

## RUÍDO RELATIVÍSTICO NA INTERPRETAÇÃO DE SITUAÇÕES FÍSICAS

*Maurício Pietrocola*

*Arden Zylbersztajn*

*Departamento de Física - Universidade Federal de Santa Catarina*

### INTRODUÇÃO

Esse trabalho é parte de uma pesquisa mais ampla concernindo a utilização do Princípio de Relatividade por alunos do curso de Física da UFSC na interpretação de fenômenos Físicos.<sup>1</sup> Nessa pesquisa, os alunos deveriam interpretar fenômenos, estando no interior de um trem em movimento retilíneo e uniforme, ora lento, ora rápido. Eles deveriam responder se mudanças ocorreriam no comportamento dos fenômenos devido ao movimento do trem. As situações interpretadas envolviam dinâmica dos corpos, hidrostática, termologia, eletricidade, magnetismo, óptica e som.

A metodologia utilizada na pesquisa era baseada em entrevistas clínicas, onde os alunos deveriam responder sim ou não sobre a modificação do fenômeno e justificar suas respostas. Elas foram agrupadas por semelhança quanto ao tipo de argumentação utilizada.

O presente trabalho é uma análise aprofundada dessa categoria de respostas que foi intitulada "Ruído Relativístico".

### RESULTADOS

A maioria das respostas dos alunos não indicou modificações nos fenômenos analisados. Isso contudo não significou um uso maciço de conteúdos oriundos da Teoria da Relatividade. Ao contrário, em nenhum caso argumentos relativísticos foram usados para negar a ocorrência de mudanças no comportamento dos fenômenos.

No entanto, um grupo de alunos valeu-se de tal conhecimento na confecção de suas respostas, porém de forma diferente daquela contida na própria teoria. Eles associavam a existência de efeitos relativísticos como a dilatação do tempo, contração do espaço e aumento da massa inercial, como gerador de mudanças nas situações físicas enfocadas. Esses alunos demonstraram ter um conhecimento superficial da teoria, e ao incorporarem alguns conceitos da mesma à sua estrutura interpretativa chegaram a conclusões contrárias daquelas previstas pela Teoria da Relatividade.

Os alunos entrevistados eram um número de 21, sendo seis iniciantes e quinze formandos de último ano. Entre os alunos, o ruído relativístico se distribuiu da seguinte maneira:

---

<sup>1</sup>O resumo desse trabalho encontra-se publicada nessas atas sobre o título "**O USO DO PRINCÍPIO DE RELATIVIDADE NA INTERPRETAÇÃO DE FENÔMENOS POR ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**". Nele pode-se encontrar uma descrição mais completa da pesquisa, com as questões colocadas, todas as categorias de resposta dos alunos.

2 calouros —> (33% do total de calouros)

4 veteranos —> (27% do total de veteranos).

Embora a amostragem seja reduzida para uma conclusão definitiva, as porcentagens parecem indicar que o ruído relativístico se estabelece na estrutura interpretativa de alunos iniciantes e formandos de um curso universitário. Apesar dos alunos das fases finais terem uma bagagem de conteúdo maior, não houve uma maior resistência desses ao ruído relativísticos.

## ANÁLISE DAS RESPOSTAS

A entrevista do aluno José se encontra nesse grupo. Ao ser questionado sobre o comportamento dos fenômenos com o trem em baixa velocidade, ele foi categórico ao negar a existência de qualquer mudança. Porém, ao passar para o domínio de altas velocidades, suas respostas foram influenciadas por efeitos que ele acreditava serem previstos pela Teoria da Relatividade, como a dilatação do tempo, a contração do espaço, etc. Ao lembrar daquilo que escutou sobre a Relatividade einsteiniana, ele dizia ficar em dúvida, acabando por admitir que talvez existisse alguma mudança.

Constatou-se ao longo de sua entrevista um confronto entre sua concepção pessoal e esses efeitos relativísticos.

Esse fato se manifestou pela primeira vez na resposta à questão 4<sup>2</sup>. Quando questionado sobre o que ocorreria com a uma bexiga de ar em alta velocidade, ele reflete da seguinte maneira: "Eu nunca pensei nisso..., numa velocidade de 5000Km/h ! A gente está num avião a 1000Km/h e não muda [nada]. Agora [se se aproximar] da velocidade da luz é um negócio meio [complicado]... Daí, eu já ouvi coisas sobre a velocidade da luz... negócio de aumento de massa, que muda o tempo..."

