

A UTILIZAÇÃO DO JOGO A *SLOWER SPEED OF LIGHT* PARA ENSINAR CONCEITOS DE RELATIVIDADE RESTRITA

THE USE OF THE GAME A SLOWER SPEED OF LIGHT TO TEACH CONCEPTS OF RESTRICTED RELATIVITY

Claudinéia de Oliveira Martins

Mestranda em Ensino pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Foz do Iguaçu
neiapessatto@gmail.com

Reginaldo A. Zara

Docente associado do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Foz do Iguaçu
reginaldo.zara@gmail.com

Resumo: O presente artigo é parte integrante de uma investigação desenvolvida como Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física que teve como objetivo principal: investigar a aprendizagem dos estudantes submetidos a uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) desenvolvida para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) para estudantes do ensino médio. Nele será apresentada a experiência didática vivenciada por uma professora da rede pública de ensino da cidade de Capitão Leônidas Marques-PR, sobre a utilização do software a Slower Speed of Light como ferramenta educacional no processo de instrução. Esse software foi utilizado na segunda etapa da UEPS com duas finalidades: 1) despertar o interesse e a motivação dos alunos pelo tema e 2) realizar um levantamento dos conhecimentos prévios que eles possuíam sobre o assunto, dando assim subsídios para reformular o planejamento didático e ensinar de acordo com eles. Durante a atividade envolvendo o software os alunos foram incentivados a descrever o que estavam visualizando e instigados a responder questões sobre o tema antes e depois das intervenções. Quando comparados os resultados destes dois momentos, observa-se que a utilização do software em sala de aula além de envolver os alunos no processo de aprendizagem, desenvolveu habilidades como o senso crítico, a argumentação, a modelagem, a representação, entre outras, facilitando a aprendizagem significativa de conceitos da TRR, uma vez que, os fenômenos relativísticos não são perceptíveis no cotidiano e percebê-los no jogo ajuda os estudantes a compreenderem melhor os fenômenos em estudo.

Palavras-chave: Relatividade Restrita; Experiência Didática; Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

Abstract: O This article is an integral part of an investigation developed as a Phase of Completion of a Degree in Physics, whose main objective was to investigate the learning of students submitted to a Potentially Significant Teaching Unit (LPS) developed for the teaching of Relativity Theory Restricted (TRR) for high school students. In it will be presented the didactic experience experienced by a teacher of the public teaching network of the city of Captain Leônidas Marques-PR, on the use of the software to Slower Speed of Light as educational tool in the process of instruction. This software was used in the second stage of the LIFO for two purposes: 1) to raise students' interest in and motivation for the subject; and 2) to carry out a survey of the previous knowledge they had on the subject, thus giving subsidies to reformulate didactic planning and teach according to them. During the activity involving the software students were encouraged to describe what they were visualizing and instigated to answer questions about the topic before and after the interventions. When comparing the results of these two moments, it is observed that the use of software in the classroom besides involving students in the learning process, has developed skills such as critical sense, argumentation, modeling, representation, among others, facilitating the significant learning of TRR concepts, since relativistic phenomena are not perceptible in everyday life and perceiving them in the game helps students to better understand the phenomena under study.

Keywords: Restricted Relativity; Didactic Experience; Potentially Significant Teaching Units (LIFOs).

INTRODUÇÃO

A UEPS (MOREIRA, 2011) é uma proposta de construção de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2002).

Nas UEPS a diversificação de materiais e estratégias de ensino é essencial para estimular o questionamento, o diálogo e a crítica dos estudantes, uma vez que, privilegiam um ensino centrado no aluno e não no professor. Mas, para que esses estímulos ocorram de fato devem-se privilegiar tanto as atividades colaborativas quanto às atividades individuais. Por isso, a utilização de recursos tecnológicos que sejam potencialmente significativos, como por exemplo, o uso dos jogos e dos simuladores é extremamente importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos, uma vez que, com o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) os alunos se comunicam com outras pessoas e com o conhecimento acumulado pela humanidade ao longo do tempo (RANGEL et al., 2012). Sendo assim, sua introdução no ensino de Ciências, como novas metodologias de ensino e aprendizagem, consistem atualmente em uma área de pesquisa muito promissora (RANGEL et al., 2012; RIBOLDI, 2015). Ao explorar o potencial das TDIC o professor tem em mãos uma diversidade de *“ferramentas capazes de atender às individualidades de cada estudante, assim como contemplar os diferentes estilos de aprendizagem”* (RIBOLDI, 2015, p. 15).

