

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**LUDMYLLA BARBOSA DE ANDRADE KOBATA**

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RELATIVIDADE DE ESTUDANTES DE  
ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA INTERVENÇÃO  
DESENVOLVIDA NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**VITÓRIA**

**2017**

LUDMYLLA BARBOSA DE ANDRADE KOBATA

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RELATIVIDADE DE ESTUDANTES DE  
ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA INTERVENÇÃO  
DESENVOLVIDA NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Monografia apresentada ao departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Vitória/ES

2017

**LUDMYLLA BARBOSA DE ANDRADE KOBATA**

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE RELATIVIDADE DE ESTUDANTES DE  
ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA INTERVENÇÃO  
DESENVOLVIDA NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Monografia apresentada ao departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Física.

Aprovada em \_\_\_ de agosto de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Geide Rosa Coelho**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Centro de Educação**  
**Orientador**

---

**Membro**

---

**Membro**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus pais pelos valores a mim transmitidos, sem os quais eu não poderia ter chegado até aqui.

Agradeço ao meu Orientador Professor Doutor em Educação Geide Rosa Coelho a quem muito admiro pela incessante dedicação e amor à sua profissão. Muito obrigada pela instrução, amparo e compreensão em mais esta etapa de meu processo formativo.

Ao meu amado marido, Igor Kobata, pelo amor e incentivo diário, além de sua imensa compreensão nos momentos mais difíceis.

A minhas queridas irmãs, Stace e Thalyta, pelo companheirismo de toda uma vida e por compreenderem minhas ausências neste período delicado.

Agradeço a todos os professores que tive durante a graduação, pois de inúmeras maneiras contribuíram para minha formação.

Aos amigos que fiz durante a graduação, companhias diárias que foram essenciais para superação das dificuldades no decorrer do curso de física.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para que este trabalho se concretizasse e para a minha formação acadêmica.

Minha gratidão a todos!

“Nada é fixo para aquele que alternadamente pensa e sonha.”

(Gaston Bachelard)

## RESUMO

Neste trabalho de monografia elaboramos a análise de uma experiência vivenciada no ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), especificamente relatividade.

Durante o período de estágio supervisionado tive a oportunidade de planejar e aplicar uma sequência didática abordando relatividade restrita e relatividade geral numa turma da terceira série do ensino médio de uma escola pública estadual.

Ostermann e Moreira(2000), entre outros autores, defende a abordagem de tópicos de FMC no ensino médio, trazendo como uma das justificativas, o fato de este tema estar presente no cotidiano da sociedade moderna. Sendo assim, tratá-lo seria uma maneira de fazer com que o aluno dê maior sentido à física relacionando com o mundo a sua volta.

Enquanto participava do planejamento das aulas relacionadas à FMC para o terceiro trimestre de 2016, elaboramos a sequência didática em questão, ministrada por mim juntamente com uma colega de curso, composta de oito aulas.

Durante esta experiência nos deparamos com diversas dificuldades e inquietações e, diante disso, pudemos problematizar e discutir em conjunto com os professores orientador e supervisor durante e depois da sequência didática, isso fez com que pudéssemos refletir e compreender de maneira mais ampla tais questões.

**Palavras chaves:** Ensino de física. Relatividade. Estágio supervisionado.

## **ABSTRACT**

In this work of monograph we elaborate the analysis of an experience lived in the teaching of Modern and Contemporary Physics (FMC), specifically relativity.

During the supervised internship I had the opportunity to plan and apply a didactic sequence addressing restricted relativity and general relativity in a third grade high school class of a state public school.

Ostermann and Moreira (2000), among other authors, defends the approach of FMC topics in high school, bringing as one of the justifications, the fact that this theme is present in the daily life of modern society. Therefore, treating it would be a way to make the student give more sense to physics relating to the world around them.

While participating in the planning of classes related to the FMC for the third quarter of 2016, we elaborated the didactic sequence in question, given by me together with a classmate composed of eight classes.

During this experience we encountered a number of difficulties and concerns and, in the face of this, we were able to problematize and discuss together with the guiding and supervising teachers during and after the didactic sequence, so that we could reflect and comprehend in a broader way those questions.

**Keywords:** Physics teaching. Relativity. Supervised internship

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
1.1. O ensino de Física Moderna e Contemporânea.....	10
1.2. O papel do estágio supervisionado na formação docente.....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
<b>3. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS</b> .....	15
3.1. Metodologia da pesquisa.....	15
3.2. Os sujeitos e o local da pesquisa.....	16
3.3. Metodologia de ensino.....	17
3.4. Planejamento e desenvolvimento da sequência didática.....	19
3.5. Produção de dados.....	21
3.6. Metodologia da análise de dados.....	22
<b>4. ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÕES</b> .....	22
4.1. Análise Geral.....	22
4.2. Categorização.....	25
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31
<b>APÊNDICES</b> .....	33

## INTRODUÇÃO

Neste trabalho de monografia faremos uma discussão sobre o ensino de Relatividade no ensino médio. Essa discussão é inserida no contexto do estágio supervisionado que, como defende Borsoi (2008), é fundamental para a formação do futuro professor. A importância deste trabalho está na possibilidade de ampliar a pesquisa relacionada ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), para além da revisão bibliográfica, através de atividades desenvolvidas no contexto real de sala de aula durante a experiência do estágio supervisionado.

O estágio supervisionado é uma etapa da formação onde o licenciando tem a oportunidade de desenvolver o que foi estudado de forma teórica tanto nas disciplinas específicas quanto nas disciplinas de cunho pedagógico. Entretanto, é importante que essa atividade seja realizada numa perspectiva reflexiva e não como uma mera reprodução de determinadas metodologias de ensino. Essa reflexão é necessária porque o contexto escolar é composto de inúmeras variáveis, sendo que cada uma dessas realidades exige diferentes abordagens. Quando o estágio não apresenta esse aspecto, pode surgir a ideia de que teoria e prática estão completamente dissociados nos cursos de formação de professores, fazendo com que muitos alunos comecem a desprezar os conteúdos teóricos relacionados ao ensino, justificando que eles não se aplicam à prática.

No segundo semestre de 2016, já estava habituada a escola, pois havia iniciado as atividades de estágio supervisionado no início do ano. A proposta do professor de estágio para este semestre era o desenvolvimento de uma sequência de oito aulas, cujo conteúdo dependeria do planejamento do professor da escola. Neste caso, a intenção do professor/supervisor era trabalhar alguns tópicos de Física Moderna e Contemporânea com os alunos da terceira série do ensino médio. Ficou estabelecido que a sequência didática seria sobre Relatividade e, a partir disso, buscamos auxílio na literatura para compor o planejamento das aulas. No mesmo período, estava elaborando meu projeto de monografia e conversando com meu orientador, que estava ministrando a disciplina de estágio, decidimos por unir as duas atividades de forma que uma pudesse complementar a outra.

À princípio, nosso objetivo nesta pesquisa é compreender qual a situação do ensino de Física Moderna e Contemporânea no Brasil e, posteriormente, analisar como se estabeleceu a estruturação de conceitos de Relatividade por alunos de uma turma de terceira série do ensino médio de uma escola estadual da região metropolitana de Vitória/ES.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1. O ensino de Física Moderna e Contemporânea**

Entre os vários campos de pesquisa em física, o tema proposto neste trabalho está contido no campo de ensino de física. Tão importante quanto os saberes produzidos pela física aplicada, a tentativa de conceber como a natureza funciona e suas diversas contribuições para o desenvolvimento de novas tecnologias, é que estes conhecimentos sejam apresentados aos estudantes de uma maneira em que eles possam compreender sua relevância. A física é vista muitas vezes como um conhecimento inalcançável, o qual só poderá ser interpretado pelos estudiosos da área. O fato de esta ciência ter se tornado extremamente sofisticada ao longo de seu desenvolvimento pode ter contribuído para a construção desse pensamento. Por outro lado, estamos tratando de uma área que explora fenômenos naturais, cujo conhecimento estruturado subsidiou a produção de tecnologias presentes em nosso cotidiano, sendo assim, o mínimo entendimento sobre essa área é fundamental para a ampliação da nossa visão de mundo. Além disso, a continuidade nos avanços em física depende do interesse de estudantes das novas gerações, portanto, alimentar essa visão elitista vai à contramão de tais avanços.

Esta linha de pesquisa, ensino de física, busca conciliar da melhor maneira os currículos, as metodologias, os recursos de ensino, entre outros aspectos. As produções acadêmicas sobre o tema podem ser encontradas em diversas revistas e periódicos, entre eles podemos destacar: Revista Brasileira de Ensino de Física, A Física na Escola, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, entre outros que tratam do ensino de ciências em geral. As discussões sobre ensino de física também são apresentadas a cada dois anos no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

De modo geral, os artigos que abordam o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) trazem discussões sobre as justificativas para a inserção dessa temática no currículo de física da educação básica, questões metodológicas, possíveis forma de abordagens e relatos de experiências em sala de aula.

Nas últimas décadas, segundo Guerra (2007), muitas questões sobre o currículo de física no ensino médio têm sido levantadas pelos pesquisadores da área. Há menos de vinte anos, por

exemplo, os conhecimentos de FMC não eram parte integrante dos currículos de física na grande maioria das escolas de educação básica. Essa realidade tornou-se questionável, visto que o desenvolvimento da física quântica e da relatividade é considerado uma das maiores revoluções na ciência.

No Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998, p.8), a necessidade de se incluir essas temáticas fica evidente:

Para o ensino médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a física têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais.

Na atualidade com o desenvolvimento da Base Nacional Comum Curricular<sup>1</sup>. A segunda versão produzida para o ensino médio traz tópicos de física moderna e contemporânea como objetivos de ensino, sendo alguns deles: Classificação de radiações eletromagnéticas, reconhecimento do caráter dual da matéria, aplicações da energia nuclear, entre outros. Esta versão não cita a relatividade de forma direta, mas indica a necessidade de abordá-la ao incluir nos objetivos aspectos sobre a evolução estelar, eventos no espaço-tempo, equivalência massa-energia.

A necessidade do cidadão moderno em ser alfabetizado científica e tecnologicamente é apontada por Wolff e Mors(2006) como uma justificativa para inserir a física do século XX no currículo de física.

Mesmo havendo inúmeras justificativas para a inclusão da física moderna no currículo das escolas de ensino médio, ainda é grande o número de professores que resistem em abordá-la. A dificuldade em se produzir um planejamento quando os recursos de ensino e as metodologias para tratar o assunto ainda são escassos, se ver obrigado a privilegiar outros conteúdos dentro do extenso currículo com uma carga horária de aula pequena (MONTEIRO,

---

<sup>1</sup> Documento estabelece conteúdos e habilidades essenciais para a educação básica, após ser aprovada será referência obrigatória para construção dos currículos de escolas públicas e particulares no Brasil. A versão final da BNCC relativa à educação infantil e ensino fundamental foi encaminhada para o Conselho Nacional de Educação (CNE) em abril de 2017, no momento aguarda pela aprovação. A BNCC Ensino Médio ainda está em construção articulando-se a medida provisória 746 que reestrutura o Ensino Médio no país. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017. (Disponível em <http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>)

2009). Outro fator que precisamos considerar refere-se à formação dos professores de física que prioriza o formalismo matemático sem a construção de uma visão conceitual levando a crer que não é possível ensinar este conteúdo para estudantes de ensino médio (MONTEIRO, 2009).

Conforme exposto por Guerra (2007), o estabelecimento dos PCNs não definiu um currículo pronto e fechado à partir dos temas e habilidades sugeridos, pois cada escola deveria desenvolver propostas curriculares de acordo com suas particularidades. Em consequência, surgiram algumas divergências no que se refere a questões metodológicas e desenvolveram-se três vertentes principais para o ensino de FMC. A exploração de limites clássicos que visa apresentar a problemática envolvida no processo de desenvolvimento da física moderna, mostrando que a física do final do século XIX era suficiente para explicar uma série de fenômenos conhecidos e que em suas poucas falhas tivemos importantes mudanças de paradigmas. Em contrapartida, uma segunda vertente defende a não utilização de referência aos modelos clássicos, pois considera que a aprendizagem de Física Moderna pode ser dificultada pelo uso de analogias clássicas. A terceira vertente “escolha de tópicos essenciais” considera que apenas alguns conceitos sejam abordados neste nível de ensino, proporcionando aos alunos algum entendimento acerca do tema. A dificuldade do professor em contemplar todos os tópicos de qualquer área da física no planejamento é o que justifica a escolha de poucos tópicos (OSTERMANN, 2000).

No trabalho de Wolff e Mors (2006) é apresentado o relato de uma experiência em sala de aula, na qual os estudantes foram introduzidos à Teoria da Relatividade Restrita. A abordagem do tema foi feita tendo como base o contexto histórico, realçando a evolução dos aspectos científicos que possibilitaram seu desenvolvimento. Segundo o autor, a compreensão das questões envolvidas nesse processo facilitou o entendimento de conceitos. Este tipo de abordagem leva os alunos a compreender não só os limites da física clássica, mas o processo de construção da ciência em si, rompendo com a ideia de que o cientista produz conhecimento de forma individual e imparcial.

A abordagem histórica também foi proposta por Guerra (2007) ao utilizar recursos para situar os alunos no contexto em que os cientistas estavam inseridos e como essas realidades influenciaram o desenvolvimento de determinadas teorias. Assumindo essa perspectiva a autora conseguiu introduzir a Teoria da Relatividade Restrita e Geral no programa de mecânica para alunos da primeira série do ensino médio de uma escola da rede federal,

registrando mais uma das possibilidades existentes para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo de física na educação básica.

Köhnlein e Peduzzi(2005) trazem o relato do desenvolvimento de um módulo didático baseado na história e filosofia da ciência, que foi aplicado a uma turma de ensino médio de uma escola no município de Xanxerê (SC). Nesta sequência de 15 horas-aula foram trabalhados aspectos ligados à produção do conhecimento científico, o desenvolvimento da mecânica de Isaac Newton e os desafios que culminaram na elaboração da Teoria da Relatividade Restrita e Geral por Albert Einstein. Dois questionários foram propostos aos alunos, um na primeira aula e outro na décima quinta aula. A sequência didática foi avaliada em dois aspectos: quanto a receptividade dos alunos quanto às atividades realizadas e em relação à mudança na concepção dos estudantes sobre a natureza da ciência. Segundo os autores, o uso da história e filosofia da ciência foi bem aceito pelos estudantes, pois oportunizou maior participação dos mesmos nas discussões propostas em sala de aula. As respostas nos questionários após o desenvolvimento da sequência mostrou maior capacidade de argumentação por parte dos alunos.

## **1.2 O papel do estágio supervisionado na formação docente**

Seja na formação de futuros professores ou de profissionais de outras áreas, o estágio é uma atividade de caráter teórico-prático. Este é o momento em que o estudante entra em contato com o contexto histórico e social em que será exercida a profissão, no caso dos licenciandos, trata-se do ambiente escolar.

Segundo Pimenta (1995) o estágio supervisionado sempre esteve presente nos currículos dos cursos de formação de professores, sendo considerado como parte fundamental deste processo. Entretanto, algumas problemáticas estão associadas ao estágio no sentido de como ele pode ser realizado de forma que permita melhor associação entre teoria e prática.

Ao longo das últimas décadas o desenvolvimento do estágio se deu sob diferentes perspectivas. Ainda nos anos 1930, a forma de se aprender a prática docente era por meio da observação e conseqüente reprodução de modelos considerados bons. Em meados dos anos 1970 houve uma mudança neste paradigma, praticar a docência neste momento se resumia a aprender um conjunto cada vez maior de técnicas de ensino. Essas duas visões têm sua

importância, pois o trabalho do professor está diretamente ligado a esses aspectos. No entanto, ambas deixam algumas lacunas podendo gerar experiências diferentes do esperado. No caso da simples observação e reprodução de práticas bem sucedidas, não está sendo considerado o fato de que um modelo de ensino pode servir bem para determinada realidade e mesmo assim não ser apropriado em outros contextos. É preciso estarmos atentos pois na medida em que o modo de vida em nossa sociedade se modifica, a prática pedagógica também precisa sofrer alterações, do contrário, a escola adquire um aspecto ultrapassado e cada vez menos atraentes aos estudantes. Já o fato de dispor de inúmeras técnicas de como dar aulas, pode trazer frustração frente às condições de estrutura, recursos e organização do espaço em que se trabalha, o que acaba deixando as disciplinas teóricas e a prática pedagógica em situação de oposição com o passar dos anos.

Como também é apontado por Pimenta e Lima (2005) “não é raro ouvir-se dos alunos que concluem cursos se referirem a estes como ‘teóricos’, que a profissão se aprende ‘na prática’, que certos professores e disciplinas são por demais ‘teóricos’. Que ‘na prática a teoria é outra’”. Essas afirmações nos levam a compreender a dificuldade que os alunos nos cursos de formação de professores têm de fazer a associação entre teoria e prática, mas também nos faz enxergar a necessidade de ter em mente que o papel das teorias é de nos auxiliar durante a experiência, não o de fornecer um modelo pronto a ser aplicado sem questionamentos. Todos esses fatores trazem à tona a importância de uma melhor articulação entre os componentes do currículo, que pode ser feita quando o estágio supervisionado é desenvolvido numa perspectiva do desenvolvimento de um profissional crítico e reflexivo. A partir de uma prática reflexiva o professor se torna capaz de discernir quais são as melhores formas de favorecer o processo de aprendizagem de seus alunos em suas realidades específicas.

Borsoi (2008, p.4) nos apresenta essa perspectiva:

Acredita-se que o estágio precisa caminhar nesse rumo, ou seja, numa visão dialética, onde professores/orientadores e alunos/acadêmicos possam argumentar, discutir, refletir e dialogar as práticas vivenciadas na escola. Pensar na formação docente é pensar na reflexão da prática e numa formação continuada, onde se realizam saberes diversificados, seja saberes teóricos ou práticos, que se transformam e confrontam-se com as experiências dos profissionais. Portanto, é através desses confrontos que acontece a troca de experiências e onde o professor reflete sua prática pedagógica.

