

## RESENHA DE FILME

### A RELATIVIDADE RESTRITA NO FILME “PASSAGEIROS”: TESTANDO A CONSISTÊNCIA DO ROTEIRO, SEGUNDO A TEORIA ESPECIAL DA RELATIVIDADE

Marcelo Ribas, FCSMA

Título em Português: “Passageiros”

Título Original: “Passengers”

Direção: Morten Tyldum

Roteiro: Jon Spaihts

Distribuição: Sony Pictures

Data de Lançamento no Brasil: 5 de janeiro de 2017

Este texto pode conter “spoilers” sobre o filme. Caso ainda não tenha assistido, recomenda-se que o faça antes de prosseguir a leitura.

O filme “Passageiros” nos conta uma história em que a humanidade está migrando para outros planetas habitáveis, através de contratos firmados com a empresa especializada em colonização extraterrestre “Homestead”. A espaçonave abordada no filme não é a primeira a transportar humanos em viagens de colonização, porém é a primeira a apresentar falha no sistema de hibernação.

Tal falha leva à suspensão, bem antes do planejado, da hibernação de um dos cinco mil passageiros a bordo. A partir daí uma série de informações vão sendo transmitidas ao espectador do filme, numa sequência que parece conduzida propositalmente pelo roteirista com a intenção de provocar o questionamento da validade destas informações.

As cenas listadas abaixo contêm informações a serem testadas ou apresentam dados importantes para o teste de outras cenas.

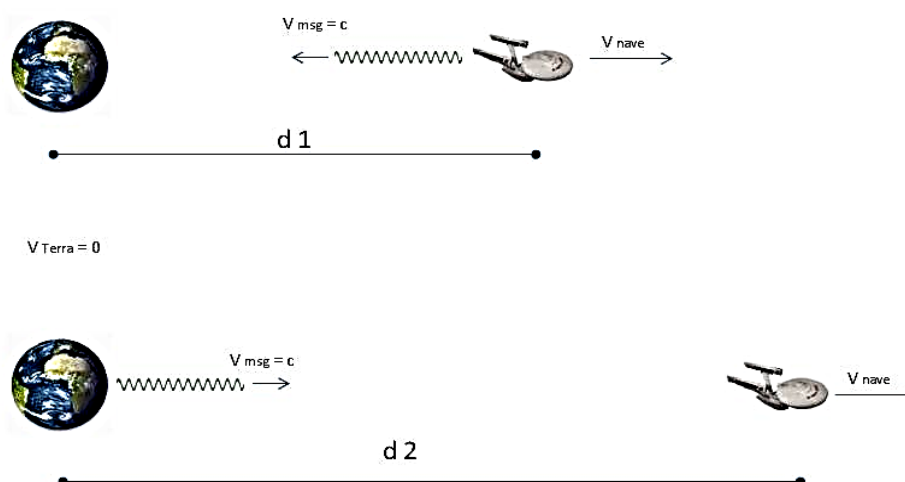
- 1- (aprox. 11 minutos) A personagem *Jim Preston* sai do estado de hibernação depois de 30 anos e se dá conta de que faltam ainda 90 anos para completar a viagem até o planeta colônia. Este dado **não** será usado para cálculo de velocidade porque os 30 anos iniciais da viagem podem conter o tempo de aceleração da nave, que é desconhecido.
- 2- (aprox. 13 minutos) A primeira decisão que *Jim* toma é enviar uma mensagem à Terra, informando o problema e esperando ajuda para resolvê-lo. O computador da nave informa, no entanto, que a mensagem transmitida, através de um “*Laser Array*”, levará 19 anos para chegar à Terra e mais 36 anos, aproximadamente, para alcançar a nave, de volta.

- 3- (aprox. 45 minutos) A personagem *Aurora Lane* confessa que não tinha a intenção de permanecer no planeta colônia, mas passar um ano por lá e em seguida retornar à Terra, para contar sua história a um público que estará, no seu ponto de vista, 250 anos no futuro.
- 4- (aprox. 59 minutos) A nave *Avalon* está em Arcturus, estrela alfa da constelação do Boieiro, com distância atualmente conhecida de 36,66 anos-luz da Terra. A cena seguinte confirma que há exatamente um ano *Aurora* saiu da sua hibernação de 31 anos (30 anos de hibernação de *Jim*, mais 1 ano em que ele ficou sozinho na nave). O tempo de viagem até Arcturus, do ponto de vista dos passageiros é, portanto, de 32 anos.
- 5- (aprox. 1 hora e 13 minutos) A personagem *Gus Mancuso* sai da hibernação por uma nova falha no sistema de hibernação. *Gus* faz parte da tripulação e tem informações técnicas que não são do conhecimento dos passageiros. Uma dessas informações, ele deixa escapar na cena da ponte de comando, quando afirma estarem se movendo a 50% da velocidade da luz.

A seguir serão desenvolvidos os cálculos, para a confirmação – ou não – da veracidade nas informações exploradas pelo roteirista em cada cena apresentada acima, com exceção da primeira, pelo motivo já exposto.