Segundo Riboldi (2015) durante 30 anos os designers de simulações desenvolveram uma variedade de simuladores com a intenção de apoiar e facilitar a aprendizagem de Ciências. No entanto, mais recentemente, baseados em teorias de aprendizagem os designers de jogos começaram a desenvolver jogos educacionais com o objetivo de tornar o ensino de Ciências mais eficaz e mais atraente para os estudantes.

Segundo Gee (2010) os jogos educacionais se tornam importantes ferramentas capazes de envolver os alunos no processo de aprendizagem e desenvolver habilidades como o senso crítico, a argumentação, a modelagem, a representação, entre outras. Além disso, os jogos educacionais podem provocar altos níveis de envolvimento e interação entre os estudantes, *“incentivando a repetição de procedimentos e prática de processos, motivando os alunos com desafios e feedback rápidos”* (RIBOLDI, 2015, p. 16). Por isso, acredita-se que os jogos educacionais possuem um grande potencial para apoiar propostas de ensino que são baseadas em investigação, como é o caso das UEPS. Mas, é importante destacar que os jogos educacionais por si só constituem apenas uma ferramenta metodológica, que podem tanto contribuir para o aprendizado do aluno, quanto tornar-se um obstáculo de aprendizagem para o

estudante (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Ou seja, “*sem a inserção de metas de aprendizagem atribuídas aos jogos digitais, estes passam a ser apenas jogos de entretenimento*” (RIBOLDI, 2015, p. 17).

Para Riboldi (2015) os bons jogos digitais devem estimular os alunos a identificarem e analisarem os problemas apresentados, recorrendo e aplicando o conhecimento aprendido anteriormente. Devem fornecer experiências que permitem que o aluno/jogador interaja socialmente com os demais estudantes/jogadores, compartilhando e utilizando os conhecimentos adquiridos previamente. Devem possuir objetivos de aprendizagem (regras, métodos, procedimentos, entre outros) associados com as experiências relacionadas aos jogos digitais (interação com os demais jogadores, ação, improvisação, feedback, aprendizagem, entre outras). Devem permitir um bom grau de interação e capacidade de escolhas dos alunos/jogadores.

Contudo, é importante esclarecer que o foco principal não deve estar no jogo em si, mas sim nas experiências que este pode promover no aluno/jogador. Por isso, se faz necessário que o planejamento didático do professor favoreça o processamento das experiências vividas pelos alunos na concretização dos objetivos de aprendizagem. Da mesma forma, o domínio do professor sobre jogo é importante não só para a orientação dos alunos acerca das regras e procedimentos do jogo, mas também para evidenciar e relacionar os conteúdos presentes no jogo com os objetivos de aprendizagem e com os conteúdos da disciplina, levando assim os estudantes a refletirem sobre as experiências vividas com o jogo (RIBOLDI, 2015).

Desta forma, os jogos digitais podem ser utilizados em diferentes fases do processo de instrução. Eles podem ser utilizados no início da unidade didática para despertar o interesse e a motivação dos estudantes para um determinado conteúdo. Podem ser utilizados para aumentar a compreensão ou adquirir uma maior quantidade de símbolos. Podem ser utilizados como instrumento de avaliação.

Mas, independentemente do momento que eles forem utilizados, é preciso pensar como este jogo irá alcançar as metas de aprendizagem em sala de aula. Ou seja, é preciso aliar o jogo a outras metodologias e ferramentas de ensino e aprendizagem com o intuito de contribuir para uma aprendizagem mais significativa. Entre essas ferramentas pode-se citar, por exemplo, as aulas dialogadas, os trabalhos em grupo e a resolução de situações-problema.

