

Uma simultaneidade na Transformação de Lorentz para o tempo

Valdir Monteiro dos Santos Godoi
valdir.msgodoi@gmail.com

RESUMO – Utilizando-se do fato de não ser possível existir relógios infinitesimais, mais exatamente, do fato do tempo medido em um referencial independe do formato, dimensões e mecanismo interno dos relógios e quaisquer processos periódicos utilizados na medição, e baseando-se nas transformações de Lorentz entre (x, y, z, t) e (ξ, η, ζ, τ) , prova-se que são simultâneos tanto em relação a um referencial inercial considerado fixo quanto em relação a um referencial inercial considerado em movimento em relação ao primeiro os eventos E_1 , “O tempo medido no referencial fixo (S) é t .” (ou “Relógios $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ fixos no referencial imóvel indicam ou marcam o tempo t neste sistema.”, *i.e.*, qualquer que seja a posição (x', y, z) da medida do tempo t em S, mesmo para $x' \neq x$), e E_2 , “O tempo (ou horário, instante, instante de tempo) medido no referencial móvel (S') através de um relógio fixo neste referencial e na posição (ξ, η, ζ) é dado por τ ”. Desta simultaneidade contida na transformação de Lorentz para o tempo é fácil provar que é contraditória a definição de sincronismo de relógios utilizada na Teoria da Relatividade Restrita.

As transformações de Lorentz,

$$\tau = \beta (t - vx/c^2); \quad (1)$$

$$\xi = \beta (x - vt); \quad (2)$$

$$\eta = y; \quad (3)$$

$$\zeta = z; \quad (4)$$

para $\beta = 1/(1-v^2/c^2)^{1/2}$, dão a correspondência entre as coordenadas espaço-temporais (x, y, z, t) e (ξ, η, ζ, τ) que caracterizam um evento E qualquer no domínio da Teoria da Relatividade Restrita (T.R.R.). Elas contêm uma simultaneidade na transformação para o tempo, (1), simultaneidade esta tanto em relação ao referencial considerado fixo, de coordenadas (x, y, z, t) , quanto em relação ao referencial considerado móvel, de coordenadas (ξ, η, ζ, τ) .

Simultaneidade de quais eventos? Dos eventos E_1 , “O tempo medido no referencial fixo (S) é t .” (ou “Relógios $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ fixos no referencial imóvel indicam ou marcam o tempo t neste sistema.”, *i.e.*, qualquer que seja a posição (x', y, z) da medida do

tempo t em S , mesmo para $x' \neq x$), e E_2 , “O tempo (ou horário, instante, instante de tempo) medido no referencial móvel (S') através de um relógio fixo neste referencial e na posição (ξ, η, ζ) é dado por τ .”

A prova para a simultaneidade em relação a S é trivial: τ é medido no instante t de S , conforme as transformações de Lorentz.

Para a simultaneidade em relação a S' teremos que provar que se E_1 fosse ou anterior ou posterior a E_2 chegaríamos a uma contradição. Para isso basta recorrermos ao fato de que os relógios que medem o tempo t , fixos em relação a S , e τ , fixos em relação a S' , não são infinitesimais, mas extensos, possuindo dimensões não nulas. Já da exigência da imobilidade destes relógios no referencial onde medem o tempo verificamos que há problemas conceituais para serem resolvidos na T.R.R.: os relógios precisam estar fixos em relação ao respectivo referencial, contudo, seus principais componentes estão em movimento neste mesmo referencial, em movimento periódico.

Em acordo com o que escreveu Einstein [1], “entendemos por "tempo" de um acontecimento a indicação (posição dos ponteiros) daqueles relógios que estão na vizinhança (espacial) imediata do evento. Desta maneira, a cada evento é atribuído um valor do tempo, que em princípio pode ser observado.”. Nota-se que ao tempo é dado o mesmo significado de horário, e não necessariamente de duração ou intervalo entre dois horários.

Suponhamos então que para o referencial S' o evento E_1 , a medida de t em S na posição (x', y, z) , $x' \neq x$, seja anterior a E_2 , a medida de τ em S' na posição (ξ, η, ζ) , sendo que entre t e τ , e entre (x, y, z) e (ξ, η, ζ) , sejam válidas as transformações de Lorentz. Nesse caso deveríamos ter $x' > x$, supondo x, x' e a velocidade v de S' positivas. Oras, mas a qual parte do relógio que mede t corresponde este valor de x' ? Uma vez que todo relógio possui dimensões não nulas, deveríamos questionar: é o centro geométrico do relógio que está em x' , ou é o seu centro de massa, ou a sua parte mais à direita, ou a sua parte mais à esquerda? É alguma parte do ponteiro das horas, dos dígitos indicadores do horário ou ainda alguma outra parte do relógio que está, ou deveria estar, em x' ? Conforme escreveu Feynman [2], não é necessário conhecermos nada sobre o funcionamento ou mecanismo dos relógios, e por isso concluiremos que também não é necessário conhecermos nada sobre as dimensões e componentes dos relógios, exceto que podem ter qualquer dimensão não nula e devem ter componentes.