**Cena 2** – A informação sobre o tempo que a mensagem levará para ir e para voltar da Terra é fornecida pelo computador da nave, portanto considera-se que esteja correta, ou melhor, sem o possível erro ou desinformação de algum personagem, como veremos em outra cena adiante.

*Ilustração 1 - Posições da Nave na Cena 2*



*Ilustração pelo Autor*

Para facilitar a compreensão, será atribuído o referencial em repouso para a Terra. Se a mensagem leva, no referencial de tempo da nave, 19 anos para percorrer a distância da nave até a Terra com velocidade igual a  $c$  (velocidade da luz no vácuo), então a posição ( $d_1$ ) em que a nave se encontra quando envia a mensagem é igual a 19 anos-luz, no referencial de espaço da nave. O instante em que a nave emite a mensagem é  $t_1 = 0$ .

Ao retornar, a mensagem leva 36 anos, ainda no referencial de tempo da nave, para percorrer a distância da Terra até a nova posição da nave ( $d_2$ ). Nesta nova posição, a nave se encontra, portanto, a 36 anos-luz da Terra, sempre no referencial de espaço da nave. O instante em que a nave recebe o sinal de volta é  $t_2 = 19 \text{ anos (msg. indo)} + 36 \text{ anos (msg. voltando)} = 55 \text{ anos}$ .

Para esta interpretação, deve-se levar em conta o segundo postulado da Teoria:

***“A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor  $c$  para todos os sistemas referenciais inerciais.”***

Na física de Galileu, a velocidade da mensagem e a velocidade da nave se somariam para formar uma velocidade relativa percebida pela nave como velocidade da mensagem. Mas, de acordo com o postulado, a velocidade da mensagem é neste caso constante e igual a  $c$ .

Portanto:

$$v_{nave} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{36 - 19 \text{ ac}}{55 - 0 \text{ a}} \qquad v_{nave} = \frac{17}{55} c$$

Como explicado anteriormente, este valor deve ser considerado consistente com o roteiro do filme, já que foi fornecido, mesmo que indiretamente, pelo computador da nave. Será, portanto, utilizado nos cálculos futuros.

**Cena 3** – *Aurora Lane* tem a ideia genial de fazer a viagem e poder escrever a História da Colonização Espacial por ela mesma, participante da colonização, para leitores que estarão 250 anos no futuro. Para confirmar a expectativa da personagem, é preciso calcular o tempo da viagem como percebido pela Terra, de acordo com o fenômeno de dilatação do tempo previsto na Teoria:

Considere-se o intervalo de tempo  $\Delta t$ , percebido por um referencial inercial que se move em relação à nave. Neste caso, a Terra. O valor de velocidade calculado anteriormente seria aqui negativo, porém não altera o cálculo, já que será elevado ao quadrado.

Considere ainda o intervalo de tempo  $\Delta t_0$ , percebido pelo referencial da nave.

Utilizando a velocidade calculada anteriormente (  $\frac{17}{55} c$  ), pode-se achar o fator de

Lorentz aplicado a este sistema:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{17^2 c^2}{55^2 c^2}}} = \mathbf{1,05148878}$$

O fenômeno de dilatação do tempo pode ser calculado por:

$$\Delta t = \gamma \times \Delta t_0$$

Onde :  $\Delta t \rightarrow$  intervalo de tempo percebido na Terra

$\Delta t_0 \rightarrow$  intervalo de tempo percebido na nave

Assim:

$$\Delta t = \mathbf{1,05148878 \times 120 = 126,19 \text{ anos}}$$

Desta maneira, ao chegar no planeta colônia após uma viagem de (sob seu ponto de vista) 120 anos, *Aurora* estará  $\mathbf{126,19 - 120 = 6,19}$  anos no futuro da Terra.

Ao fazer a viagem de retorno, mais 6,19 anos terão se passado na Terra além dos 120 anos percebidos pela nave. Isso faria com que *Aurora* chegasse à Terra **12,38 anos no futuro**.

No entanto, como seu metabolismo e interação social/intelectual estarão suspensos durante a hibernação, o total de 240 anos de viagem não terá efeito psíquico ou somático sobre ela e desta forma, *Aurora* conclui corretamente que poderia contar a História a uma população que estaria, em seu ponto de vista, **252,38 anos no futuro**.

**Cena 4** – A estrela Arcturus, alfa da constelação do Boieiro está a uma distância conhecida, na Terra, de 36,66 anos-luz. Na cena do aniversário, seguinte àquela em que as personagens se emocionam com a visão da estrela, fica explícito que se passaram 32 anos ( $\Delta t$ ) desde a partida da Terra. À primeira vista, a viagem parece impossível, já que a nave se moveria mais rápido que a luz (  $\frac{36,66}{32} c$  ). No entanto, em altas velocidades, há contração no espaço percebido e a velocidade necessária à nave seria menor.

Como a medição conhecida (36,66 ac) foi efetuada na Terra, este será considerado o comprimento próprio ( $d_0$ ), sendo que o comprimento percebido pela nave ( $d$ ) será menor que aquele.