No intuito de facilitar a aprendizagem dos estudantes, abordou-se, neste trabalho, uma proposta de inserção de conceitos da TRR, baseada na reformulação de uma UEPS e na

utilização de diferentes metodologias de ensino como os simuladores e o jogo Speed of Light, de modo que o uso dessas ferramentas tecnológicas favorecesse a aprendizagem significativa (AS) dos conceitos em estudo. Pois, como destaca Moreira (2011, p.25), “*um bom ensino deve ser construtivista, estar centrado no aluno, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa*”. Desta forma, apresenta-se como síntese dos resultados uma análise qualitativa das respostas dos estudantes a cinco questões formuladas a partir da utilização do jogo a Slower Speed of Light na segunda etapa da UEPS como ferramenta educacional.

MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram realizadas, inicialmente, diversas atividades (como por exemplo, mapas conceituais, resenhas críticas, resolução de situações-problemas, resoluções de questões ao longo da UEPS, entre outras) com o objetivo de que os alunos externalizassem os conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos envolvidos. A partir da análise dessas atividades é que foi reformulado o planejamento didático e a UEPS.

Para a reformulação da UEPS levou-se em consideração os passos sugeridos por Moreira (2011), ou seja, utilizou-se de vários recursos didáticos no planejamento das atividades individuais e colaborativas propostas nas situações-problemas. Já para identificar os conhecimentos prévios dos alunos além das situações-problemas e questões prévias sobre o tema foi construído um questionário para ser aplicado como pré-teste e pós-teste, que foi dividido em cinco seções; 1) referencial inercial, 2) invariância da velocidade da luz, 3) dilatação temporal, 4) contração do comprimento e 5) simultaneidade de eventos. Nas quatro primeiras foram incluídas questões de cunho conceitual, procedimental e aplicação da ciência, enquanto que na quinta foi incluído apenas questões de cunho conceitual e procedimental. Todas as questões que compunham o questionário foram formuladas em pares e em todas elas o objetivo era além de testar o mesmo conhecimento ((procedimento importante para a validação do questionário, como por exemplo, o par mostrado no quadro 1) verificar se os alunos seriam capazes de generalizar os conhecimentos aprendidos. Assim, seria possível saber, a partir de análise estatística, se os estudantes potencialmente compreenderam o conceito e marcaram a opção correta ou não sabiam e marcaram uma das opções aleatoriamente. Para analisar as respostas dos estudantes por meio do questionário atribuiu-se 1,0 para as questões respondidas corretamente, -1,0 para questões respondidas incorretamente e 0,0 para as questões

respondidas como “não sei”, de forma a manter o valor esperado para um aluno que não sabia a resposta ou não tinha conhecimentos sobre o assunto (Martins et al, 2017).

Quadro 1. A tabela mostra duas questões conceituais que avaliam o mesmo conhecimento sobre o conceito de referencial inercial.

REFERENCIAL INERCIAL¹

Assinale apenas uma alternativa para cada questão, observando as seguintes informações: NS=Não sei; C=Concordo; D=Discordo.

	NS	C	D
Referencial inercial			
1. O movimento de um objeto livre de forças externas é descrito em um referencial como tendo uma aceleração uniforme.			
2. Em um referencial não inercial mesmo objetos livres de interações externas aparentam estar sobre influência de forças.			

Fonte: Martins et al, 2017, p. 1211.

Através da análise do conteúdo, realizou-se a validação interna do questionário, que foi aprovado por quatro professores de diferentes instituições de ensino superior. Também foi realizado o cálculo da fidedignidade do instrumento de coleta de dados utilizando-se das respostas das 235 aplicações feitas (alguns alunos fizeram somente o pré-teste e não aparecem no estudo geral), resultando em um coeficiente de Cronbach de 0,974, o que significa que o instrumento possui boa fidedignidade (Moreira e Rosa, 2007).

