

CBPF-NF-001/85

POSSÍVEIS VIOLAÇÕES DA TEORIA DA RELATIVIDADE

por

Jayme Tiomno

Resumo

Revisão de trabalhos anteriores do autor e colaboradores sobre possíveis violações da Relatividade Restrita (RR). É mostrado que não há contradições da Teoria do Eter de Lorentz, na forma em que ela é apresentada nesses trabalhos, com as experiências existentes. Outras experiências para detetar essas violações (ou confirmar RR) são indicadas.

Abstract

A review of previous works of the author and collaborators on possible violations of the Theory of Relativity (SR) is made. It is shown that there is no contradiction of the predictions of the Lorentz Aether Theory, in the form presented in these papers, with existing experiments. Further experiments to detect these violations (or to confirm SR) are indicated.

Key-words: Violações da relatividade; Teoria do ETÉR de Lorentz; Corpos rígidos; Rototranslação.

Este Simpósio é feito em homenagem ao Prof. Mario Schenberg, com quem aprendi muito, e com quem comecei a estudar Relatividade Geral. Isto me levou a uma dúvida sobre o assunto que eu apresentaria hoje: se sobre Relatividade Geral ou Violações Possíveis da Relatividade Restrita (RR). Dado um aspecto de Schenberg que sempre estimulou uma atitude aberta em relação a possíveis afastamentos de posições ortodoxas, resolvi relatar resultados de pesquisas recentes nessa direção, parte das quais já foi incluída no volume da Revista Brasileira de Física dedicado aos 70 anos de Schenberg. Essas pesquisas se iniciaram depois de uma fase em que me preocupe em mostrar que muitos trabalhos teóricos e análises de experimentos estavam errados porque levavam a uma violação grande da Teoria R.R., tão bem estabelecida experimentalmente. Descobri então que era muito fácil encontrar erros nos trabalhos teóricos que faziam tais predições — não nos trabalhos experimentais, porque neles há sempre efeitos colaterais, que só o experimentador pode examinar. Neste processo, verifiquei que realmente ainda havia lugar para a existência de possíveis violações fracas da R.R.. Aqui aparece uma coincidência: na reunião de Cambuquira (SBF) de setembro de 1980, numa seção comemorativa dos meus sessenta anos, apresentei⁽¹⁾ meus primeiros resultados, e o método de análise mais apropriado para o estudo de tais violações.

Neste Simpósio, dedico então as idéias dos meus sessenta anos (na época daquele trabalho) aos setenta anos atuais do Mario.

Os outros trabalhos envolvidos são colaborações com Waldyr Alves Rodrigues da UNICAMP, que em 1982, seguindo o método de análise que propuz em Cambuquira, começou a mostrar que um trabalho recente de Kolen e Torr estava errado. Daí resultou nossa colaboração e um trabalho⁽²⁾ de 1982, até hoje em disputa com o "referee", parte do qual já foi publicada em separado^(2a). O terceiro⁽³⁾ é o da R.B.F. já referido, em que as idéias gerais são mais elaboradas e esclarecidas. O quarto, no Nuovo Cimento, em que é feita a predição efetiva de possíveis violações em experiências tipo Doppler-Möller, de acordo com as possibilidades consideradas⁽⁴⁾. No terceiro trabalho⁽³⁾ nós nos preocupávamos muito em dar aos editores critérios para recusar trabalhos sobre violações da Teoria da Relatividade por simples inspeção, usando dois teoremas triviais pelos quais se pode mostrar que mais de dez trabalhos relativamente recentes estão errados. Mais recentemente, no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, com Arthur Maciel⁽⁵⁾ fizemos a análise de experiências tipo Michelson-Morley e em tipo Doppler-Möller e Kolen-Torr mais gerais que as consideradas antes⁽⁴⁾. A transparência projetada a seguir é de um seminário que fiz na PUC, em março de 1980, e a seguinte de parte do seminário dado no CBPF (agosto/1980), nas linhas dos resultados apresentados depois em Cambuquira.

Preocupado com as apresentações, ainda recentes na época, de fortes violações da Relatividade, analisava então os tipos de violação da R.R. compatíveis com os resultados experimentais conhecidos⁽¹⁾. Concluí então que um esquema viável era, mantendo a invariância relativística para as equações de Maxwell e de campos, propriedades dos corpos rígidos em translação uniforme, Dinâmica de Partículas pontiformes

mes, o de permitir violação fraca nas propriedades de movimento de corpos acelerados ^(1,3).

Já na fase de colaboração ^(2,3) com Rodrigues, definimos com precisão o que é denominado Teoria do Éter de Lorentz (TEL); a teoria alternativa utilizada por muitos autores, em contraposição à teoria de Einstein, mas permitindo violações da RR em corpos em roto-translação ⁽¹⁾. Chamamos a atenção ⁽⁴⁾ para o fato de que havia em cerca de dez trabalhos, três provando que a TEL estava errada e, portanto, confirmando a Relatividade, três provando que TEL e RR eram idênticas, não podendo dar resultados diferentes, e dois provando que a RR estava errada, favorecendo portanto a TEL. Aliás, eu chamo a atenção para o que Schenberg mencionou: não existe em Física, ao contrário do que muita gente pensa, a derrubada de uma grande teoria. Se uma teoria, como a RR, tem um número grande de confirmações ela pode ser modificada verificando-se que ela não é válida em todas as situações como se pensava inicialmente, mas que existem eventualmente situações onde ela deixa de ser válida. E a situação em que, como hipótese de trabalho, imaginamos que a Teoria da Relatividade pode deixar de ser válida, é aquela que envolve propriedades dos corpos sólidos. Em outra linguagem, as dos corpos rígidos cuja definição darei mais adiante.