Qualquer que fosse a parte ou ponto do relógio que devesse corresponder a x' poderíamos assumir agora que o relógio que mede τ tivesse uma dimensão tal que o ponto x' estivesse contido nele durante a medida desse tempo τ , nem que fosse por um único instante (em particular, o instante τ ou t). É óbvio que todo o interior do relógio que mede τ está no tempo τ de S' no instante da medida de τ . Como pode ser E_1 anterior a E_2 em S' se os relógios localizam-se numa mesma vizinhança (espacial) imediata durante as medições? Transformamos o caso $x' \neq x$ no caso $x' = x$ através da extensão das dimensões do relógio que mede τ . As medidas dos tempos devem ser, assim, simultâneas em relação a ambos os referenciais. Provamos, portanto, a contradição. Prova similar se faz para a hipótese de que E_1 seja posterior a E_2 , donde se conclui que E_1 e E_2 são simultâneos em relação a S' , qualquer que seja o valor de x' , mesmo para $x' \neq x$.

Exemplificando, para facilitar nosso entendimento, suponhamos que nosso relógio em movimento, Σ , registre $\tau = 3$ horas (medido em ambos os referenciais), *i.e.*, seu ponteiro das horas encontra-se paralelo à direção do movimento e contém os pontos de

abscissas x e $x' > x$, ordenada y , no instante t , conforme medido no referencial fixo, correspondendo respectivamente às abscissas ξ e $\xi' = \beta(x' - vt)$, ordenada η , conforme medido no referencial móvel. Quando Σ registrar este horário τ seu ponteiro das horas estará na ordenada $\eta = y$ e conterà simultaneamente, em relação a S , os pontos x e x' , correspondendo respectivamente a ξ e ξ' em S' , posições ocupadas também simultaneamente neste referencial, pois caso contrário Σ registraria um outro horário, adquirindo seu ponteiro das horas uma posição inclinada em relação à direção do movimento, ao invés de $\eta = y$, levando-nos a outra contradição. Sendo assim, são simultâneas em relação a S' a medida de t em x' (ou x) e a medida de τ em ξ (ou ξ').

Um exemplo mais genérico: pelas transformações de Lorentz temos que $\tau' \neq \tau$ se τ' corresponde a uma abscissa x' diferente da abscissa x correspondente a τ , para um mesmo valor do tempo t do referencial fixo e supondo o movimento na direção do eixo dos x . Oras, mas se nossos relógios móveis obedecem, por hipótese, às transformações de Lorentz e se um relógio Σ que mede o tempo no referencial S' móvel conterà os pontos x e x' no instante t (pontos ξ e ξ' em relação a S') é óbvio que as medidas de τ e τ' devem ser simultâneas (ao mesmo tempo), mesmo em relação a S' , pois x e x' (e ξ e ξ') localizam-se numa mesma vizinhança (espacial) imediata durante as medições, *i.e.*, pertencem ao interior do relógio Σ , fazendo com que τ e τ' devessem ser iguais ao tempo indicado por Σ , ou seja, são simultâneos em relação a S' (e S) os eventos E_1 , “O tempo medido no referencial fixo (S) é t .” (ou “Relógios $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ fixos no referencial imóvel indicam ou marcam o tempo t neste sistema.”, *i.e.*, qualquer que seja a posição (x', y, z) da medida do tempo t em S , mesmo para $x' \neq x$), e E_2 , “O tempo (ou horário, instante, instante de tempo) medido no referencial móvel (S') através de um relógio fixo neste referencial e na posição (ξ, η, ζ) é dado por τ .”

Desta simultaneidade contida na transformação de Lorentz para o tempo é fácil provar que é contraditória a definição de sincronismo de relógios utilizada na T.R.R.

Mesmo admitindo a dilatação do tempo e a contração do espaço verdades da Física Experimental, não acredito que a transformação de Lorentz para o tempo, (1), possa ser verdadeira, dado o que se provou aqui. Ela não pode depender de posições, e possivelmente seja da forma $\tau = t/\alpha$, a fim de estar de acordo com a dilatação do tempo.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos professores Normando Celso Fernandes, André Koch Torres Assis e César Lattes.

Bibliografia

- [1] EINSTEIN, A., *A Teoria da Relatividade Especial e Geral*, tradução de Carlos Almeida Pereira, pp. 26-27. Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda. (1999).
- [2] FEYNMAN, R.P. *et al*, *Física, vol. 1 (Mecânica, radiação y calor)*, pp. 15-8, 15-9, tradução de Enrique Oelker L. *et al*. Tlalpan, México, DF: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. (1987).