Para a comparação de desempenho entre os métodos de intervenção utilizou-se da média da pontuação nos questionários dos grupos. Já as significâncias associadas às respostas das aplicações feitas foram calculadas através do teste T para amostras independentes (na comparação entre grupos) e do teste T para amostras pares (na comparação entre pré-teste e pós-teste de um mesmo grupo) usando o pacote estatístico SPSS (Dancey e Reidy, 2007). “Esses dois tipos de testes estatísticos determinam a significância que informa sobre a maior ou menor possibilidade de obter o resultado devido ao erro amostral (por acaso) caso não existe diferença entre os dois grupos medidos (hipótese nula)” (Martins et al, 2017, p. 1211). Deve-se considerar que se a significância encontrada for menor do que 0,05 (5%), a hipótese nula poderá ser descartada, e nesse caso “há um suporte razoável para a hipótese de que os grupos

¹ Para ter acesso ao questionário e/ou a UEPS completa entre em contato com o primeiro autor do artigo.

apresentam diferença na característica pesquisada, cuja amplitude é dada pela média” (Martins et al, 2017, p. 1211).

Os resultados do pré-teste (das questões prévias e situações-problemas da UEPS assim como do questionário) serviram de base para reformular o planejamento didático e ensinar de acordo com os conhecimentos prévios que os estudantes possuíam sobre o tema. A partir dessas informações, definiu-se o planejamento didático em dois momentos: o primeiro, denominado Durante a Aula, foram realizadas aulas expositivas e dialogadas a partir de três etapas (atividade inicial, desenvolvimento e fechamento) e o segundo, chamado de Pós-aula, foram organizadas atividades extras que deveriam ser realizadas pelos alunos para um melhor acompanhamento da próxima aula. Ressalta-se que em todos os encontros foram realizados feedbacks das atividades desenvolvidas no encontro anterior. No quadro 2, há uma descrição resumida das aulas utilizando a UEPS (Martins et al, 2017).

Quadro 2. Descrição da UEPS.

Aulas	Síntese das aulas	Horas/Aulas
1	<p><u>Atividade inicial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Situação inicial da UEPS. Introdução ao tema, a partir de problematizações que serão apresentadas através de quatro questões e que serão discutidas ao longo da aula. <p><u>Desenvolvimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fazer uma breve apresentação da UEPS, explicando qual o intuito da unidade de ensino, as atividades a serem desenvolvidas e os métodos de avaliação a serem utilizados. • Pedir para que os alunos respondam individualmente as duas primeiras questões apresentadas. (Questão 1: Vocês já ouviram falar sobre Einstein?; Questão 2: Já ouviram falar ou leram algo sobre a teoria da Relatividade?). • Discutir com os alunos o termo Relatividade: procurar em um dicionário o significado da palavra relatividade e restrito e anotar no quadro a definição de ambas, negociando com os alunos quais as definições que se adequam à teoria da Relatividade Restrita. • Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de espaço e tempo por meio da questão 3. (Questão 3: O que você entende por espaço e tempo?). • Utilizar a discussão com os alunos sobre o termo Relatividade para finalizar a aula com a questão 4. (Questão 4: Por que a teoria desenvolvida por Einstein ficou conhecida por “Teoria da Relatividade Restrita”?). 	6

	<p><u>Fechamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aplicação do pré-teste 3 (dilatação temporal). ● Solicitar que os alunos construam um pré-mapa conceitual sobre os assuntos tratados até o momento (ou até o encontro 1). ● Entregar o texto “Uma breve história da Teoria da Relatividade Restrita” produzido pelo professor Bruno Riboldi (2015) para que os alunos leiam em casa para a próxima aula. ● Propor aos alunos que realizem como tarefa de casa uma pesquisa (em sites, periódicos impressos ou online, livros, artigos de divulgação científica, enciclopédias virtuais, etc.) sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Tal pesquisa servirá de base para a produção de uma resenha crítica sobre o assunto na disciplina de Português. O objetivo desta atividade é mostrar os conceitos tratados na Teoria da Relatividade Restrita em um contexto mais geral e abrangente, bem como trabalhar de forma interdisciplinar com a disciplina de Português. ● Mencionar o assunto da próxima aula e solicitar a visualização do vídeo https://www.youtube.com/watch?v=uu7jA8EHi_0 sobre “A Slower Speed of Light”, produzido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). Para incentivar os alunos a visualizarem o vídeo pretende-se enviar algumas questões (formuladas a partir do vídeo) para que os alunos respondam e avaliem o game. <p><u>Pós-Aula:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Leituras complementares (texto “Uma breve história da Teoria da Relatividade Restrita”). Pesquisa sobre Relatividade Restrita. Desenvolvimento de uma resenha sobre o assunto pesquisado na disciplina de português. ● Os alunos serão incentivados, por meio de algumas questões (entregues a eles na aula anterior) a lerem o texto “Uma breve história da Teoria da Relatividade Restrita” produzido pelo professor Bruno Riboldi (2015) e assistirem ao vídeo https://www.youtube.com/watch?v=uu7jA8EHi_0 sobre “A Slower Speed of Light”, produzido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). 	
2	<p><u>Atividade inicial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Introdução ao tema, a partir das situações-problema que serão apresentadas enquanto os alunos, em duplas, jogam o game “A Slower Speed of Light”, produzido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). <p><u>Desenvolvimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Feedback e devolutiva dos mapas conceituais e das questões (1 a 4) para os alunos. ● Fazer uma breve apresentação do game “A Slower Speed of Light”, produzido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) e disponível no endereço virtual: 	6