No trabalho de 1982, chamamos a atenção ⁽²⁾ para o fato que tanto TEL quanto RR impõem a isotropia da propagação da luz num sistema absoluto S_0 , mas a TEL não a aceita num sistema móvel com velocidade uniforme constante \vec{V} (e vamos ver porque). Aceita, porém, a dilatação temporal dada por expressão conhecida. Aceita ainda a contração de Lorentz-Fitzgerald apenas para o movimento transla

cional uniforme. No caso de haver além do movimento translacional uniforme um movimento de rotação uniforme (em S_0 por exemplo, como vamos considerar) então no sistema comóvel S pode acontecer algo novo: a velocidade angular pode variar com o tempo. Em TEL, há uma hipótese adicional implícita: de que existe pelo menos uma sincronização interna, uma experiência feita no próprio sistema, pela qual se pode fazer a sincronização de dois relógios que estão distantes de modo que eles marquem tempos iguais em posições diferentes, mesmo distantes, apenas contraídos em relação ao tempo do sistema absoluto. A experiência de Marinov, pretende demonstrar que isto é correto, que existe um mecanismo, que mencionarei daqui a pouco, que dá esta sincronização. Mas a TEL também admite a sincronização de Einstein, pela luz, que dá aquele termo de defasagem em relação ao tempo absoluto dos relógios que estão em posições diferentes. Esta defasagem decorre de que TEL aceita a validade das equações de Maxwell em S_0 . As equações de Maxwell, no vácuo, são invariantes em relação às transformações de Lorentz. Assim na TEL aceitamos ^(1,3) que grande parte da Física, quase toda a Física, seja invariante em relação às transformações de Lorentz, e eventualmente podem haver pequenas violações em alguns setores. Ao contrário disso, a Teoria da Relatividade, que aceita todos os outros postulados anteriores, da TEL impõe que qualquer que seja o mecanismo de sincronização que usarmos, a sincronização resultante é a de Einstein. Finalmente acrescentamos uma hipótese em TEL, de definição de um corpo rígido, em rotação livre, pela qual a sua velocidade angular pode ser constante ou no sistema de coordenadas de Einstein, com a sincronização de Einstein (RR), ou num outro sistema de coordena

das que eu vou chamar de Ives-Marinov, com a outra sincronização (TEL). Chamo a atenção para o fato de que a RR, ao contrário da TEL não é compatível com o resultado de Marinov. Portanto se o resultado de Marinov está correto, isso já é uma prova de violação da teoria da Relatividade de Einstein, mas numa única experiência. Daí a importância de se repetir essa experiência, o que não foi feito até hoje e de se fazerem outras.

O método de análise é o definido em Cambuquira⁽¹⁾. Para a realização de cálculos são introduzidos nos sistemas comóveis inerciais (\vec{V} constante) coordenadas convenientes para descrever a Física. Assim, as coordenadas Galileanas (\vec{X}_G, t_G), as coordenadas de Einstein (\vec{x}, t) e as coordenadas de Ives-Marinov (\vec{X}, T) são dadas, a partir de hipóteses correspondentes ao comportamento de corpos "rígidos" e "relógios" idealizados, por transformações lineares das coordenadas absolutas (\vec{x}_a, t_a), pelas equações seguintes. Todas essas coordenadas, exceto as absolutas, são definidas no sistema S que tem velocidade uniforme \vec{V} em relação a S_0 .

a) Coordenadas Galileanas:

$$\vec{X}_G = \vec{x}_a - \vec{V} t_a \quad ; \quad t_G = t_a \quad (1)$$

Correspondem a "régua" rígidas indeformáveis e relógios imutáveis por translações e acelerações.

b) Coordenadas de Einstein-Lorentz

$$x = \gamma(x_a - V t_a) \quad ; \quad y = y_a \quad ; \quad z = z_a \quad (2)$$

$$t_a = \gamma(t + V x)$$

Essas são as transformações de Lorentz usuais. A última equação pode, com auxílio das outras, ser escrita: $t = \gamma(t_a - Vx_a)$. Essas equações podem ser obtidas usando: contração de Lorentz-Fitzgerald, dilatação do tempo e sincronização de Einstein (com radiação).

c) Coordenadas de Ives-Marinov:

$$X = \gamma(x_a - Vt_a) \quad ; \quad Y = y_a \quad ; \quad Z = z_a \quad (3)$$

$$t_a = \gamma T$$

Podem ser obtidas pela contração de L-F, dilatação do tempo e sincronização de Ives-Marinov. Resulta portanto:

$$T = \gamma^{-1} t_a = t + V x \quad (4)$$

Observe-se que o tempo de Ives-Marinov é também absoluto.

No entanto, apesar de cada uma dessas coordenadas (ou gauges) ser a mais natural para dado comportamento físico de réguas, relógios e mecanismo de sincronização qualquer delas ou qualquer sistema arbitrário de coordenadas pode ser usado desde que as leis físicas sejam expressas corretamente nessas coordenadas.

Em resumo as coordenadas são simples etiquetas; não tem consequência física nenhuma. A física Newtoniana, e mesmo a Relatividade, podem ser feitas em qualquer sistema de coordenadas. A única restrição, é o cuidado em distinguir efeitos físicos de efeitos de coordenadas, tipo forças inerciais, aberração, e outros efeitos que decorram do fato de estarmos num sistema de coordenadas não canônico, em que as equações não tomam a forma mais simples. Como a maioria das leis físicas é Lorentz invariante, o melhor é usar o sistema de Einstein⁽¹⁾. Nessas coordenadas a propagação da luz é isotrópica (mesmo em TEL!).

-7-

A primeira experiência que deu resultados que violam claramente RR, favorecendo TEL foi a de Marinov⁽⁶⁾.

A Fig. 1 dá uma idéia do experimento de Marinov. Nele existe um eixo de comprimento D que pode ser posto em rotação (velocidade angular ω). Em seus extremos existem dois discos (raio R) perpendiculares ao eixo. Sobre os discos, perpendicularmente, são colocados dois espelhos E_1 e E_2 com planos na mesma geratriz quando o eixo não está em rotação. Um sistema tipo Michelson-Morley é montado usando os espelhos como indicado na Fig. 1. A luz da Fonte F é dividida em dois raios na lâmina L . Um deles percorre a distância d , reflete-se no espelho E_1 e atravessa a lâmina L para ir ao detector C . O outro raio percorre D , reflete-se em E percorre d refletindo-se em E_2 para voltar refletindo-se em E e L e atingir então C . O detector C é uma foto-resistência, i.e., sua resistência varia com a intensidade da luz e esta depende da interferência entre os dois raios que atinjam C . A resistência de C é equilibrada numa ponte de Wheatstone. Mudanças da intensidade por variação dos percursos podem ser medidas re-equilibrando a ponte.