O aluno admite que ao se aproximar de altas velocidades entra num domínio novo, desconhecido. A partir desse momento, diminui a confiança na sua concepção pessoal. Desse novo domínio ele tem algumas informações que no entanto não se configuram como uma concepção inteligível. Não há uma articulação dessas informações com sua estrutura interpretativa anterior. O que se instala é uma oscilação entre duas posições diferentes. Uma baseada na sua concepção pessoal, que lhe indica a manutenção do comportamento dos fenômenos. Outra centrada nos efeitos relativísticos que ele acredita existir em altas velocidades. O confronto se estabelece entre seus critérios e as novas informações.

Esse ponto fica claro no seguinte trecho: "Primeiramente eu penso no que iria acontecer se a velocidade fosse grande? Mas eu também não vejo [como mudaria]. O Einstein falou, parece que a massa vai aumentando, tem a ver com o tempo... eu não consigo entender aquilo. Intuitivamente é difícil de entrar na minha cabeça".

---

<sup>2</sup>Veja resumo relativo ao trabalho principal para descrição das questões propostas.

Os rudimentos de Relatividade que o aluno têm interferem na sua ação interpretativa. Nesse contexto, o seu conhecimento superficial sobre a relatividade constitui-se num ruído. Por esse motivo definimos esse grupo de respostas como "Ruído Relativístico".

Fica claro a partir dos extratos acima que essas novas informações impedem que sua opinião pessoal sobre o fenômeno se estabeleça. O aluno se refere a seus critérios pessoais como "intuição", e deixa claro que os conhecimentos provenientes da teoria da relatividade não podem ser compatibilizados com os primeiros.

Assim, na sua interpretação própria, ele não veria motivos para prever nenhuma mudança no fenômeno em alta velocidade. Porém, os dados provenientes da teoria parecem lhe indicar o contrário. O domínio das altas velocidades lhe é estranho, enfraquecendo sua intuição, que pode ser entendida como sua estrutura interpretativa em ação. O trecho a seguir, exemplifica nossa interpretação. "Eu só mudo meu pensamento, [pois] não sei o que vai acontecer perto da velocidade da luz. Já que o Einstein falou aquelas coisa... tem aquela estória do cara que viaja a velocidade da luz e encontra o irmão mais velho".

Visando verificar se o conhecimento em relatividade era o motivo da mudança no seu padrão de resposta, foi colocada a seguinte questão complementar: " Se você não tivesse ouvido falar do Einstein, como você responderia as questões? Sua resposta foi categórica: "Se eu não tivesse ouvido falar [do Einstein e da teoria da relatividade], eu diria que não [ haveria mudanças]".

Um pouco mais adiante na entrevista, esse confronto entre seus padrões de construção e sua leitura sobre a Relatividade, apareceu novamente no seguinte trecho: "...intuitivamente eu diria que não, mas tem as coisas do Einstein... não que eu não acredite. Até acredito... o cara lá é altamente respeitado... , mas é uma coisa difícil de engolir".

Com efeito, o que motiva as respostas positivas de José é na verdade o valor atribuído à autoridade científica de Einstein, que parece lhe trazer informações de um domínio inacessível. O ruído se instala na sua estrutura interpretativa e em vários momentos da entrevistas ele indica, contra sua intuição, que existem "coisas" nos fenômenos que devem mudar. Apesar dele acreditar que os efeitos relativísticos resultariam em mudanças no comportamento dos fenômenos, ele não sabe precisar como seriam essas mudanças, pois afirma desconhecer o funcionamento da teoria. Na verdade, seu conhecimento sobre a relatividade não chega a se constituir numa base operatória para o raciocínio. Apenas lhe serve como indicativo de que coisas (como "dilatação do tempo, aumento de massa", etc) ocorrem em altas velocidades.

Em outros alunos, a interferência do ruído relativístico também se fez sentir. As mudanças nos ditos observáveis que a teoria da relatividade propõe para observadores em movimento relativo são incorporados por esses alunos, transformando-se em efeitos detectáveis nas situações do trem em alta velocidade.