Do ponto de vista da nave, a distância até Arcturus ( $d$ ) será calculada de acordo com a contração das distâncias:

$$d = \frac{d_0}{\gamma}$$

Onde:  $d$  → distância até Arcturus no ponto de vista da nave (compr. relativo)

$d_0$  → distância até Arcturus no ponto de vista da Terra (compr. próprio)

$\gamma$  → Fator de Lorentz calculado anteriormente para uma velocidade de  $\frac{17}{55} c$

Assim:

$$d = \frac{36,66}{1,05148878} = 34,86 \text{ anos-luz}$$

e, portanto:

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{34,86 \text{ ac}}{\frac{17c}{55}} = 112,78 \text{ anos}$$

Encontra-se aqui uma inconsistência com os dados apresentados no início do filme, aqueles que levaram ao cálculo da velocidade da nave.

Com a velocidade informada, a nave viajaria apenas  $\frac{17}{55} c \times 32 a = 9,89 \text{ ac}$ , em seu referencial. Ou  $9,89 \times \gamma = 10,4 \text{ anos-luz}$ , no referencial da Terra.

Será então calculado um novo valor de velocidade que seja consistente com a cena.

Do fator ( $\gamma$ ) de contração do tempo, pode-se extrair o valor da velocidade que levaria a nave da Terra até Arcturus em 32 anos. Como o evento (passagem por Arcturus) está sendo observado na nave, o tempo próprio ( $\Delta t_0$ ) será considerado o da nave, sendo o intervalo de tempo percebido pela Terra ( $\Delta t$ ), maior que aquele.

$$\Delta t = \Delta t_0 \times \gamma$$

Onde:  $\Delta t$  → intervalo de tempo percebido na Terra

$\Delta t_0$  → intervalo de tempo percebido na nave

$$\gamma \rightarrow \text{“Fator de Lorentz”} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Assim:

$$\Delta t = 32 a \times \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \text{ mas } \Delta t = \frac{\Delta S}{v}, \text{ então:}$$

$$\frac{36,66 ac}{v} = 32 a \times \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{36,66 ac}{32 a} = \frac{v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (\text{e cancelando “a”, no primeiro termo})$$

$$1,145625 c = \frac{v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$1,145625^2 c^2 \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) = v^2$$

$$1,145625^2 c^2 - 1,145625^2 c^2 \frac{v^2}{c^2} = v^2 \quad (\text{e cancelando “c}^2\text{”, no segundo termo})$$

$$v^2 + 1,145625^2 v^2 = 1,145625^2 c^2$$

$$2,312456641 v^2 = 1,312456641 c^2$$

$$v = \sqrt{0,567559459 \times c^2}$$

$$v = 0,753365422 c$$

Para alcançar Arcturus em 32 anos, a nave precisaria estar viajando a mais de 75% da velocidade da luz e não a pouco mais de 30%  $\left(\frac{17}{55} c\right)$ , como calculado anteriormente.

**Cena 5** – Nesta cena, a personagem tripulante informa explicitamente a velocidade da nave aos outros dois personagens: 50% da velocidade da luz, ou **0,5 c**.

De acordo com a informação do computador da nave, a velocidade é de aproximadamente **0,309c**  $\left(\frac{17}{55} c\right)$ .

A cena 4, que foi verificada levando em conta esta última velocidade, mostrou-se inconsistente e, naquele ponto, foi ainda calculada a velocidade necessária para a viagem, no tempo informado de 32 anos. Resta, no entanto, refazer os cálculos da viagem até Arcturus, usando agora a velocidade de **0,5 c** informada nesta cena:

Fator de Lorentz calculado para  $v = 0,5 c$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0,5^2 c^2}{c^2}}} = 1,1547$$

$$d = \frac{36,66}{1,1547} = 31,748 \text{ anos-luz}$$

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{31,748 \text{ ac}}{0,5 c} = 63,497 \text{ anos}$$

Novamente, as cenas mostram-se inconsistentes com a Teoria.

Durante o filme, o espectador é informado, direta ou indiretamente, de três velocidades atribuídas à nave, a saber: **0,309 c**; **0,753 c**; **0,50 c**. Como as cenas ocorrem a um quarto da distância total de viagem, assume-se que a nave esteja em velocidade constante “de cruzeiro” e que não haveria nenhuma razão para variações; o que por outro lado invalidaria os cálculos aqui realizados, uma vez que a Relatividade Especial é restrita a referenciais inerciais, ou seja, aqueles em repouso ou em Movimento Retilíneo Uniforme.

O tempo de aceleração da nave não é fornecido, porém calcula-se que, com aceleração constante de  $10 \frac{m}{s^2}$ , a nave levaria menos de um ano para atingir a maior velocidade calculada (0,75 c). Este tempo, no entanto, não foi considerado nos cálculos, já que os resultados seriam suposições.

Dessa maneira, percebe-se que o filme, apesar de incitar a verificação das informações em seu roteiro, mostra-se inconsistente com a Teoria da Relatividade Restrita. Todavia, é possível que tenham ocorrido interpretações equivocadas na elaboração desta resenha, visto que esta teve um orçamento infinitamente menor que o da *Sony Pictures*.

### Referência

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4.