Mesmo que a RR seja válida poderá haver um desequilíbrio da ponte quando o eixo é posto em rotação ($\omega \neq 0$). O novo valor da resistência, porém, é independente da orientação do eixo. De fato: na RR quando o eixo está em rotação os dois espelhos continuam a cada instante na mesma geratriz (no sistema de coordenadas de Einstein), mesmo o sistema (Terra) estando em translação em relação a um sistema considerado absoluto (velocidade V_x na di

reção do eixo). No entanto variaria a interferência porque quando a luz atinge E_1 (instante t) o outro espelho estava em E_2 mas, devido ao atraso por ter que percorrer caminho maior, a luz só o atinge em E_2' ($\delta l = \omega R \frac{D}{c}$) chegando a C com o atraso $2\delta l/c$ que no entanto é independente do tempo e da orientação do eixo⁽⁶⁾. Esse atraso pode ser compensado como antes.

Em TEL, com violação de RR, pode ocorrer que, por exemplo, o espelho E_2 tenha avançado um pouco mais (e seja atingido pela luz em E_2'') apesar de as velocidades angulares serem as mesmas para os dois discos. Haverá então uma defasagem que pode depender de V_x e, portanto, do tempo (pela rotação da Terra) e da direção (rotação do eixo) de modo que o atraso compensado num dado momento e dada posição deixa de ser compensado posteriormente. Isso é detectado pela variação da fotoresistência. Isso é possível se a sincronização dos dois espelhos ligados pelo eixo rígido se dá no sistema de Ives-Marinov. Assim, ao contrário da Relatividade em que os dois espelhos estão na mesma geratriz no sistema de Einstein e há uma defasagem no sistema de Ives-Marinov, se o sólido (eixo) for considerado rígido no último sistema terá essa distorção no sistema de Einstein. Agora o segundo espelho passa por E_2' não mais no instante t' , mas no instante $t' + \frac{\vec{V} \cdot \vec{d}}{c^2}$ estando atrasado no instante t' . Logo a diferença de percurso entre os dois raios luminosos será $\Delta l = 2\omega R \delta t = 2\omega R \frac{\vec{V} \cdot \vec{d}}{c^2}$. Isso produz, por variação da interferência, mudança da intensidade da luz que atinge o detetor D. Como no decorrer do dia a direção de \vec{V} em relação ao laboratório muda pode-se determinar o vetor \vec{V} da velocidade da Terra em relação ao sistema absoluto. Foi essencialmente

por esse método que Marinov determinou \vec{V} (com $V \sim 300$ Km/s) obtendo em 1965 resultados que concordam com os obtidos em 1968 por Wilkinson et al estudando a anisotropia da radiação de 39K. Foi a partir desse resultado que percebi que um aspecto que não tinha sido testado na teoria da Relatividade, era justamente o que ocorria com corpos em roto-translação (1). Até então se estava admitindo que se um corpo estava em roto-translação, necessariamente a rigidez dele seria definida no sistema de coordenadas de Einstein. Conclui que esse resultado de Marinov, se correto, mostra que o sistema é rígido, não no sistema de Einstein, mas no sistema de Ives-Marinov, pelo menos no caso da translação na direção do eixo de rotação. Como veremos, esta experiência não contradiz outras que não evidenciam a velocidade \vec{V} pois é a única desse tipo. Em outros termos, o que Marinov percebeu foi não haver nenhuma experiência planejada para detectar diretamente um processo de sincronização diferente do processo de Einstein. E se o resultado de Marinov está correto, ele detectou. Outros tipos de experiências serão examinadas posteriormente e chamo a atenção para o fato de que experiências que não usem corpos rígidos em rotação não entram nesta análise, porque a partir deste momento nos restringimos a possíveis violações da R.R. na rotação do corpo rígido em translação relativamente ao sistema absoluto e com a luz se propagando no vácuo. Portanto, aceitamos que, por alguma razão, a física das Partículas, as equações de Maxwell e a física de Campos são relativisticamente invariantes, mas de algum modo as propriedades dos sólidos em roto-translação guardam uma informação sobre o sistema absoluto. Portanto excluímos também meios refringentes onde

também pode ocorrer violação da R.R. como proposto por Kolen-Torr.

Uma pergunta poderia ter sido feita neste momento: Por que considerar possibilidades de violações da Relatividade se há muitas experiências precisas que comprovam a R.R.? A resposta é que a maioria delas não distinguem TEL de R.R. e as outras são sujeitas a críticas.

De fato, não distinguem TEL de R.R., e portanto comprovam ambas, as experiências no vácuo:

1. Velocidade da luz vinda de estrelas binárias:

$$\delta c/c \lesssim 10^{-9} v/c - \text{Grove e Fox, Phys.Rev.} \underline{90}, 378 (1953).$$

2. Diferença da velocidade de elétrons de alta energia e velocidade do fóton:

$$\frac{\delta v}{v_0} \lesssim 2 \times 10^{-7} - \text{Guiragossian et al., Phys.Rev.Lett.} \underline{34}, 355 (1975)$$

3. Fator g dos muons:

$$\frac{\delta g}{g_0} \lesssim 2.7 \times 10^{-7} - \text{Bailey et al., N.Cim.} \underline{A 9}, 369 (1972). \\ \text{Romain, Rev.Mod.Phys.,} \underline{35}, 376 (1963).$$

4. Fator g dos elétrons:

$$\frac{\delta g}{g_0} \lesssim 3.5 \times 10^{-9} - \text{Van Dick et al, Phys.Rev.Lett.} \underline{38}, 310 (1977); \\ \text{Wesley et al., Phys.Rev.} \underline{A 4}, 1341 (1971).$$

Reexaminaremos as seguintes experiências que deveriam dar resultado nulo em R.R.

1. Brillet-Hall (laser)

$$\delta v/v \lesssim 10^{-15} - \text{Phys.Rev.Lett.,} \underline{42}, 540 (1970).$$

2. Jaseja et al (laser)

$$\delta v/v \lesssim 10^{-11} - \text{Phys.Rev.} \underline{133 A}, 1221 (1964).$$

3. Joos (Michelson-Morley)

$$\delta D/D \lesssim 10^{-10} - \text{Ann. der Physik} \underline{7}, 385 (1930).$$

4. Turner-Hill (Mossbauer)

$$\delta v/v \sim 10^{-14} \quad - \text{Phys.Rev. } \underline{134}, \text{ B } 252 \text{ (1964)}.$$

Recapitulando, a experiência de Marinov foi que historicamente chamou a atenção para um ponto que nunca havia sido examinado com cuidado, que era a possibilidade de a definição de corpo rígido em rotação, como tendo forma independente da velocidade de translação e as distâncias entre dois pontos independentes do tempo, precisar ser ligada a um sistema de coordenadas diferentes do de Einstein, por exemplo o sistema de Ives-Marinov.