Outra possibilidade que pode ser explorada no estágio é sua configuração como atividade de pesquisa, como é o caso deste trabalho. Nas palavras de Pimenta e Lima (2005, p.6) “enquanto campo de conhecimento, o estágio produz na interação dos cursos de formação como o campo social no qual se desenvolvem as práticas educativas. Nesse sentido o estágio poderá se constituir como campo de pesquisa.” Ou seja, a constante reflexão e análise das situações vivenciadas no ambiente escolar, buscando nas teorias educacionais subsídios para superação das adversidades que surgem durante o processo de ensino-aprendizagem, conferem ao professor postura e habilidades de pesquisador.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar os conceitos de Relatividade estruturados por estudantes da terceira série do Ensino Médio.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Desenvolver e aplicar uma sequência didática sobre os temas relatividade restrita e relatividade geral em uma perspectiva histórica em uma escola pública de educação básica.

Compreender os sentidos produzidos pelos estudantes sobre os conceitos de Relatividade compartilhados na sala de aula.

## **3. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS**

### **3.1. Metodologia da pesquisa**

A pesquisa do tipo intervenção pedagógica foi a metodologia estabelecida na tentativa de cumprir os objetivos propostos neste trabalho. Encontramos em Damiani (2012, p.3) a definição desta metodologia:

No âmbito do nosso grupo de pesquisa, denominam-se intervenções as interferências (mudanças, inovações), propositalmente realizadas, por professores/pesquisadores, em suas práticas pedagógicas. Tais interferências são planejadas e implementadas com base em um determinado referencial teórico e objetivam promover avanços, melhorias, nessas práticas, além de pôr à prova tal referencial, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre os processos de ensino/aprendizagem neles envolvidos. Para que a produção de conhecimento ocorra, no entanto, é necessário que se efetivem avaliações rigorosas e sistemáticas dessas interferências.

Em outro trabalho Damiani et al. (2013) evidencia que o uso da intervenção como pesquisa é bastante difundido entre as áreas de psicologia, medicina e administração, porém seu uso no âmbito educacional tem causado certa estranheza. Baseando-se em Szymanski e Cury (2004), a autora acredita que este fato ocorre pelo caráter pejorativo geralmente atribuído à palavra intervenção no sentido de autoritarismo e, apoiando-se na Teoria Histórico-Cultural de autores, como Vygotsky (1997, 1999) e Sinnino (2011), defende a utilização do termo no contexto escolar.

Outro ponto discutido é o fato de projetos de intervenção, por vezes, não serem considerados como pesquisa sendo classificados apenas como relato de experiência. Ainda segundo Damiani et al. (2013) “neste método, parte-se da realidade objetiva, tal como se percebe inicialmente (caótica), e dela se extraem as categorias de análise por meio das quais, posteriormente, volta-se a analisar essa realidade”. Isto é, a intencionalidade em se resolver uma questão e a produção de conhecimento associado ao estudo, podendo gerar material que venha a subsidiar melhorias na prática de outros profissionais da educação, são aspectos possibilitam identificar a intervenção como pesquisa.

### **3.2. Os sujeitos e o local da pesquisa**

A pesquisa foi realizada numa escola de ensino médio pública da rede estadual, localizada na região da Grande Vitória, durante o desenvolvimento das atividades de estágio supervisionado que fazem parte do currículo do curso de Licenciatura em Física da UFES.

Coincidentemente, a mesma escola onde cursei os três anos do ensino médio. Apesar de estar atualmente situada num espaço provisório devido a uma reforma que ocorre há alguns anos, parte do corpo docente composto por professores efetivos já era conhecido por mim. Por estar

localizada numa região central a escola recebe alunos de muitos bairros da cidade, o que a torna um espaço com bastante diversidade.

Nosso professor supervisor de estágio, graduado e mestre em ensino de física pela UFES, é efetivo na escola desde 2008. Sua experiência e dedicação no planejamento e realização de atividades com os estudantes foram fundamentais para a possibilidade de reflexão das práticas que estávamos estabelecendo e tornaram nossa vivência ainda mais rica.

Comecei as atividades do estágio supervisionado no primeiro semestre de 2016. Neste período a orientação do professor de estágio para a turma era para apenas observar a prática do professor de física da escola, a atitude dos alunos frente ao processo de ensino-aprendizagem ao qual estavam submetidos, a organização do espaço e das relações interpessoais no ambiente escolar. Seria a partir de todas essas observações e das discussões provocadas pelo professor em sala de aula que poderíamos construir nossas concepções sobre a escola e o papel de professor.

No segundo semestre de 2016, período em que a pesquisa foi realizada, estávamos presentes na escola duas manhãs por semana e acompanhávamos as aulas de turmas de primeira e terceira série do ensino médio. A atividade proposta por nosso professor/orientador para aquele semestre era o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática cuja temática deveria estar de acordo com o planejamento do professor/supervisor. Para o último trimestre estava previsto pelo professor trabalhar com Física Moderna e Contemporânea com as terceiras séries. Estávamos diante de um grande desafio, pois tratar desse tema seria uma experiência nova para nós e até mesmo para o professor da escola. Decidimos então desenvolver a nossa sequência abordando tópicos de relatividade. As aulas seriam ministradas por mim juntamente com uma colega de curso para uma das turmas e o mesmo planejamento seria utilizado pelo professor nas aulas das demais turmas.

### **3.3. Metodologia de ensino**

Ao começarmos o planejamento das aulas que iriam compor a sequência didática sobre relatividade, minha maior preocupação era em relação ao tipo de abordagem que seria adotada. As dificuldades dos alunos, a resistência deles em relação aos conteúdos de física e a complexidade do tema eram os principais motivos dessa inquietação. Após consultar parte da

literatura sobre ensino de relatividade optamos pela abordagem numa perspectiva histórico-filosófica.

O ensino de ciências em geral está profundamente ligado à concepção empírico-indutivista, em que a ciência é produzida puramente a partir da observação do fenômeno seguida de formulação de hipóteses que poderão configurar-se em teorias. O principal indício dessa visão unilateral é que na tentativa de se resolver os problemas relacionados à aprendizagem é quase exclusiva a utilização da experimentação como recurso de ensino. No entanto, conforme discutido por Hodson (1988), a utilização deste recurso também deve ser feita com objetivos claros e de forma crítica, pois a mera observação de fenômenos não é capaz de fazer com que os estudantes assimilem as teorias envolvidas.

Segundo Matthews (1995, p.164), “o ensino de ciências desenvolveu-se completamente dissociado da história e filosofia da ciência. Nos últimos anos, entretanto, houve uma reaproximação significativa entre esses campos”. Atualmente, muitos trabalhos defendem o uso da perspectiva histórico-filosófica numa tentativa de superar algumas visões equivocadas sobre o desenvolvimento do conhecimento científico e a falta de significação desses conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem em física que acaba por diminuir o interesse dos alunos pela disciplina. Ainda em Matthews (1995, p. 65) temos que:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

O desconhecimento dos aspectos históricos também pode levar os estudantes a compreenderem erroneamente o processo de construção da ciência. Nesse sentido, podemos

citar o entendimento de que a ciência é algo atemporal e imutável que surge repentinamente da genialidade do cientista, ignorando o fato de que esses conhecimentos são formulados de forma gradativa com a contribuição de muitos cientistas dos quais não ouvimos falar e, que teorias muito bem estruturadas podem sofrer alterações ou serem substituídas por outras que se mostrarem mais compatíveis com os fenômenos da natureza. Outra visão que pode ser desmitificada é a de que o cientista produz o conhecimento de forma imparcial e que esta atividade não sofre influência do contexto social que está sendo vivido. Podemos citar como exemplo a participação de inúmeros cientistas no “Projeto Manhattan”, iniciado nos EUA em 1942 e que tinha como objetivo o desenvolvimento bélico a partir da energia nuclear, tendo como produto final as bombas atômicas denominadas “Little Boy” e “Fat Man” que foram utilizadas para destruir duas cidades japonesas, Hiroshima e Nagasaki (SAMAGAIA E PEDUZZI, 2004).

Por fim, a história da ciência como metodologia talvez não seja capaz de resolver toda a problemática relacionada ao ensino de ciências, mas pode ser usada para complementar as outras metodologias de várias formas.

### 3.4. Planejamento e desenvolvimento das aulas

Para iniciar a construção da sequência didática (que está na íntegra no Apêndice A) sobre relatividade destacamos os tópicos que considerávamos mais relevantes e distribuimos juntamente com as atividades na quantidade de aulas que já estava estabelecida. Apesar da disponibilidade de material didático sobre o tema para este nível de ensino ser bastante escassa, preparamos as aulas expositivas em apresentações de Power Point a partir de inúmeros recortes feitos através de artigos científicos, livros didáticos destinados ao ensino médio e ensino. O projetor foi nosso principal recurso de ensino.

A organização das aulas sobre relatividade foi estruturada de acordo com o quadro 1:

Quadro 1: Sequência didática sobre Relatividade Restrita e Relatividade Geral

Aula 1	Contextualização do tema: cenário científico e social, cronologia
Aula 2	Postulados de Einstein; Transformação de Galileu; Transformação de Lorentz
Aula 3	Dilatação do tempo; Contração das distâncias; Experiências mentais

	(trem relativístico e paradoxo dos gêmeos)
Aula 4	Questionário em dupla
Aula 5	Conversão Massa-Energia, Aniquilação de Pares
Aula 6	Introdução a Relatividade Geral
Aula 7	Exibição e Discussão de Documentários
Aula 8	Avaliação individual

Na primeira aula fizemos uma discussão sobre como a Física estava sistematizada no final do século XX e sobre os fenômenos que ainda não haviam sido explicados de forma satisfatória, como a radiação de um corpo negro e o inesperado resultado do experimento de Michelson-Morley. Utilizando uma frase geralmente atribuída a Lord Kelvin, na qual ele supostamente dizia que não havia nada de novo a ser descoberto na física e que a explicação para os fenômenos ainda em aberto dependia apenas de uma aplicação mais rigorosa das teorias já conhecidas, comentamos sobre a dificuldade de se buscar informações que ilustrassem qual era o real pensamento do físico nessa época, já que encontramos algumas fontes históricas que contrariavam essa ideia. Também mostramos um panorama geral sobre relatividade restrita e geral.