Para Miguel, as baixas velocidades do trem não introduziram mudanças nos fenômenos. Dentro desse contexto, seu perfil seria de um aluno inercial (I)<sup>3</sup>. Porém, ao ser inquirido sobre o

---

<sup>3</sup>Veja resumo do trabalho principal.

que ocorreria para altas velocidades, ele respondeu: "Eu tenho dúvidas, pois em velocidades muito grandes vai valer a relatividade. Aí eu não sei exatamente como funciona". Para ele também o domínio das altas velocidades representa algo novo. A continuação da sua entrevista vai demonstrar que ele não domina a estrutura interpretativa da teoria da Relatividade. Ele vai simplesmente anexar a dilatação do tempo prevista na teoria à sua própria estrutura interpretativa, no caso clássica/inercial, e fazer previsões para os fenômenos no trem em movimento.

Inicialmente, ao responder a uma questão pêndulo simples, ele vai dizer, corretamente, que o tempo se dilataria para um observador parado na estação. Porém, na continuação de sua fala, ele vai acrescentar que esse fato ocorre também para relógios embarcados no trem em alta velocidade.

A partir daí, suas respostas a todas questões vão incorporar a dilatação do tempo como variável interpretativa. Por exemplo, sua interpretação do que ocorreria com uma bexiga de ar com o trem em alta velocidade foi a seguinte: "Se eu pensar na forma como eu pensei ainda a pouco, ...eu acho que haveria uma dilatação do tempo. As partículas que estão indo para frente do trem iriam mais devagar. Então deveria haver um acúmulo[de partículas]... ; a bexiga ficaria mais gordinha na parte voltada para a traseira do trem. Porque teriam partículas voltando mais rápido, da frente para trás, do que indo de trás para frente".

Sua resposta à questão contento ímãs e bússolas, seguiu o mesmo padrão. A dilatação do tempo induzia à modificação do campo magnético. Todas suas respostas apresentam influência da dilatação do tempo. Na sua forma de interpretar as questões, todos fenômenos estariam sujeitos a modificações com o trem em alta velocidade. Seu padrão de resposta é diferente daquele de José, onde os efeitos do movimento se fizeram sentir em apenas 5 fenômenos.

Para outro aluno influenciado pelo Ruído Relativístico, Pedro, o efeito relativístico que se anexou a sua estrutura interpretativa foi o aumento da massa dos corpos em alta velocidade. Pedro não tem um perfil inercial, e o ruído relativístico se instalou a uma estrutura que conta com diversas concepções intuitivas (não-científicas). O aumento da massa é identificado por ele como uma fonte geradora de modificações nos fenômenos. Seu padrão de resposta é muito similar ao de Miguel, embora encontremos nas suas resposta outros elementos além do ruído relativístico. Por exemplo, sua resposta sobre a ebulição da água é a seguinte: " A temperatura de ebulição vai aumentar. Vai ser preciso mais calor... porque a massa [d'água] vai aumentar... a água vai se tornar mais densa". Porém, em duas situações, o aumento da massa não chega a gerar efeitos perceptíveis no fenômeno.

As respostas de Clóvis e Juliana também são influenciadas pelo ruído relativístico. Clóvis vai se fixar na contração espacial, e Juliana tanto na contração como na dilatação temporal.

## CONCLUSÃO

A influência desse ruído relativístico nas respostas de vários alunos chama a atenção para a forma como os conteúdos aprendidos podem ser incorporados à estrutura interpretativa dos estudantes. Nesse caso, os alunos tiveram contato com a Relatividade nas disciplinas e muito provavelmente em revistas de divulgação. Porém, a presença do ruído relativístico em suas respostas parece indicar que eles não incorporaram os critérios que tornam esse conteúdo operatório. Isso é, eles aprenderam que os tempos se dilatam, as massas aumentam e os espaços se contraem, porém não sabem como aplicar tais conhecimentos. Eles operam com esse conhecimento de forma diferente daquela prevista na teoria. Houve incorporação de elementos conceituais, mas não o contexto no qual eles se articulam e ganham sentido, tornando-se portanto operatórios.

Para dar sentido a esses conceitos, os alunos os incorporam a seu contexto pessoal, chegando a resultados diferentes daqueles indicados pela teoria. Temos pois, a construção de uma concepção alternativa sobre uma concepção científica.