Comecei então a examinar com W.Rodrigues⁽⁴⁾, estes efeitos, obtendo resultados numéricos, numa experiência de Doppler-Shift semelhante à de Champeney-Moon e outros, onde há um disco girante sobre a qual há uma fonte emissora e um absorvente. O sistema todo está se movendo em relação ao sistema absoluto. Na Fig.2, vista do sistema comóvel é o éter que se move com velocidade $-\vec{V}$. Nesta figura se admite que a forma do disco, no laboratório, continua a ser circular. Veremos mais adiante, que isso se prova experimentalmente, i.e., que o disco não se deforma no laboratório. Então, se pode determinar o efeito Doppler $\Delta v/v$ onde Δv é a diferença da frequência da radiação emitida no instante t , e da absorvida no instante $t + \delta t$, referidas, respectivamente, a fonte e ao absorvente. Nesta mesma sala há cerca de dois anos, o Prof. Nussenzveig disse que em tais experiências não se poderia detectar violação da Relatividade. Isso teria sido provado pela experiência de Champeney-Moon em que não encontram o valor de $\Delta v/v$ previsto por Möller:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\vec{V}}{c^2} \cdot (\vec{v}_a - \vec{v}_e) \sim 10^{-9}. \quad \text{Aqui } \vec{v}_e \text{ e } \vec{v}_a \text{ são respectivamente,}$$

a velocidade do emissor e a do absorvente no laboratório. Num daqueles dois teoremas triviais, nós provamos⁽³⁾, sem fazer nenhum cálculo, que esse resultado não é válido em TEL porque $\omega + \omega_0$ não anula a expressão $\Delta\nu/\omega = v \frac{\vec{v}}{c^2} \cdot \vec{k} \wedge (\vec{r}_a - \vec{r}_e)$ que deve ter em TEL o mesmo valor que na R.R. — deve pois ser nulo. Realmente, se examinarmos o trabalho de Möller, veremos que ele teve o cuidado de dizer que estava usando nos cálculos do resultado da experiência proposta a teoria do éter de Newton-Huygens i.é, sem a contração de Lorentz-Fitzgerald e a dilatação do tempo. Ele não disse que era a teoria do éter de Lorentz. E na de Newton-Huygens não há a dilatação do tempo nem a contração de Lorentz. Möller diz ainda que, mesmo havendo a contração de Fitzgerald-Lorentz, isso não alteraria o resultado, o que está correto. Mas ele esqueceu de considerar a dilatação do tempo, ou em outras palavras o efeito Doppler transversal, pois levou em conta apenas o efeito Doppler longitudinal. Então, quando se inclui o fator γ (a dilatação do tempo), o efeito de Möller desaparece completamente, dando zero. De fato, em vez de 10^{-9} foram obtidos os resultados:

$$\text{Exp. de Champency-Moon} \quad \Delta\nu/\nu \lesssim 10^{-12} \cos \omega t$$

$$\text{Exp. de Turner-Hill} \quad \Delta\nu/\nu \lesssim 10^{-14} \cos \omega t$$

No entanto nossa predição para TEL é de $\frac{\Delta\nu}{\nu} = 10^{-17} \cos \omega t$, o que não é detectável! Para uma extensão da TEL, que chamamos de TEL-EX, obtivemos 10^{-15} a 10^{-14} . No entanto o resultado de Turner-Hill não prova TEL-EX porque nesse caso a dependência com o tempo seria $\cos 2\omega t$ (!), o que não foi confirmado! Esta experiência, usa a situação mais desfavorável, a de luz ter propagação radial: a fonte estava num extremo do diâmetro, e no outro ou no centro, o absorvente. O efeito previsto da TEL está fora do limite de detecção. Se a pre-

visão da TEL-EX fosse $\approx 10^{-14} \cos \omega t$ o resultado de Turner-Hill provaria que essa teoria está errada (e não TEL). No entanto a conclusão de que essas experiências provam que TEL está errada está em todos os livros modernos, mas é uma informação completamente errada. Essas experiências provam apenas que a teoria de éter de Newton-Huygens está errada, o que é uma coisa que se conhece desde Michelson-Morley e outros. E novamente, errada significa dentro de certas aproximações fora dos limites de validade.

A fórmula da relação da frequência emitida e da frequência característica do absorvente $\frac{\nu_e}{\nu_a} = \frac{\lambda_a}{\lambda_e} = \frac{\gamma_e}{\gamma_a} \frac{1 - \vec{k} \cdot \vec{v}_e}{1 - \vec{k} \cdot \vec{v}_a}$, válida da no referencial absoluto continua válida, tanto em TEL como em RR, desde que se use o sistema de coordenadas, não de Ives-Marinov, mas o de Einstein-Lorentz. (i.e, a gauge de Einstein-Lorentz). Isto também está em contradição com os resultados dados por vários anti-relativísticos, que obtém uma fórmula diferente para o efeito Doppler e que está errada. Isso porque eles desprezam efeitos de coordenadas galileanas ou de Ives-Marinov.

Primeiro vamos fazer a hipótese de que o raio do disco é constante no gauge de Einstein-Lorentz. Temos duas possibilidades: a TEL propriamente dita, que impõe $\omega = \frac{d\phi}{dT}$ em Ives-Marinov (a velocidade angular é constante) e outra, por motivos históricos, de que no gauge de Newton, no sistema comóvel a velocidade é constante ($\omega = \frac{d\phi_a}{dt_a}$), e então vamos ter TEL extendida (TEL-EX). Mostrarei que experimentalmente esta possibilidade está excluída como também a de que o disco em rotação não permanece circular (mas é elítico) na gauge de Einstein (ou na de Ives-Marinov).