	<p>http://gamelab.mit.edu/games/aslowerspeedoflight/, explicando qual o intuito do videogame.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispor um tempo para que os alunos tenham um primeiro contato com o videogame e aprender os comandos. • Fazer alguns questionamentos para os alunos a partir do momento que eles estiverem familiarizados com o videogame. • Entregar cinco questões para que os alunos respondam enquanto jogam o game: (Questão 5: A velocidade da luz possui um valor máximo?; Questão 6: Por que quando nos movimentarmos, não percebemos os mesmos efeitos observados no jogo?; Questão 7: Quando quase todas as orbs foram coletadas, o que podemos visualizar quando o personagem se movimenta?; Questão 8: O que visualizamos quando coletamos todas as orbs?; Questão 9: O que enxergaríamos se pudéssemos viajar com a mesma velocidade de um raio de luz?). • Apresentar (dar nome) aos alunos os fenômenos relativísticos presentes no game (invariância da velocidade da luz, contração do espaço, dilatação temporal e os efeitos relativísticos). • Aplicar no encontro do dia 16/08 o pré-teste 4 (sobre o conceito de contração do comprimento). <p><u>Fechamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Solicitar que os alunos entreguem as questões propostas enquanto eles jogavam o game (as respostas serão analisadas pelo professor para verificar quais os conceitos físicos que os alunos construíram durante a interação com o game). • Mencionar o assunto da próxima aula e solicitar a leitura do material que será entregue. • Aplicar no encontro do dia 22/08 o pré-teste 5 (sobre o conceito de simultaneidade de eventos). <p><u>Pós-aula:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Leituras complementares sobre a TRR e resolução de perguntas sobre os conceitos de tempo, espaço e referencial inercial. 	
3	<p><u>Atividade inicial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nova situação-problema em maior nível de complexidade (terceiro passo da UEPS). Introdução ao tema, a partir de problematizações que serão apresentadas enquanto os alunos, em duplas, trabalham com três animações que tratam de fenômenos relativísticos e busquem explicações para os fenômenos observados no game e posteriormente para a situação-problema apresentada, o paradoxo dos gêmeos. <p><u>Desenvolvimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Devolver as questões (5 a 9) corrigidas para os alunos. • Fazer uma breve apresentação da atividade que será realizada nesta aula explicando qual o intuito da atividade proposta. 	3