No encontro seguinte exploramos o Princípio da Relatividade de Galileu Galilei e suas transformações, os postulados de Albert Einstein para a Relatividade Restrita, as consequências destes postulados sobre as transformações de Galileu que acabaram sendo substituídas pelas transformações de Lorentz.

Na terceira aula, apresentamos outros dois resultados decorrentes dos postulados de Einstein, a dilatação do tempo e contração das distâncias. Alguns experimentos mentais propostos por ele como “o trem relativístico” e o “paradoxo dos gêmeos” serviram de ilustração, o decaimento dos múons também foi abordado. A atitude de Einstein em sugerir uma teoria que culminava em resultados que contradiziam o que, até então, era considerado absoluto e a reação da comunidade científica diante disso foram colocados em debate.

Para a quarta aula estava prevista a realização de questionário orientado em dupla, disponibilizamos para os alunos um material contendo um resumo do que havíamos trabalhado até então e alguns exercícios resolvidos sobre as transformações de Lorentz.

Depois dessa atividade, tratamos de algumas grandezas como quantidade de movimento, massa e energia confrontando a visão clássica e relativística. A potência total irradiada pelo Sol e a relação com a diminuição de sua massa foi utilizada como exemplo para explicar a famosa equação de Einstein:  $E = mc^2$ . Os processos de produção e aniquilação de pares também foram contemplados em seguida.

Entre a quinta e sexta aula da sequência tivemos um intervalo de aproximadamente um mês, pois neste período a escola passou por um processo de ocupação, um movimento feito pelos estudantes secundaristas em escolas de todo o país em protesto contra a medida provisória 746 que visa a reformulação do ensino médio no Brasil.

Quando conseguimos retomar as atividades, na sexta aula expomos aspectos relacionados à Relatividade Geral de Einstein: o Princípio da Equivalência e a gravidade como geometria do espaço. Fenômenos e atualidades como a deflexão da luz, lentes gravitacionais, Sistema de Posicionamento Global (GPS), buracos negros e ondas gravitacionais foram discutidos em seus devidos contextos.

A última aula antes da avaliação final contava com a apresentação de vídeos (listado no Apêndice D) cujos conteúdos exploravam o que já havíamos discutido em aulas anteriores no intuito de agregar mais informações acerca do tema. Infelizmente, por um problema técnico não tivemos as chances de exibir os vídeos, já estávamos no final do ano e o professor não pôde disponibilizar uma aula a mais, então passamos os links para os alunos e pedimos que eles assistissem em casa. Ainda nesta aula propomos uma produção de texto que não estava prevista no planejamento, mas acreditamos que a realização desta atividade seria uma maneira de os alunos compreenderem a Relatividade de forma mais ampla. Neste texto eles deveriam comentar sobre a Teoria da Relatividade, o funcionamento do GPS, o Princípio da Equivalência e mais algum tópico relacionado à Relatividade de livre escolha.

Na aula seguinte aplicamos a avaliação individual e finalizamos a sequência didática.

### **3.5. Produção de dados**

Os dados que vamos apresentar foram obtidos a partir das três atividades realizadas pelos estudantes: o questionário orientado, a produção textual e a avaliação individual.

### **3.6. Metodologia da análise de dados**

Para compreendermos como os conceitos de relatividade foram estruturados pelos estudantes nos apoiamos em Vygotsky (2011, p.70) ao nos dizer que “na formação de conceitos, o signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo”. Dessa forma, vamos buscar os indícios da estruturação de conceitos interpretando os sentidos das palavras utilizadas pelos estudantes nos textos produzidos por eles nos questionários e avaliações. Ao assumirmos essa perspectiva analítica compreendemos que os conceitos científicos estabelecem estruturas para o desenvolvimento das concepções alternativas dos alunos e estes não entram em conflito, pois na verdade fazem parte do mesmo processo, mas “têm a sua própria gênese, isto é, possuem cada um a seu modo, a sua história que é ou foi construída por homens e mulheres na sua permanente inter-relação com o mundo social” (Crepalde e Aquiar Jr, 2013, p.301). Isso significa dizer que a estruturação de um novo conceito, mediada pela ideia científica, ocorre por meio de imbricações ou hibridizações com conceitos do cotidiano.

## **4. ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1. Análise Geral**

O questionário orientado (Apêndice B) realizado logo após a terceira aula da sequência serviu como parâmetro pra compreender como os alunos estavam assimilando os tópicos vistos até então. As questões propostas estavam relacionadas à relatividade restrita, abordando principalmente as transformações de Lorentz. Já havíamos decidido antecipadamente que o questionário seria respondido em dupla, mas durante a aula e diante da dificuldade apresentada pelos alunos no desenvolvimento das respostas resolvemos mudar o foco da atividade, auxiliando-os na resolução. Com a possibilidade de tirar dúvidas vimos maior empenho por parte deles durante a aula.

O texto solicitado como atividade de pesquisa foi entregue por dezenove alunos. Na produção o desempenho da turma foi bastante superior ao da prova, verificamos uma maior articulação de conceitos e significados nos discursos, o que refletiu positivamente no aproveitamento.

Depois de analisarmos os dezenove textos entregues, concluímos que sete apresentavam alto nível de generalização e integração conceitual. Podemos citar a produção de Clara como exemplo de texto bem estruturado:

Sabemos que muitas pesquisas e estudos foram feitos em prol do desenvolvimento no que se refere ao universo e seus mistérios. Em um destes desenvolvimentos podemos notar a Teoria da Relatividade, um pensamento partido de Galileu Galilei, continuado por Isaac Newton e aperfeiçoado por Albert Einstein. A teoria de Einstein basicamente em dois princípios, o primeiro é que **a velocidade da luz será constante independentemente de sua velocidade ou direção**, a medida será sempre a mesma, e a segunda é que a forma como se mede será a mesma para qualquer observador não importando onde esteja.

Dadas as confirmações destes pensamentos através de experimentos, fenômenos inacreditáveis foram notados, por exemplo, **o quão mais rápido você viaja mais devagar o tempo vai passar pra você**. Temos como exemplo o “Paradoxo dos Gêmeos” que nos mostra a seguinte situação: Um dos gêmeos caracterizado por (X) viaja na velocidade da luz pelo espaço em quanto que o gêmeo (Y), após 5 anos o gêmeo (Y) retorna à terra e se depara com seu irmão bem mais velho e com 110 anos e quanto que o gêmeo (Y) tem apenas 5. Através deste experimento podemos ver que a diferença de tempo entre eles é mais do que considerável, e isto tudo se dá ao fator “gravidade”, o fato é que a gravidade altera o tempo, o quão mais forte for a gravidade a tendência é que a hora do relógio passe mais rápido em quanto que a hora em um relógio que está em um campo gravitacional de menor valor ou nulo será mais devagar, e é exatamente isto que observamos no “Paradoxo dos Gêmeos”, é importante também lembrar que não existe este tal “Paradoxo”, , pois tal termo é utilizado somente se pensar da forma padrão como: “isto é loucura”, “não é possível” pois na relatividade não existem paradoxos, isto é apenas uma suposição fundamental quando se presume que a velocidade da luz é a mesma para todo mundo e que as leis da física continuam constantes sem sofrer alteração alguma.

Dentro deste assunto podemos também abordar o chamado **“Princípio da Equivalência”**. Para compreendê-lo é simples, imagine que um menino (X) está na superfície terrestre e lá ele solta uma bola e a mesma cai em direção ao solo, tal queda é causada pela força gravitacional da terra, agora imagine este mesmo menino em uma espaço-nave que se encontra fora de um campo gravitacional porém em aceleração, este menino então está em pé e deixa novamente a bola cair, e para sua surpresa a bola faz exatamente o que fez na terra, ela cai aos seus pés. **Então é aí que podemos observar a Equivalência entre ambas as situações, basicamente a aceleração da espaço-nave torna a situação igual a da terra, ou seja, a força de aceleração no espaço torna-se similar a gravidade na terra**. É importante lembrar que o menino no espaço se ele jogar a bola e pular, ele não notaria diferença alguma na bola pois ambos estão na mesma força de aceleração, neste caso a bola irá parecer estar flutuando para o menino.