Levando-se em conta a contração de Lorentz e a dilatação

do tempo demonstra-se⁽⁴⁾ que em TEL-EX a velocidade angular de um ponto na periferia do disco (ou de um paralelo da Terra) é dada no sistema de Einstein, por $\Omega(t) = \frac{d\phi}{dt} = \omega (1+E \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \phi(t) - v \frac{V}{c^2} \sin \phi(t))$ onde $\vec{V} \cdot \vec{v} = -\omega r V \sin \phi$ e $E = 1$ (em TEL-EX). No caso de TEL é só suprimir o termo em v^2 ($E = 0$). O termo em $\sin \phi$ (ou $\sin \omega t$) existente em TEL e TEL-EX resulta da defasagem dos relógios de Einstein em relação ao sincronização de Ives-Marinov. Um termo em $\sin \omega t$, foi detectado em muitas experiências e jogado fora, porque em nenhuma teoria ele estava previsto. O termo em E é do tipo que sempre se procurou, com $\sin^2 \omega t$. Como $\Omega(t)$ não é detectável facilmente faz-se uma determinação indireta. Assim, na Fig.2 está indicada a experiência do desvio Doppler num rotor (mesa ou Terra). Um raio de luz (ou γ) emitido por uma fonte no instante t é absorvido pelo absorvente em $t + \delta t$. Pelo efeito Doppler acima mencionado mede-se

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v_e - v_a}{v_a} = \frac{v_e}{v_a} - 1$$

Obtem-se⁽⁴⁾ para o caso $\Delta \phi \ll 1$ (fonte e absorvente próximos), sendo d e R respectivamente, a distância fonte-absorvente e o raio de giração.

$$- \frac{\Delta v}{v} = \frac{d}{R} \left(\frac{v^2}{c^2} - \frac{V}{c} \cos \omega t - E \frac{v}{c} - \frac{v^2}{c^2} \sin 2\omega t \right) \quad (5)$$

Portanto em TEL ($E=0$), para a experiência na Terra ($\frac{v}{c} \sim 10^{-6}$, $\frac{d}{R} \sim 10^{-4}$) teríamos $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-10} \cos \omega t$ o que está fora dos limites atuais de detecção. Kolen-Torr previram para essa experiência $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-16} \sin^2 \omega t$, o que está errado em TEL.

Já TEL-EX ($E=1$) dá $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-16} \sin 2\omega t$ (detectável).

No entanto a equ. (5) dá em TEL para experiência em mesa girante ($\frac{v}{c} \sim 10^{-6}$; $\frac{d}{R} \sim 10^{-1}$).

$$\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-16} \cos \omega t \quad \text{o que é factível}^{(4)};$$

TEL-EX dá para a última experiência

$$\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-13} \text{ sen } 2\omega t$$

que é facilmente detectável mas que mostraremos adiante ser improvável por estar a TEL-EX já excluída por outras experiências.

Os resultados a seguir são de outro trabalho, em colaboração mais recente com Maciel⁽⁵⁾, (do CBPF). Inicialmente consideramos outro tipo de experiência, a medida do tempo que a luz leva para ir do emissor ao detector, ou o comprimento entre o ponto de emissão e o ponto de absorção (Fig.2). Obtivemos⁽⁵⁾ a fórmula abaixo.

$$\begin{aligned} \frac{c\delta t}{D_0} = \frac{\delta D(t)}{D_0} &= \frac{1}{D_0} \left| \vec{r}_a(t + \delta t) - \vec{r}_e(t) \right| = 1 - E \frac{V^2}{2c^2} \cos \frac{\Delta\phi_0}{2} \\ &+ \frac{v_0}{c} \cos \frac{\Delta\phi_0}{2} - \frac{v_0}{c^2} V \cos \frac{\Delta\phi_0}{2} \text{ sen } \left(\omega t + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right) + \\ &+ \frac{1}{2} \left[\lambda + 2E \cos^2 \left(\frac{\Delta\phi_0}{2} \right) \right] \frac{V^2}{c^2} \text{ sen}^2 \left(\omega t + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right) \end{aligned}$$

O termo $v_0 \cos \frac{\Delta\phi_0}{2}$ nada mais é do que o efeito Sagnac, que não vou examinar. $v_0 V \cos \frac{\Delta\phi_0}{2} \text{ sen} \left(\omega t + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right)$ é um efeito $\text{sen}\omega t$, existente tanto em TEL como em TEL-EX e os dois termos $\left[\lambda + 2E \cos^2 \left(\frac{\Delta\phi_0}{2} \right) \right] \frac{V^2}{c^2} \text{ sen}^2 \left(\omega t + \frac{\Delta\phi_0}{2} \right)$ são efeitos em $\text{sen}^2\omega t$, só existentes em TEL-EX. Este termo em $\cos^2 \left(\frac{\Delta\phi_0}{2} \right)$ (TEL-EX) é o que vai ser excluído. O parâmetro λ é para admitir que mesmo no laboratório, na gauge de Einstein, haja alguma contração da mesa em rotação, na direção de \vec{V} . Assim temos $\lambda = 1$ se não há contração de Lorentz e $\lambda = 0$ (TEL) se não há contração no sistema co-móvel, nas coordenadas de Einstein. E aqui temos que considerar uma primeira si

tuação: o espectrômetro em rotação livre. A hipótese feita, é de que a velocidade angular é constante no sistema inercial em que a mesa (ou a Terra) está em rotação livre. Nas experiências, não se pode dizer que a mesa (e o equipamento usado) estão em rotação livre porque há um certo torque necessário para manter a rotação, o que transmite em parte a rotação da Terra. E o interessante, é que desde o início, se começou a por o sistema em rotação. Michelson depois da primeira experiência, Miller e todos os outros puseram o espectrômetro em rotação. E por esta teoria, o raio, que aparece é o do disco, e não mais o da Terra, (onde $\frac{vV}{2c^2} \sim 10^{-9}$). E portanto a velocidade de rotação ($v = \omega R$) passa a ser muito menor, e com o disco o efeito diminui. Além do mais se o percurso da luz é radial, passando pelo centro do disco, acontece aquele efeito que eu mencionei anteriormente, surge um fator $\cos \frac{\Delta\phi_0}{2}$. Como $\Delta\phi_0 = \pi$ neste caso, porque os dois pontos estão opostos radialmente, $\cos \frac{\Delta\phi_0}{2}$ seria zero. E isto faria com que os termos em $\cos \frac{\Delta\phi_0}{2}$ e $\cos^2 \frac{\Delta\phi_0}{2}$ fossem a zero e restaria o termo em λ , da deformação da mesa. Assim a experiência de Joos, que é a mais precisa experiência de Michelson-Morley com espectrômetro, dá $\frac{\Delta D}{D} \lesssim 10^{-10}$, o que simplesmente significa que $\lambda < 10^{-4}$ (pois $v^2/c^2 \sim 10^{-6}$). Essa experiência prova a hipótese, feita inicialmente de que o disco em rotação continuava a ser circular num sistema de Einstein, é correta, e mais nada. Mas há outras experiências deste tipo. A experiência de Brillet-Hall reduz mais ainda λ . De fato ela dá $\frac{\Delta D}{D} \lesssim 10^{-15} \cos 2\omega t$, em que a rotação é a da mesa e $\frac{v^2}{2} \sim 10^{-6}$. E Essa experiência mostra simplesmente que $\lambda + 2E \cos^2 \frac{\Delta\phi_0}{2} \sim 10^{-9}$. Como $2\cos^2 \frac{\Delta\phi_0}{2} \sim 1$ isso, junto com $\lambda \ll 10^{-4}$, mostra que não existe o efeito TEL-EX e dá $E=0 \therefore \lambda \sim 10^{-9}$. Temos, portanto, que