Toda estrutura teórica vincula-se a um contexto problemático que lhe deu origem. Esse perfil de resposta, deixa claro que mais que aprender um conteúdo físico, o importante é o contexto dentro do qual ele se torna passível de fornecer uma interpretação da realidade. Fora desse contexto, a estrutura teórica é inoperante. Seria como uma chave sem fechadura. Ela não vai desvendar nenhum novo mundo escondido por detrás de uma porta, mas apenas forçar outras fechaduras que não lhe são complementares.

A incorporação de um conhecimento científico desvinculado de seu contexto pode gerar um bloqueio dos seus mecanismos críticos/seletivos. Como no caso de José, ele tinha uma intuição de que nada deveria ocorrer em altas velocidades, como num prenúncio do Princípio de Relatividade, mas devido ao ruído relativístico, abdica de tal intuição em favor de um estereótipo de conhecimento científico que ele havia incorporado. Suas respostas deixam claro que ele não podia se opor ao nome de Einstein e à Teoria da Relatividade. Nessa situação, ele passou a ser apenas um retransmissor de um pseudo-conhecimento científico que ele não dominava, mas que ele acreditava exprimir a realidade.

As previsões de comportamento de fenômenos fornecida por alguns desses alunos, influenciados pelo ruído relativístico são muito similares a efeitos não inerciais. Miguel, por exemplo, ao analisar a questão da bússola, fornece o mesmo tipo de resposta de Ricardo, que é um aluno com perfil não-inercial. Em ambos os casos, o efeito do movimento do trem é lançar a agulha da bússola para trás. Porém, Miguel justifica esse comportamento como resultado relativístico, alegando a deformação do campo em alta velocidade.

Juliana, ao responder sobre o fenômeno de refração numa lente no trem em movimento, previu que o foco seria formado mais atrás, em direção à traseira do trem. Sua justificativa é feita com base na contração do tempo. Porém, essa previsão também é compatível com uma concepção de luz particulada regida por uma dinâmica não-inercial.

A coincidência dessas previsões com padrões não-inerciais pode ser resultado de uma tentativa de superação da física clássica. O ruído relativístico seria um indicativo nessa direção.

Daí nasce a necessidade de transcender a interpretação clássica, em direção a uma relativística. Porém, desse processo não resulta nenhuma nova estrutura operatória, mas um retorno em direção a estruturas pré-clássicas. O Ruído Relativístico motivaria uma convicção teórica sobre o contexto inusitado das altas velocidades, negando a física clássica e criando a expectativa de modificações no comportamento da realidade. Ou seja, o ruído relativístico indica a existência de mudanças em conceitos básicos utilizados na interpretação dos fenômenos. Porém, essas mudanças não se exprimem através de uma nova estrutura interpretativa. Elas são incorporadas por imposição do contexto científico (prestígio, etc). No momento de executar as previsões solicitadas, eles não encontram uma base racional para isso, porém acreditam que modificações existirão. As previsões são então feitas via uma estrutura não-inercial, alternativa, mas justificadas pelos efeitos relativísticos.

Este seria um processo de transferência de função operatória de uma estrutura relativística inexistente para outra pré-clássica.

### IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS

O resultado dessa pesquisa tem uma consequência importante para o ensino. É necessário não desvincular o conteúdo teórico que se deseja ensinar do contexto problemático. Se não se insistir no contexto, nos objetivos da teoria e os problemas e soluções propostas, corre-se o risco de que partes da estrutura teórica sejam incorporadas, porém aplicadas segundo critérios alheios à teoria servindo para a construção de uma realidade física diferente daquela pretendida pela ciência.

No caso da Relatividade relatado anteriormente, os elementos da teoria incorporados pelos alunos levaram-nos a produzir uma visão de mundo completamente oposta aquela pretendida por Einstein. Se nos fiarmos às respostas de nossos alunos que se valeram de resultados da relatividade, os fenômenos da natureza se comportam de forma diferente em altas velocidades, sendo por isso possível distinguir esses movimentos de situações em repouso. Teríamos nesse caso o "Princípio da absolutividade", e caberia-nos inquirir sobre onde estaria o referencial absoluto que Newton também alegava existir!