Ainda dentro da Relatividade, observamos uma das tecnologias mais usadas hoje em dia que é o GPS, uma das contribuições partidas da teoria de Einstein. Ele funciona da seguinte forma: Um satélite emite sinais constantemente de onde está localizado e esses sinais são captados pelos aparelhos como celulares aqui na terra, o receptor então calcula a distância do satélite através de um cálculo baseado na velocidade da luz, este procedimento é repetido com mais três satélites e estes estreitam e tornam mais precisa a localização do seu receptor. É neste contexto que entra a Relatividade Especial que nos diz que um relógio que se desloca com velocidade superior a outro, tende a passar sua hora mais devagar, observamos **também a Relatividade Geral que como já sabemos que a gravidade impulsiona a passagem do tempo**,

**tornando-o mais rápido quando sua força é maior e mais intensa e menor quando a força gravitacional é menor** ou nula. Dadas estas duas teorias, em órbita no espaço, relógios atômicos cujos relógios são os mais precisos aparelhos de medição já criados pelo ser humano, ainda assim encontramos um problema que era o atraso contínuo nos relógios atômicos, fenômeno causado graças a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral, **pois este relógio terá um atraso não só por estar em altíssima velocidade** contínua mas também por estar em um campo gravitacional fraco. Graças a Relatividade Geral os relógios correm 45 microssegundos mais rápido, em quanto que na Relatividade especial diz que há uma perda de 7 microssegundos, calculando este valor teremos 37 microssegundos de adiantamento, para corrigir esta falha obviamente os relógios são todos os dias atrasados em 37 microssegundos nos dando uma ferramenta precisa e poderosa que usamos para inúmeros casos, uma ferramenta desenvolvida através das teorias de Einstein que previu isto a 100 anos atrás.

É curioso observar outro ponto da relatividade que é a Relatividade restrita, apresentada por Einstein em 1905 e nela a energia e a massa que antes se viam separadas, apareceram ligadas por uma constante que é a velocidade da luz. Nesta teoria foi observado a fissão nuclear que é a divisão do núcleo de um átomo transformando-o em dois pedaços menores, ocorre que em tal processo parte desta massa se torna energia radiante “radiação”, é importante lembrar que tal pesquisa possibilitou o desenvolvimento da bomba nuclear, exemplo são as que foram lançadas em Hiroshima e Nagasaki, **os mesmos têm um poder absurdo de destruição graças a liberação de energia radiante e do calor produzido pela fissão nuclear ocorrida no processo**

O primeiro ponto considerado foi que a aluna trouxe em seu texto todos os tópicos solicitados. Em segundo lugar, traz um texto com parágrafos articulados, busca trazer exemplos que ajudem na compreensão das teorias. Do ponto de vista conceitual, há algumas incoerências como no caso do efeito da gravidade sobre o relógio, num momento a aluna dá a entender que num campo gravitacional mais forte o tempo tende a passar mais rápido, mas em outro trecho dá a entender o contrário. Isso pode configurar um baixo nível de generalização ou apenas um erro na escrita. De modo geral, consideramos que este foi o texto mais completo e com maior integração conceitual.

Classificamos três textos como com nível de generalização e integração de conceitos intermediário. Sete textos foram classificados como com baixo nível generalização e integração de conceitos por trazê-los totalmente dissociados do significado correto do ponto de vista científico-escolar. Um dos erros conceituais mais frequentes nos textos foi que, na tentativa de explicar o Princípio da Equivalência, muitos associaram à equivalência massa-energia.

No geral, consideramos que as produções tiveram bom aproveitamento se compararmos com o questionário orientado e a avaliação. Neste sentido, podemos destacar a importância de aplicarmos diferentes instrumentos de avaliação. Estudantes que na prova responderam as

questões de maneira incompleta, produziram textos bem estruturados sobre os temas propostos. Analisar a aprendizagem por métodos distintos permite ao professor ter uma noção mais completa sobre a forma como os alunos estruturam os conceitos científicos.

#### 4.2. Categorização

Trazzi (2016), baseando-se nas concepções de Vygotsky, afirma que a construção de conceitos passa por diferentes níveis de generalização, isto é, um processo através do qual o estudante constrói o significado da palavra do ponto de vista científico-escolar. Faço aqui a análise e a categorização das respostas dadas pelos alunos na segunda questão da última avaliação (Apêndice C) realizada por eles, de acordo com os níveis de generalização e integração conceitual identificados.

Quadro 2- Questão cujas respostas foram analisadas
Explique o fenômeno de deflexão da luz. Em seguida, diga por que foi necessário esperar por um eclipse do Sol para fazer observações e comprovar as previsões teóricas de Einstein.

Os dois aspectos envolvidos na questão já haviam sido discutidos nas aulas anteriores. Dos vinte e um alunos que realizaram a avaliação, três deixaram esta questão em branco. As respostas consideradas corretas tinham um alto nível de generalização e integração conceitual, pois nelas reconhecemos maior capacidade de articular conceitos e significados. As destacamos a seguir:

O fenômeno se dá ao fato de que quando olhamos um **feixe de luz** vindo de uma estrela por exemplo, geralmente ocorre aquilo que é quando a **gravidade** interfere por onde o feixe de luz passa causa uma certa distorção. Foi necessário pois sem a intensa luz do Sol seria mais fácil observar pois o Sol é um (ilegível). (Carlos)

O universo como conhecemos hoje podemos exemplificar como um “tecido fino”, cujo astro que contenha uma grande massa causará conseqüentemente uma espécie de distorção ao seu redor e com isso a luz emitida de qualquer corpo mediante a essa distorção faz com que nos enganemos sobre a verdadeira posição deste corpo. Tiveram que esperar um eclipse pois a luz do Sol prejudicava o experimento, tinham que provar se realmente a **deflexão** era originada pela distorção do “tecido universal” sem a interferência da luz solar. (Ícaro)

O Sol atrai o brilho da estrela dando a impressão que a estrela está a sua volta, mas na verdade ela está atrás do Sol. (Talita)

A **direção** da luz é alterada por um **campo gravitacional**. Durante um eclipse do sol uma estrela a posição real e a estimada de uma estrela foi diferente por consequência da **gravidade**. (Gabriel)

A massa do Sol, por exemplo, é grande e causa uma curva no espaço, então se uma estrela estiver próximo do Sol ela entrará nessa curva e sua luminosidade será refletida em outro lugar. Pois a luminosidade do Sol atrapalha para enxergar a estrela, por isso eclipse foi necessário para comprovar as previsões teóricas de Einstein. (Iago)

No que se refere à explicação do fenômeno de deflexão os quatro alunos conseguiram explicar de maneira satisfatória o fato de a luz sofrer um pequeno desvio ao se propagar próximo a um intenso campo gravitacional e também a impossibilidade de se fazer observações diante da intensa luz do Sol. Na resposta de Iago o conceito de reflexão foi usado fora de contexto, mas ainda assim é possível identificar sua compreensão acerca do fenômeno de deflexão e sua causa. O termo colocado entre parênteses como ilegível na resposta de Carlos não comprometeu a compreensão da resposta neste sentido.

Consideramos como parcialmente corretas, ou com nível intermediário de generalização e integração conceitual, as respostas em que os alunos se mostraram capazes de relacionar significados utilizando poucos ou até mesmo nenhum conceito científico.

Foi necessário um eclipse do Sol, pois assim se soube que a luz de uma estrela estava um pouco desviada dela. Essa estrela estava atrás do Sol e não acima dele. Quando se tem um objeto atrator (no caso o Sol) ele causa uma **deflexão** na luz (estrela) e então na Terra dá uma impressão de que essa estrela está em um lugar, mas na verdade está em outro. (Luana)

Que quando a luz por exemplo de estrela que quando a sua luz passasse por uma grande massa ela sofreria esta **deflexão** e foi necessário esperar o eclipse para ter certeza da localidade da estrela. (Lucas)

Por que os **raios solares** são muito radiantes e atrapalham na observação das estrelas para compensar a **deflexão** da luz que passa perto de um corpo, por isso foi necessário o eclipse. (Davi)

Nas respostas acima, os alunos não definem exatamente o fenômeno, mas conseguem fazer associações que mostram algum entendimento acerca da situação proposta. Lucas, por exemplo, apesar de não citar a relação com a gravidade, consegue expressar a relação entre um corpo de grande massa e a deflexão da luz. Luana e Talita apontam a influência do Sol no fenômeno. A necessidade de fazer as observações durante do eclipse foi sinalizada por eles, com exceção de Talita, como a situação necessária para verificar a real posição de uma estrela cujos raios de luz sofreriam a influência do campo gravitacional solar.

Já as respostas classificadas como incorretas ou com baixo nível de generalização e integração conceitual, foram as que traziam os conceitos de forma totalmente dissociada de seus significados.

É causado por uma deformação no **espaço-tempo**, o que faz com que o receptor da luz a receba em intensidade diferente, dependendo da sua localização na Terra. Por a luz do Sol se concentraria em uma direção. (Bruna)

Pois a massa do sol é grande e causa uma curva no **espaço**. A luz do Sol “bate” na estrela e ela **reflete** no sol e volta pra terra fazendo a curvatura. (Aline)

Para que a Lua e o Sol ficassem em um só eixo em relação a luz que deslocada por causa da **gravitação**. (Laura)

Porque a curvatura da luz só poderia ser através de um eclipse total do sol, ou seja quando a lua fica entre o sol e a terra projetando sua sombra em parte do planeta. **Deflexão** da luz é basicamente um fenômeno de origem diferente com resultados iguais. (Taís)

Para conseguir saber o efeito da **gravidade**. (Sofia)

A luz é direcionada a um prisma que divide o **feixe de luz** em dois, no fim desse “caminho” tem um espelho que **reflete** a luz para o observador. Foi necessário esperar o eclipse para testar algumas teorias em grande escala. (Luiz)

Porque os fenômenos do ponto de vista são **inerciais**. (Gustavo)

Precisou esperar um eclipse do Sol, pois assim devido aos posicionamentos teve a certeza de que o **espaço** é curvo. (Lorena)

Porque, para Einstein o local onde o indivíduo está altera totalmente, nesse caso, é preciso saber onde o Sol se localiza, pois se estiver próximo a luz, a velocidade muda passa mais devagar. (Jéssica)

Ao se **propagar** em meio a um corpo, a luz sofre um pequeno **desvio**, por isso foi necessário esperar um eclipse. (Julia)

As respostas nesta última classificação apresentaram características distintas. Algumas trouxeram as palavras de forma superficial sem articulação com nenhum outro conceito, portanto, não houve atribuição de sentido a elas. Outras respostas, como a de Luiz, trazem inúmeros conceitos, mas a articulação dos mesmos não está correta do ponto de vista do conhecimento científico escolar. Para esta avaliação atribuímos o valor de 6.0 pontos, a média alcançada pela turma foi de aproximadamente 2.4 pontos.