considerar apenas teorias tipo TEL sobre a qual essa experiência na da diz. Além do mais, este resultado está em contradição com a previsão de Torr, $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-16} \cos \omega t$ porque, como disse, a previsão de Torr para desvio de Doppler, só é consistente com violação da Relatividade se é TEL-EX (ou $\lambda + 2 E \sim 1$) e a experiência de Brillet-Hall, exclue TEL-EX. Uma experiência que pode ter provado que TEL também está errada é a de Jaseja et al. A experiência deles tem precisão muito menor que a de Brillet-Hall. De fato dá um limite superior de $\frac{\Delta D}{D} \sim 10^{-11} \sin \omega t$. No entanto esse efeito foi detectado para o aparelho na mesa oscilante em repouso instantâneo. Portanto, de acordo com a equação acima, deveria haver (em TEL) um efeito $\sin \omega_T t$ porém com $\frac{\Delta D}{D} \sim 10^{-9}$. Se se procura ajustar os pontos experimentais da Fig. 3 por uma senóide com o período de 24 horas e o mínimo próximo das 6 horas siderais de acordo com Marinov⁽⁶⁾ e Wilkinson⁽⁷⁾ obtem-se $(\frac{\Delta D}{D})_{\text{exp.}} \sim 10^{-10}$. Um fator adicional $\alpha \sim 10^{-1}$ pode decorrer do fato de que a mesa não está ancorada na Terra. Sua deformação no sistema de Einstein (pela rotação da Terra) pode ser apenas parcial. Outro fator de redução poderia ser devido a orientação dos Masers que são usados formando um angulo de 90° . De fato (excluído o efeito espúrio) teríamos

$$\frac{\delta D}{D} \sim \alpha \times 10^{-9} \times \cos 2\theta \sin \omega t$$

(onde θ = angulo com direção oeste-leste). A repetição dessa experiência é essencial — ela facilmente provaria TEL ou confirmaria RR.

Voltemos agora à experiência de Doppler-shift em mesas girantes, estendendo o cálculo anterior⁽⁴⁾, que foi feito apenas para o caso $\frac{D}{R}$ pequeno. Agora pode ser qualquer⁽⁵⁾.

Obtivemos então, uma fórmula geral ⁽⁵⁾, que inclui como caso particular o calculado com W.Rodríguez ⁽⁴⁾.

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v_0^2 v}{c^3} \text{sen } \Delta\phi \cos \left(\omega t + \frac{\Delta\phi}{2} \right) -$$

$$- E \frac{v_0 v^2}{c^3} \left(\lambda + 2E \cos^2 \frac{\Delta\phi}{2} \right) \text{sen } \frac{\Delta\phi}{2} \text{sen}(2\omega t + \Delta\phi)$$

Se voltarmos a analisar novamente o caso $\Delta\phi_0 \cong \pi$, tomando o segundo harmônico temos $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-12} \left(\lambda + 2E \cos^2 \frac{\Delta\phi}{2} \right) \sim 10^{-20}$, mas isso em TEL-EX. Já o primeiro harmônico daria, mesmo para TEL $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-15} \cos \frac{\Delta\phi_0}{2} \sim 10^{-17}$ se $\frac{\Delta\phi_0}{2} \sim 10^{-2}$ — não é observável. A experiência de Turner-Hill, já mencionada, dá $\sim 10^{-14} \cos \omega t$ sendo consistente com zero. Mas há uma situação interessante, que aumenta o efeito, que ocorre quando fonte e absorvente estão em quadratura, quando então sobrevivem tanto termos em $\text{sen } 2\omega t$, como em $\cos \omega t$. Neste caso a TEL-EX, está excluída, pelas razões já mencionadas, mas em TEL, já aumentou o efeito, que agora é $\frac{\Delta v}{v} \sim 10^{-15} \cos \omega t$, e está plenamente dentro dos limites experimentais atuais. Esta experiência é factível!

Para concluir:

1. Não está excluída a possibilidade de violação da Relatividade Restrita, em experiências envolvendo sólidos acelerados. (Esta é a novidade em relação às análises anteriores de possíveis violações. Quer dizer todas as análises que levam a violação da RR em sistemas em movimento uniforme, no vácuo, estão erradas. Para movimento uniforme, TEL é idêntico a Einstein).
2. Há necessidade de refazer a experiência de Marinov, mesmo que seja para provar que está errada. (Eu acho insatisfatória a

atitude que os físicos estão tomando atualmente, pois nenhum físico se deu ao trabalho de repetir a experiência de Marinov porque, dizem, obviamente está errada. Mas sou da opinião de que, mesmo errada, podem ocorrer estes outros efeitos).

3. Há necessidade de fazer experiências de Doppler-shift, em condições mais favoráveis. (Tanto Mössbauer como Laser, não em condições de oposição, mas em posições de quadratura, quando então o efeito é detectável. Porque em todas as experiências efetuadas até agora, o efeito não é detectável. Então não provaram nada, se a teoria correta é essa).
4. Devem ser feitas experiências de Michelson-Morley, sem rotação da mesa ou com luz não se movendo radialmente. (Chamo a atenção para o fato de que com a rotação da mesa pela hipótese feita, não é a velocidade tangencial de rotação da Terra, e sim a da mesa, que vai aparecer. E em quase todas essas experiências, eles puseram velocidades muito pequenas, em vez de 10^{-6} que é a velocidade de rotação de um ponto na superfície da Terra, no Equador (v/c), ela passa para 10^{-10} nas condições experimentais em que eles fizeram. Então diminui muito o efeito, se ele existe. A análise do primeiro harmônico, é sempre jogada fora nestas experiências. Mas em geral quando dão uma indicação da ordem do primeiro harmônico, ele é maior do que o previsto por essa teoria).
5. Necessidade do estudo dos mecanismos de violação, se confirma

da (É óbvio que não tem sentido começar a fazer teorias, verificando em que lugar da física dos Sólidos podem aparecer referências ao sistema Absoluto, porque realmente há poucas indicações).

