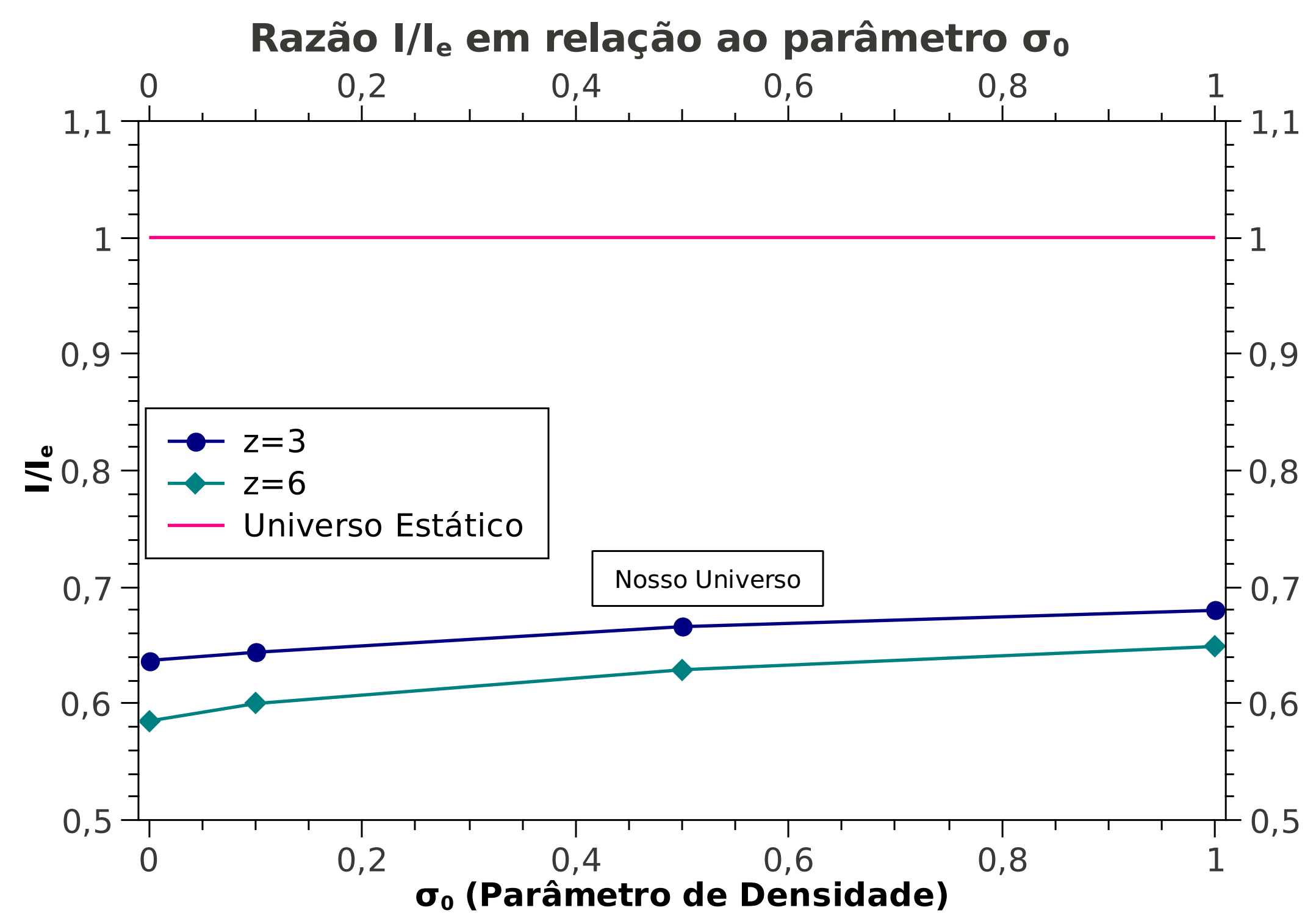


Figura 3: Gráfico de $I/I_e \times \sigma_0$ para $q_0 = 1/2$.

Dessa forma foi possível verificar que a expansão do universo reduz a intensidade da radiação apenas por um fator de 2 do que seria reduzido em um universo estático.

Estado Estacionário

É um modelo que foi proposto por H. Bondi, T. Gold e F. Hoyle em 1948 que foi concorrente importante do Big Bang e dizia que matéria seria criada continuamente de modo a manter a densidade constante juntamente com a expansão do universo.

Temos para u constante, considerando que a absorção é exclusivamente por fontes luminosas, que

$$\frac{u}{4u^*} = \frac{T}{4\tau + T}, \text{ e a condição para ter um céu escuro é que } u \ll u^*. \quad (3)$$

Com o passar do tempo essas fontes deixam de ser luminosas e para isso devemos incluir a fração de matéria luminosa (f). Assim a condição para ter um céu escuro é:

$$\frac{u}{4u^*} = \frac{Tf}{4\tau + T} \ll 1 \Rightarrow f \ll 1 \quad (4)$$

Conclusão

Foi possível verificar que em um universo como o nosso o céu é escuro principalmente devido ao tempo de vida finito das estrelas e também devido à expansão do universo que atenua a intensidade da radiação emitida. Fez-se também a resolução do paradoxo para o modelo estacionário e concluiu-se que a fração de matéria luminosa teria que ser muito menor do que a quantidade de matéria total nesse universo para que fosse resultante um céu escuro.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer o apoio do PIBIC/CNPq pelo financiamento desse projeto e todos que contribuíram para a realização desse trabalho.