<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilizar as três animações, que tratam dos fenômenos relativísticos (contração do espaço, dilatação temporal e simultaneidade de eventos) disponíveis em: http://profimaradigital.pbworks.com/w/page/35211631/Programas, ao mesmo tempo para os alunos e salientar que cada dupla tem a opção de iniciar o trabalho pela animação de sua preferência. ● Entregar aos alunos algumas perguntas que envolvam os conceitos de tempo, espaço e referencial inercial, os quais são importantes para a compreensão dos novos conceitos apresentados nas animações (dilatação temporal, contração do espaço e simultaneidade de eventos). ● Disponibilizar aproximadamente 30 minutos para que os alunos possam trabalhar com as animações em busca de respostas para as perguntas apresentadas. Durante esse período atuar como mediador das discussões que os alunos promoverão enquanto fazem uso das animações, encorajando os alunos a compartilharem seus conhecimentos. ● Aproveitar esse momento para expor a importância dos conceitos de tempo, espaço e referencial inercial para a explicação dos fenômenos que estão presentes nas animações. ● Incentivar os alunos a deduzirem por meio do teorema de Pitágoras a expressão para a dilatação temporal a partir dos dados fornecidos na animação do “relógio de luz”. ● Propor que os alunos assistam ao vídeo sobre o “Paradoxo dos Gêmeos”, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Jw6McOwxFXs, e em seguida buscar responder a seguinte pergunta: (Questão 10: Por que o tempo passou mais devagar para Bert?). ● Aplicar no encontro do dia 23/08 o pós-teste 1 (sobre o conceito de referencial inercial). <p><u>Fechamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Trazer questões ou situações que façam os alunos pensarem sobre a situação-problema apresentada no vídeo. ● Após todos os alunos entregarem suas conclusões sobre o paradoxo dos gêmeos, iniciar uma discussão coletiva a fim de buscar uma explicação para o fenômeno apresentado no Paradoxo dos Gêmeos. ● Iniciar ao final da atividade anterior uma aula dialogada em que os alunos, por meio da mediação do professor, devem discutir quais fenômenos (dilatação temporal, a contração de Lorentz, a invariabilidade da velocidade da luz e o efeito da aberração relativística) mais chamou a atenção, bem como as suas explicações. ● Aula dialogada sobre a importância dos conceitos de tempo, espaço e referencial inercial para a explicação dos fenômenos que estavam presentes nas animações. ● Aplicar no encontro do dia 29/08 o pós-teste 2 (sobre o conceito invariância da velocidade da luz). 	
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> ● Mencionar o assunto da próxima aula e solicitar a leitura do material que será entregue. <p><u>Pós-aula:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Leituras complementares. ● Dedução por meio do teorema de Pitágoras da expressão para a dilatação temporal a partir dos dados fornecidos na animação do “relógio de luz”. ● Leituras complementares e resolução de uma situação-problema (o paradoxo do trem). ● Resolução de uma situação-problema sobre o fenômeno da simultaneidade de eventos. 	
4	<p><u>Atividade inicial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aprofundamento do conteúdo (quarto passo da UEPS). Introdução ao tema, a partir da apresentação, discussão e resolução do paradoxo do trem. <p><u>Desenvolvimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Iniciar a aula com a apresentação do paradoxo do trem. O objetivo dessa abordagem é fazer os alunos pensarem sobre o conteúdo. ● Mencionar o paradoxo do celeiro e os conceitos envolvidos nessa situação com o objetivo de causar um incômodo aos estudantes motivando-os a querer pensar sobre o assunto. ● Propor uma aula dialogada em que os alunos, por meio da mediação do professor, devem discutir quais os fenômenos relativísticos que mais chamaram a atenção, bem como as suas explicações. ● Iniciar uma aula expositiva sobre os conceitos básicos da teoria da Relatividade Restrita presentes no game e nas animações. <p><u>Fechamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aplicar o questionário pós-teste 3 (sobre o conceito de dilatação temporal) no encontro do dia 30/08. ● Avaliação somativa individual (quinto passo da UEPS) no encontro do dia 05/09. ● Mencionar o assunto da próxima aula e solicitar a leitura do material que será entregue. <p><u>Pós-aula:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Leituras complementares. ● Resolução de uma situação-problema envolvendo as limitações da Mecânica Clássica para objetos a altas velocidades. 	6
5	<p><u>Atividade inicial:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aula expositiva dialogada integradora final (sexto passo da UEPS). Retomar todo o conteúdo da UEPS. 	3