6. Possibilidades de violação da Relatividade Restrita em outras situações. (Se confirmadas nos sólidos em rotação, porque pode acontecer que nos líquidos também haja. Por que apenas nos sólidos?).
7. Se não, enterro de primeira classe para esta tentativa de justificar possíveis violações da Relatividade Restrita no vácuo.

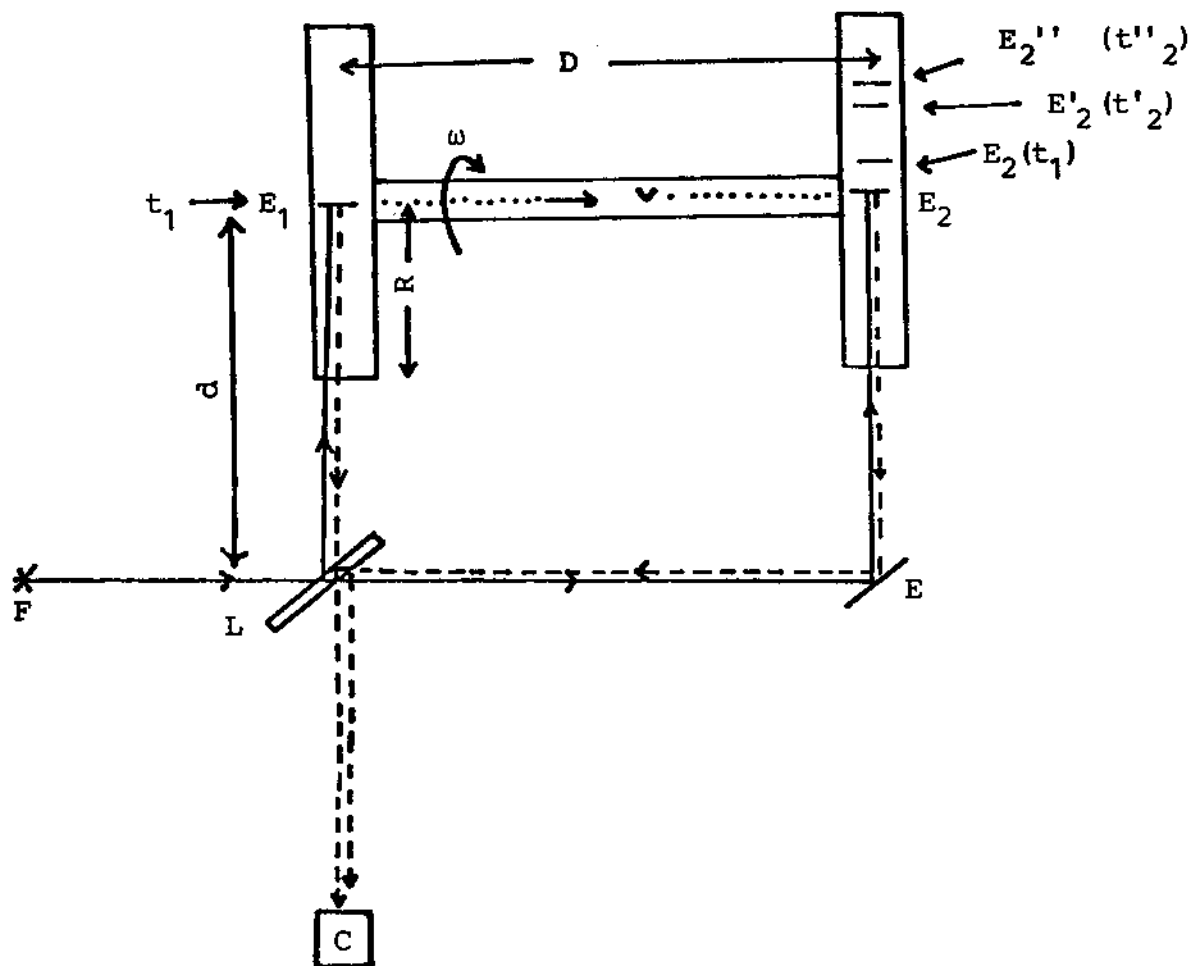


Fig. 1 - ESQUEMA DA EXPERIÊNCIA DE MARINOV

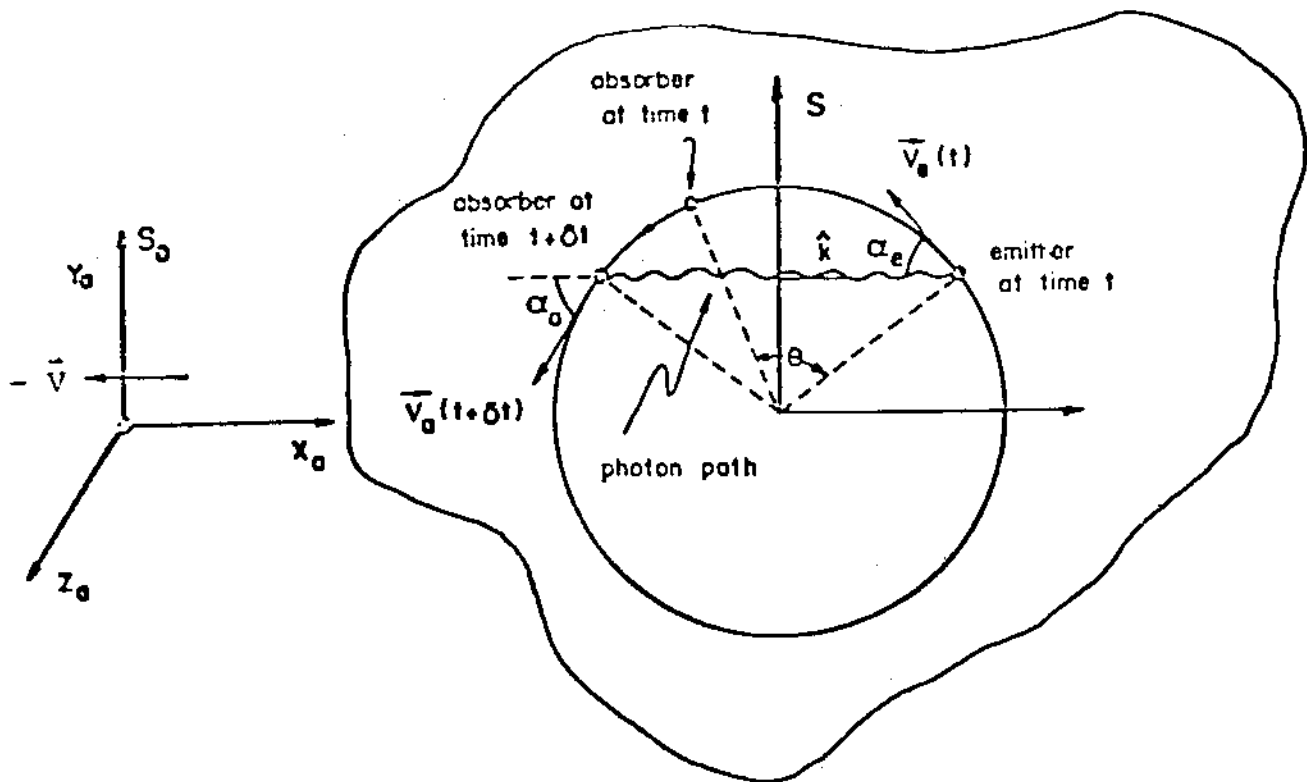


Fig. 2 - A experiência do desvio Doppler com fonte e absorvente em rotação, vista do sistema S no gauge de E - L. O sistema absoluto S_0 tem velocidade $-\vec{V}$.

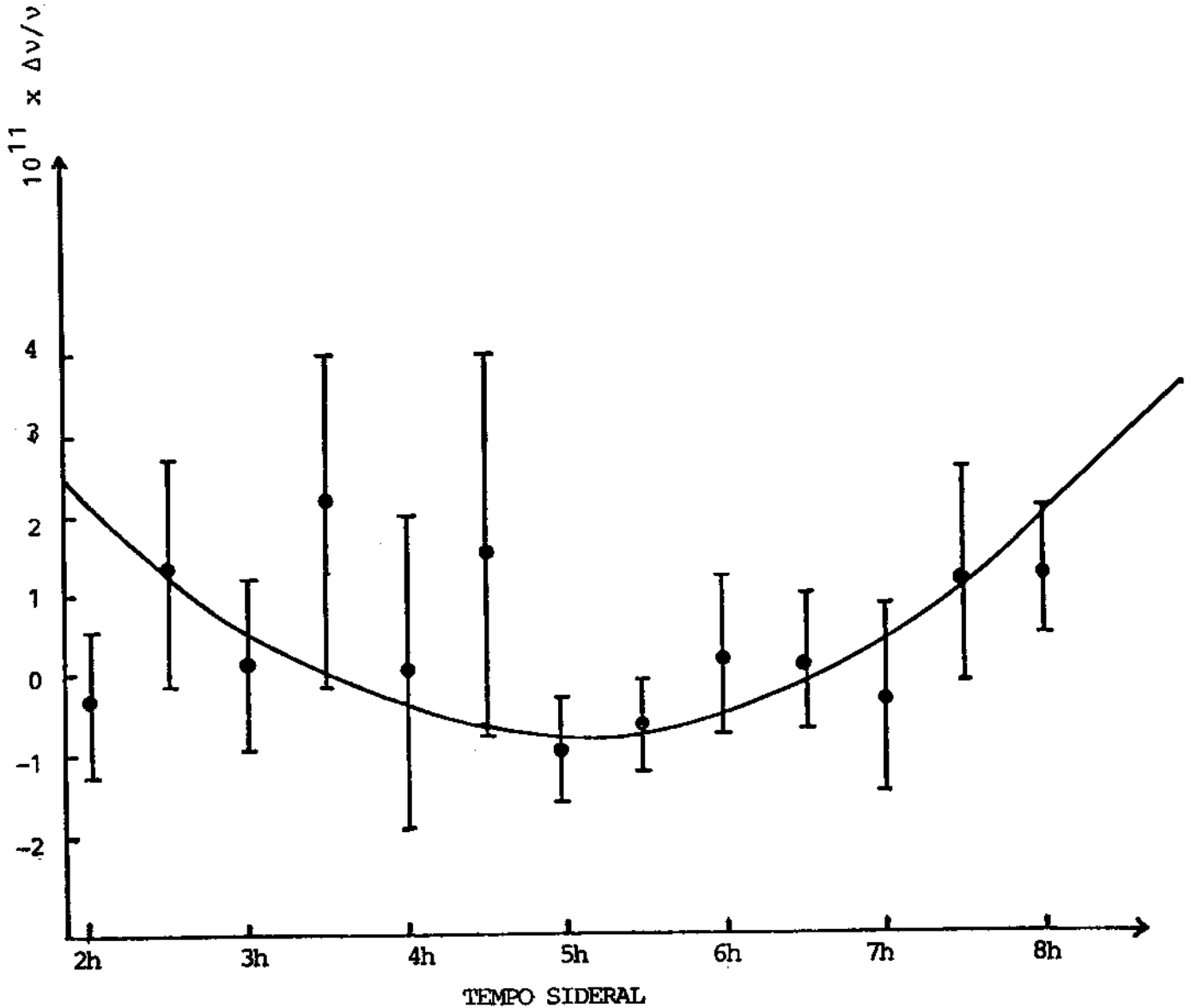


Fig. 3 - $\delta v/v$ observado por Jaseja et al em função do tempo sidereal (pontos experimentais). A curva dá o ajuste do efeito $\sin \omega t$ predito por TEL, com um fator de redução $\alpha \sim 10^{-1}$, após a subtração de um efeito espúrio constante $\sim 10^{-9}$.

REFERÊNCIAS

1. J.Tiomno, Discurso de agradecimento pronunciado na sessão de homenagem aos seus 60 anos na II Reunião de Partículas e Campos da SBF, Cambuquira, Setembro de 1980.
2. W.A.Rodrigues Jr. e J.Tiomno, Found, Phys., recebido a 10.09.1982, aceito a 23.09.1984. 2a) Proceedings of the International Conference on Space-Time Absoluteness, Ed. S.Marinov e J.P.Wesley, East-West Publ. Comp., Graz, Austria, pag. 147 (1982).
3. W.A. Rodrigues Jr. e J.Tiomno, Rev.Bras.Fis., 14 (Suplem.), 450 (1984).
4. W.A.Rodrigues Jr. e J.Tiomno, submetido ao Nuovo Cimento (1984).
5. A.K.A.Maciél e J.Tiomno, em redação.
6. S.Marinov, Gen.Rel.Gravit. 12, 57 (1980).
7. Wilkinson e Corey, Physics Today, Jan. 17 (1978).