Outro aspecto que tem grande influência nos níveis de generalização alcançados pelos estudantes na estruturação dos conceitos é a mediação do professor ou, nesse caso, a minha mediação e da minha parceira como estagiárias. Em suas respostas muitos alunos mencionaram que fazendo a observação da estrela durante um eclipse do Sol seria possível identificar que ela estaria realmente posicionada atrás do Sol e não em seu entorno como observado geralmente. Sabemos que a estrela não está, necessariamente, posicionada atrás do Sol, essas concepções podem ter sido formadas durante a aula em que uma estrela cuja posição real era atrás do Sol foi utilizada como ilustração do fenômeno. Acredito que durante a mediação deveríamos ter deixado mais claro que aquele exemplo se tratava de uma situação específica.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com exceção das produções textuais em que os alunos obtiveram bom desempenho, os resultados das outras atividades nos mostram que ao final da sequência didática os níveis de generalização e integração de conceitos atingidos por eles foram abaixo do que esperávamos. São apresentadas a seguir algumas considerações que podem nos ajudar a compreender os

resultados obtidos e a formular hipóteses que nos ajude para que possíveis erros não sejam cometidos em experiências futuras.

Como já foi discutido em capítulos anteriores, não há dúvidas quanto à importância do uso de aspectos histórico-filosóficos no ensino de ciências. No entanto, durante umas das discussões com os colegas chegamos à conclusão de que, numa próxima experiência no ensino de relatividade no ensino médio, talvez seja mais proveitoso nos aproximarmos um pouco mais da perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no decorrer de todas as aulas. Tivemos este entendimento ao considerarmos que durante as últimas aulas da sequência, especificamente sexta aula (vide apêndice), em que tratamos a Relatividade em termos de atualidades e aplicações, percebemos um maior interesse dos estudantes em relação às aulas anteriores. Neste caso, o uso da história e filosofia da ciência também seria necessário, mas serviria como um plano de fundo e não como abordagem principal.

O fato de não ter tido contato com a Relatividade durante a educação básica e a conseqüente falta de referência relacionada ao conteúdo neste nível de ensino também foi um desafio, era evidente que não poderíamos simplesmente reproduzir o conteúdo da mesma forma com que nos foi passada na universidade. Tive maior compreensão da importância desta referência numa experiência posterior, também durante o estágio supervisionado, em que trabalhei numa sequência didática relacionada à Energia. Por outro lado, não ter em mente um padrão pré-estabelecido de como trabalhar determinados temas nos obriga a refletir sobre a melhor forma possível de abordá-los, um exercício que considero essencial para nossa evolução enquanto docentes.

Elaborar esta pesquisa foi algo extremamente enriquecedor para minha formação, desde o planejamento das aulas, escolha de abordagens e métodos de avaliação, pois em algum momento de cada etapa surgiram dificuldades. Parte das dúvidas surgidas foi esclarecida a partir de minha própria reflexão através da articulação da base teórica adquirida em outras disciplinas do curso de licenciatura, porém a discussão com os colegas e professores também envolvidos neste processo foi fundamental. Podemos apontar aqui, a relevância da realização do estágio supervisionado na formação do professor, inclusive no caso de licenciandos que já lecionam durante a graduação. Quando o estágio é desenvolvido de forma que possibilite essa troca de conhecimentos e experiências, a qualidade do curso de licenciatura tende a aumentar

e contribuir para a solução dos inúmeros problemas que temos hoje relacionados ao processo de ensino-aprendizagem em física.

## REFERÊNCIAS

BORSOI, Berenice Lurdes. O estágio na formação docente: da teoria a prática, ação-reflexão. I Simpósio Nacional de Educação - UNIOESTE, Cascavel, 2008. Disponível em: <http://www.unioeste.br/cursos/cascavel/pedagogia/eventos/2008/1/Artigo%2028.pdf>. Acesso em 23 de julho de 2017.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR JR, O. G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida, *Investigações em Ensino de Ciências*, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, 2013.

DAMIANI, M. F. Sobre pesquisas do tipo intervenção. XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino – UNICAMP, Campinas, 2012.

DAMIANI, M. F.; et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Caderno de Educação*, Pelotas, p. 57-67, ago. 2013.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da Relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

HODSON, Derek. Experimentos na ciência e no ensino de ciências, *Educational Philosophy and Theory*, p. 53-66, 1988.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 36-70, abr. 2005.

Ministério da Educação, Secretaria de Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais. Brasília: MEC, 1998.

Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - 2ª versão. Disponível em: <http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em 23 de julho de 2017.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação<sup>1</sup>. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez 1995.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J. B. B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica aos processos formativos. Ensino de ciências e matemática. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Investigações em ensino de ciências, v. 5, n. 1, 2000.

PIMENTA, Selma Garrido O estágio na formação de professores: unidade entre teoria e prática?\*. Cad. Pesq., São Paulo, n. 94, p. 58-73, ago 1995.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. Estágio e docência: diferentes concepções. Revista Poiesis, v. 3, n. 3 e 4, p. 5-24, 2005/2006.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental. Ciência e Educação, v. 10, n. 2 , p. 259-276, 2004.

VYGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. Tradução: P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 1987

WOLFF, J. F. S.; MORS, P. M. Relatividade no ensino médio: uma experiência com motivação na história. Experiências em Ensino de Ciências, v. 1, p. 14-22, 2006.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – SLIDES DAS AULAS EXPOSITIVO-DIALOGADAS

### A.a – “Aula 1”

**RELATIVIDADE**

O QUE ERA A FÍSICA NO FINAL DO SÉCULO XIX?

- Mecânica
- Termodinâmica
- Óptica
- Eletromagnetismo

O QUE ERA A FÍSICA NO FINAL DO SÉCULO XIX?

- “Embora nunca é seguro afirmar que o futuro das ciências físicas não tem maravilhas em estoque ainda mais impressionantes que as do passado, parece provável que a maior parte dos grandes princípios foram firmemente estabelecidos e que avanços futuros precisam ser buscados arduamente na aplicação rigorosa desses princípios a todos os fenômenos de que tomamos conhecimento.”  
- Trecho retirado de um texto de Michelson, de 1894.

O QUE ERA A FÍSICA NO FINAL DO SÉCULO XIX?

- O resultado inesperado do experimento de Michelson-Morley.
- O problema da radiação de um corpo negro.

O QUE ERA A FÍSICA NO FINAL DO SÉCULO XIX?

- A hipótese de Planck da quantização de energia, foi capaz de explicar a radiação de corpo negro.
- O resultado do experimento de Michelson-Morley é justificado pela Teoria da Relatividade Restrita.

PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE

- Estuda o comportamento de um sistema físico a partir de dois sistemas de referência inerciais.
- As leis da física devem ser as mesmas para qualquer referencial inercial.
- Algumas grandezas são consideradas invariantes e outras podem ser calculadas através de transformações.

RELATIVIDADE RESTRITA

- Criada por Einstein e publicada em 1905.
- Ele propõe uma teoria que explica o movimento relativo de corpos que estejam em referenciais inerciais, próximos da velocidade da luz.
- Defende que o espaço e o tempo não são absolutos e nem independentes.

RELATIVIDADE GERAL

- Foi publicada dez anos depois da relatividade restrita.
- Analisa as leis da física para referencias acelerados e cria uma nova Teoria da Gravação.
- Introduz a ideia de espaço curvo.

### NEWTON X EINSTEIN

### RELATIVIDADE RESTRITA

### RELATIVIDADE RESTRITA

Exemplo 01) No episódio 5 de Guerra nas Estrelas, as espaçonaves do Império lançam sondas não tripuladas cuja missão é descobrir a base da Aliança Rebelde. Suponha que uma espaçonave está se movendo a uma velocidade de  $2,3 \times 10^8$  m/s em direção a Hoth lance uma sonda na direção de Hoth com uma velocidade de  $2,1 \times 10^8$  m/s em relação a espaçonave. Qual a velocidade da sonda em relação a Hoth?

## A.b – “Aula 2”

### POSTULADOS DE EINSTEIN

- Em 1905, com 26 anos, Albert Einstein publicou um artigo contendo a teoria completa da relatividade restrita, esta teoria era baseada em dois postulados:
  - As leis da física são as mesmas em todos referenciais inerciais.
  - A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor  $c$  qualquer que seja o movimento da fonte.

### POSTULADOS DE EINSTEIN

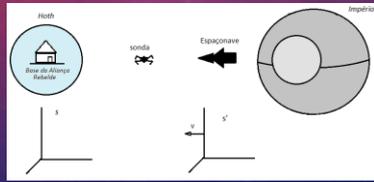
Pela transformação de Galileu:  $u' = c + v$  x

Pelos postulados de Einstein:  $u' = c$  v

### TRANSFORMAÇÃO DE LORENTZ

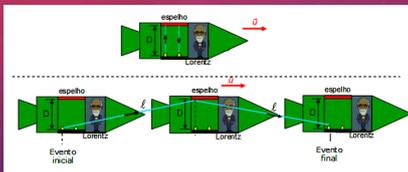
- Exemplo 02: Suponha que um evento ocorra no referencial S no ponto de coordenadas  $x = 75$  m,  $y = 18$  m,  $z = 40$  m e  $t = 2,0 \times 10^{-5}$  s. O referencial S' está se movendo no sentido positivo do eixo x com velocidade  $v = 0,85c$ . Quais as coordenadas do evento em S'?

- Exemplo 03) No episódio 5 de Guerra nas Estrelas, as espaçonaves do Império lançam sondas não tripuladas cuja missão é descobrir a base da Aliança Rebelde. Suponha que uma espaçonave está se movendo a uma velocidade de  $2,3 \times 10^8$  m/s em direção a Hoth lance uma sonda na direção de Hoth com uma velocidade de  $2,1 \times 10^8$  m/s em relação a espaçonave. Qual a velocidade da sonda em relação a Hoth?

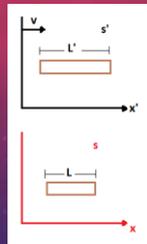


### A.c – “Aula 3”

#### DILATAÇÃO DO TEMPO



#### CONTRAÇÃO DAS DISTÂNCIAS



#### TREM RELATIVÍSTICO

- Trata-se de um experimento mental proposto por Einstein.
- Do ponto de vista da relatividade, não haverá concordância em relação a simultaneidade de eventos observados de referenciais inerciais distintos.

#### TREM RELATIVÍSTICO

The diagram shows a train moving to the right with velocity v. A light pulse is emitted from the center of the train. For observer B (on the train), the light travels a distance h to the ceiling and back, so  $c = \frac{2h}{t_B}$ . For observer A (on the ground), the light travels a distance d to the ceiling and back, so  $c = \frac{2d}{t_A}$ .

Logo  $\frac{2h}{t_B} = \frac{2d}{t_A} \Rightarrow \frac{t_A}{t_B} = \frac{d}{h} \Rightarrow \frac{t_A}{t_B} = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{h} \Rightarrow \frac{t_A^2}{t_B^2} = \frac{h^2 + x^2}{h^2} \Rightarrow \frac{t_A^2}{t_B^2} = 1 + \frac{x^2}{h^2}$

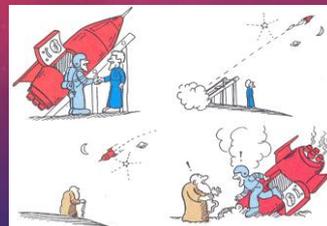
como  $x = vt_A \Rightarrow x^2 = \frac{v^2 t_A^2}{4}$  e  $h = \frac{ct_A}{2} \Rightarrow h^2 = \frac{c^2 t_A^2}{4}$

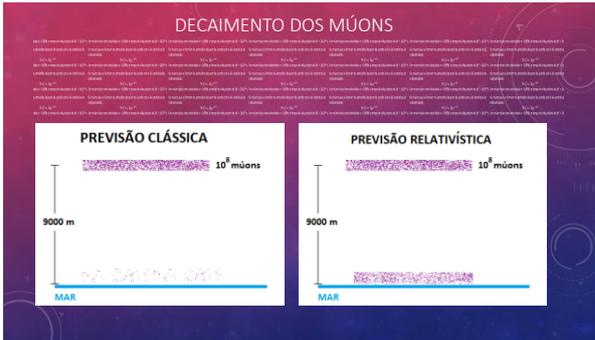
então  $\frac{t_A^2}{t_B^2} = 1 + \frac{v^2 t_A^2}{c^2 t_A^2} \Rightarrow \frac{t_A^2}{t_B^2} = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow t_A = \frac{t_B}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow t_A = \gamma t_B$

#### PARADOXO DOS GÊMEOS

- O que é um paradoxo?
- O paradoxo dos gêmeos também foi um experimento mental, proposto por Einstein, sobre a dilatação do tempo que é uma das consequências da Teoria da Relatividade Restrita.

#### PARADOXO DOS GÊMEOS





## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS:

- 1) Um astronauta realiza uma viagem espacial numa nave que se desloca com velocidade  $v = 0,8c$  em relação à Terra. Quando parte, o astronauta tem exatamente 30 anos. Seu irmão gêmeo permanece na Terra. No dia em que o astronauta retorna à Terra, seu irmão gêmeo está completando 32 anos. Qual é a idade do astronauta?

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS:

- 2) Uma barra com 2 m de comprimento é transportada por um trem relativístico que se desloca em relação à Terra com velocidade  $v = 0,6c$ . Sabe-se que ela está disposta na direção do movimento. Qual é o comprimento da barra medido por um observador na Terra?

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS:

- 3) De um avião voando com velocidade de 600 m/s em relação à Terra, é disparado um projétil com velocidade de 400 m/s, medida em relação ao avião. (Dado: velocidade da luz no vácuo  $c = 3 \times 10^8$ )
- a) Qual a velocidade do projétil em relação à Terra?
- a) Suponha que, em vez do avião, fosse uma nave alienígena, voando com velocidade 0,6c e que o projétil tivesse a velocidade 0,4c. Qual seria a velocidade do projétil em relação à Terra?

## A.d – “Aula 5”

## QUANTIDADE DE MOVIMENTO

- Definido na mecânica clássica como  $p = mv$
- Princípio da Conservação da quantidade de movimento.
- Expressão redefinida na relatividade restrita:  $p = \gamma m_0 v$

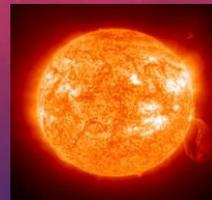
## MASSA DE REPOUSO E MASSA RELATIVÍSTICA

- Massa de repouso ( $m_0$ )
- Massa relativística:  $m = \gamma m_0$
- Para corpos com massa, a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) é a velocidade limite possível na natureza.

## ENERGIA RELATIVÍSTICA

- Energia cinética relativística:  $E_c = m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$
- Energia de repouso:  $E_0 = m_0 \cdot c^2$
- Energia total relativística:  $E = m \cdot c^2$

## PERDA DE MASSA DO SOL



Tempo	Perda de massa	Velocidade da luz	Energia liberada
1 s	4.300.000 kg	300.000.000 m/s	1.300.000.000.000.000 J
1 min	258.000.000 kg	300.000.000 m/s	78.000.000.000.000.000 J
1 hora	15.480.000.000 kg	300.000.000 m/s	4.680.000.000.000.000.000 J
1 dia	371.520.000.000 kg	300.000.000 m/s	112.320.000.000.000.000.000 J
1 ano	134.760.000.000.000 kg	300.000.000 m/s	37.560.000.000.000.000.000.000 J
1 século	134.760.000.000.000.000 kg	300.000.000 m/s	37.560.000.000.000.000.000.000.000 J

### PARTÍCULAS SEM MASSA

### ANIQUILAÇÃO DE PARES

- A equivalência relativística de massa e energia leva a possibilidade explicar o fenômeno de criação e aniquilação de pares de partículas e antipartículas.

- A colisão entre matéria e antimatéria produz uma quantidade de energia muito maior que a energia Química e a energia Nuclear:
  - 1Kg de matéria e antimatéria:  $1,8 \times 10^{17}$  J
  - 1Kg de petróleo (queima):  $4,2 \times 10^7$  J
  - 1Kg de hidrogênio (fusão nuclear):  $2,6 \times 10^{15}$  J

- O processo inverso também é possível:

Desde que a conservação da energia e momento sejam respeitadas. Isso implica a criação de pares de partícula-antipartícula. Um fóton não pode criar um elétron isolado.

## A.e – “Aula 7”

### RELATIVIDADE GERAL

- Em 1907, (...) eu percebi que todos os fenômenos naturais poderiam ser discutidos em termos da relatividade especial, exceto a lei da gravitação. Eu senti um profundo desejo de entender a razão por trás disto (...)
- Anos depois: “ Foi então que me ocorreu a ideia mais fantástica da minha vida. Da mesma forma que o campo elétrico gerado pela indução magnética, o campo gravitacional possui uma existência apenas relativa. Porque um observador que está caindo do telhado da sua casa, não existe um campo gravitacional... O observador tem, portanto, o direito de imaginar que se encontra “em repouso”.

A gravidade pode ser anulada por uma mudança de sistemas de coordenadas, pois como a velocidade, a gravidade também é uma grandeza relativa.

### GRAVIDADE COMO GEOMETRIA DO ESPAÇO

### DEFLEXÃO DA LUZ EM UM CAMPO GRAVITACIONAL

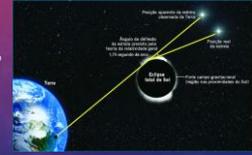
- Deflexão: Alteração da direção, do caminho percorrido por um corpo, raio luminoso ou partícula.
- A ideia de que a luz sofriria um desvio em sua trajetória causada pela gravidade já havia sido sugerida por Newton, em 1704.

## DEFLEXÃO DA LUZ EM UM CAMPO GRAVITACIONAL

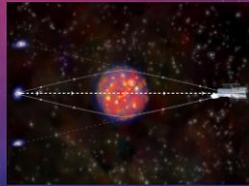
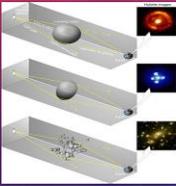
- No início do século 19, o desvio sofrido pela luz ao passar próxima ao Sol foi calculado pelo astrônomo alemão Johann Georg von Soldner, e o valor obtido foi de  $0,87''$ .
- Em 1911, Einstein também realizou este cálculo utilizando os postulados da relatividade restrita, chegando ao mesmo resultado.
- Com a elaboração da teoria da relatividade geral, em 1916, Einstein obteve um novo resultado:  $1,74''$ .

## OBSERVAÇÃO DA DEFLEXÃO GRAVITACIONAL

- Para maio de 1919 estava previsto um eclipse total do Sol e esta seria uma condição favorável para testar as afirmações de Einstein.
- Foram organizadas duas expedições pelo Observatório de Greenwich, uma para Sobral no Ceará e outra à Ilha de Príncipe (África Ocidental).
- Medidas de deflexão obtidas:  
Sobral  $1,98'' \pm 0,12''$   
Príncipe  $1,61'' \pm 0,30''$



## LENDES GRAVITACIONAIS



## GPS

- Formado por mais de 30 satélites orbitando a 20.000 km acima da superfície terrestre.
- As órbitas são traçadas de forma que pelo menos quatro satélites sejam visíveis de qualquer ponto da Terra.
- Para alcançar tal precisão, dentro de cada satélite há um relógio atômico.



## GPS

- Efeitos relativísticos:
- Relatividade restrita: os relógios dentro dos satélites atrasam 7 microssegundos por dia em relação aos que estão na Terra.
- Relatividade geral: os relógios adiantam 45 microssegundos por dia.
- Saldo: adiantam 38 microssegundos por dia.



## BURACOS NEGROS

Resultados da evolução estelar: Anã marrom, anã branca, supernova, buraco negro.

**Buraco negro:** Se a massa inicial da estrela for superior a 25  $M_{\odot}$ , a matéria remanescente se contrai até certo ponto dando origem a um buraco negro.

Um corpo celeste capaz de aprisionar até mesmo a luz em seu interior, devido à seu intenso campo gravitacional.

O buraco negro mais próximo da Terra está a 1600 anos-luz.

Evolução estelar e cósmica.



## ONDAS GRAVITACIONAIS

- São perturbações na curvatura do espaço-tempo, causadas pela aceleração da matéria.
- Já haviam sido previstas teoricamente por Einstein.
- Em 14/09/2015 foram detectadas as ondas gravitacionais produzidas pelo choque de dois buracos negros há 1,3 bilhões de anos atrás.



## ONDAS GRAVITACIONAIS

As ondas gravitacionais foram detectadas no Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro Laser (LIGO) nos EUA.



## APÊNDICE B – “AULA 4 - QUESTIONÁRIO ORIENTADO”

EEEFM Aristóbulo Barbosa Leão  
3º Ano – 3º Trimestre – Valor: 4 pontos

Aluno: \_\_\_\_\_ Turma: 3º \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Data: \_/ \_/ \_

### Física - Questionário Avaliativo

- 1) Suponha que uma nave alienígena, voando com velocidade  $0,5c$  em direção à Terra, lance um projétil (em direção à Terra) com velocidade  $0,8c$  em relação a nave. Qual a velocidade do projétil para um observador na Terra?
- 2) Uma régua de três metros está em repouso em referencial com velocidade  $v=0,6c$ . Qual tamanho desta régua para um observador em repouso em relação a este referencial?
- 3) Cesar embarca em uma espaçonave e se afasta da Terra a uma velocidade constante de  $0,45c$  em direção a Betelgeuse (estrela gigante vermelha na constelação de Orion), três anos depois ele volta e se encontra com Roberto, seu irmão gêmeo. Qual a diferença de idade dos irmãos quando eles se encontrarem? Dado  $\gamma = 1,12$ .
- 4) Hoje sabemos que existe um limite para a aplicação da mecânica Newtoniana e que, em consequência dessa limitação, foi criada a teoria da relatividade restrita. Cite um exemplo em que podemos utilizar as teorias de Newton e outro onde devemos recorrer à teoria da relatividade de Einstein. Evidencie as diferenças entre as duas situações.
- 5) De uma nave espacial viajando a velocidade de  $2,3 \times 10^8$  m/s é lançado um projétil que sai da nave com velocidade  $2,9 \times 10^8$  m/s. Utilizando as transformações de Galileu:
 
$$V_{\text{Terra}} = V_{\text{nave}} + V_{\text{projétil}}$$

$$V_{\text{Terra}} = 2,3 \times 10^8 \text{ m/s} + 2,9 \times 10^8 \text{ m/s} = 5,2 \times 10^8 \text{ m/s.}$$
 Um observador na Terra observará o projétil com velocidade de  $5,2 \times 10^8$  m/s. Este resultado é compatível com os postulados da relatividade restrita? Justifique.

## APÊNDICE C – “AULA 8 – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL”

### C.a – “Parte 1”

#### AVALIAÇÃO DE FÍSICA - 3º TRIMESTRE - PROFESSOR VINÍCIUS LEITE

1) Complete o quadro abaixo indicando quais grandezas são absolutas ou relativas de acordo com cada teoria:

	Relatividade (Einstein)	Mecânica Clássica (Newton)
Velocidade da luz		
Espaço		
Tempo		
Massa		
Velocidade		

2) Explique o fenômeno de deflexão da luz. Em seguida, diga porque foi necessário esperar por um eclipse do Sol para fazer observações e comprovar as previsões teóricas de Einstein.

3) Em uma aula de física, um aluno faz a seguinte afirmação: ***“Se um corpo atingir o dobro da velocidade da luz em relação a um referencial, o tempo parecerá tão lento que os relógios praticamente pararão, pois as massas dos ponteiros ficarão enormes.”*** Com base na Teoria da Relatividade pode-se afirmar que:

- a afirmação é rigorosamente correta.
- a afirmação é parcialmente correta, pois as massas não ficarão enormes.
- a afirmação é parcialmente correta. As massas ficarão enormes, mas o tempo passará sem nenhuma alteração.
- a afirmação é incorreta, pois, ao ultrapassar a velocidade da luz, o tempo inverterá o sentido.
- a afirmação é rigorosamente incorreta, pois um corpo não pode ser acelerado até ultrapassar a velocidade da luz.

4) ***“O GPS é um sistema de navegação por satélite a partir de um dispositivo móvel, que envia informações sobre a posição de algo em qualquer horário e em qualquer condição climática. O sistema de GPS funciona graças a um conjunto de 24 satélites que orbitam em torno da Terra, numa altitude de aproximadamente 20.200 km e a uma velocidade de quase 11.500 Km/h. Em qualquer lugar do mundo, o aparelho receptor (o dispositivo GPS) capta as informações de um grupo de quatro destes satélites e, através da troca de alguns dados, consegue determinar para o utilizador a sua exata localização no mapa.”***

Considere as seguintes afirmações sobre o GPS:

**C.b – “Parte 2”**

I) o relógio que se encontra dentro de um dos satélites, sofre um pequeno atraso em relação a um relógio que está na Terra, devido a velocidade do satélite.

II) o relógio que se encontra dentro de um dos satélites, tem um pequeno adiantamento em relação a um relógio que está na Terra, devido a velocidade do satélite.

III) Sem as Teorias da Relatividade restrita e Relatividade Geral não seria possível criar um sistema tão preciso como o GPS.

IV) Os efeitos da gravidade não alteram a sincronia entre os relógios que estão dentro dos satélites e os relógios que estão na Terra.

Quais alternativas são CORRETAS:

a) I, III e IV

b) II, III e IV

c) I e III, apenas.

d) II e III

e) I e IV

5) A energia liberada pela fissão de um núcleo de U-235 é aproximadamente  $3.2 \times 10^{-13}$  J. Qual a massa convertida em energia nessa fissão?

6) Por que os resultados dos experimentos realizados em uma nave em repouso no planeta Terra, sob a ação da gravidade **g**, não podem ser distinguidos dos resultados de experimentos realizados numa nave no espaço com aceleração **-g**?

**APÊNDICE D – “AULA 7 – TABELA COM LINKS DOS VÍDEOS UTILIZADOS NA SEQUÊNCIA” (Acessados em 23 de julho de 2017)**

<b>VÍDEO</b>	<b>TEMA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>LINK</b>
1	Ondas Gravitacionais	Fantástico 14-02-2016 O Som do Universo..Histórico	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=129qMw9QsGw">https://www.youtube.com/watch?v=129qMw9QsGw</a>
2	GPS	GPS e a Teoria da Relatividade	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=yCs0nOI35Ic">https://www.youtube.com/watch?v=yCs0nOI35Ic</a>
3	Teoria da Relatividade	Teoria da Relatividade Geral	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=b-_czDQhcKo">https://www.youtube.com/watch?v=b-_czDQhcKo</a>
4	Paradoxo dos gêmeos	Teoria da Relatividade e o Paradoxo dos Gêmeos - Legendado.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ">https://www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ</a>