<p><u>Desenvolvimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Iniciar a aula com uma situação que envolva a Mecânica Clássica e a Relatividade com o objetivo de fazer os alunos pensarem sobre o porquê da limitação da Mecânica Clássica para objetos a altas velocidades. ● Calcular junto com os alunos, usando a adição das velocidades da Mecânica Clássica e Relativística, as velocidades relativas para objetos a altas velocidades, mostrando o porquê da limitação da teoria Clássica para objetos a altas velocidades. ● Retomar, por meio de uma aula expositiva, todo o conteúdo envolvido nas animações e no videogame (invariabilidade da velocidade da luz, simultaneidade, dilatação temporal, contração de Lorentz, aberração relativística). <p><u>Fechamento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Iniciar uma discussão coletiva acerca das questões propostas na avaliação individual, sanando, portanto, as lacunas que ficaram durante a exposição dos conceitos. ● Aplicar o questionário pós-teste 4 sobre o conceito de contração do espaço no encontro do dia 06/09. ● Aplicar o questionário pós-teste 5 sobre o conceito de simultaneidade de eventos no encontro do dia 12/09. ● Avaliação da UEPS (oitavo passo da UEPS) pelos alunos por meio da aplicação de questionário pós-aplicação da UEPS no encontro do dia 13/09. ● Finalização da pós-resenha crítica e pós-mapa conceitual. ● Finalização da UEPS. <p><u>Pós-aula:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Avaliação da UEPS pelos alunos por meio da aplicação de questionário pós-aplicação da UEPS. 	
---	--

Fonte: Martins et al, 2017, p. 1212.

CONTEXTO DA PESQUISA

A proposta foi implementada, simultaneamente, em quatro turmas da 3ª série do Ensino Médio (EM), de duas escolas estaduais localizadas na cidade de Capitão Leônidas Marques-PR. Essas turmas foram divididas em dois grupos. Em duas delas, denominadas de Grupo Experimental (GE), e composta por 50 alunos foi aplicado a UEPS e nas outras duas, denominadas de Grupo de Controle (GC), compostas por 52 alunos foram ministradas aulas tradicionais (aulas expositivas seguidas de resolução de exercícios). Todos os alunos possuíam entre 16 e 17 anos e em sua maioria não trabalhavam. Tanto nas UEPS quanto nas aulas tradicionais foram abordados os mesmos conteúdos de Relatividade Restrita (RR), tiveram a

mesma duração total de 24 horas/aula, com início em 01/08/2016 e término em 16/10/2016, e ambas ocorreram no período matutino (MARTINS *et al*, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o referencial teórico adotado da teoria da AS e os procedimentos metodológicos abordados neste trabalho de pesquisa, descreve-se a seguir a análise e a discussão dos resultados alcançados a partir das atividades presentes na segunda etapa UEPS (mais especificamente na utilização do jogo a Slower Speed of Light como ferramenta educacional).

Na reformulação do planejamento didático e da UEPS, foram planejadas uma quantidade significativa de atividades. Elas tinham como objetivo facilitar a construção do conhecimento, todavia nem todas essas atividades foram utilizadas para verificar evidências de AS. As atividades que tiveram tal finalidade são denominadas de “instrumentos”.

Outras atividades tiveram ainda o objetivo de tornar explícito não somente para a professora, mas também para os alunos, os conhecimentos prévios sobre um determinado conteúdo abordado, ativando os subsunçores necessários para a ocorrência da AS, ou indicando a ausência destes.

Foram vários os instrumentos analisados, dentre eles, destacam-se os seguintes instrumentos qualitativos: mapa conceitual, resenha crítica, resolução de situações-problemas e de dez questões ao longo da UEPS, avaliação somativa e novo mapa conceitual e um instrumento quantitativo: questionário.

Neste trabalho apresenta-se mais detalhadamente a análise qualitativa das seguintes questões: 6) Por que quando nos movimentamos, não percebemos os mesmos efeitos observados no jogo?² e 9) O que enxergaríamos se pudéssemos viajar com a mesma velocidade de um raio de luz? que foram aplicadas para os dois grupos de alunos na utilização do jogo a Slower Speed of Light como ferramenta educacional na segunda etapa da UEPS, sendo que a análise dos demais instrumentos pode ser encontrada em MARTINS (2016).

Análise Qualitativa da sexta questão aplicada na segunda etapa da UEPS para o grupo experimental

² Essa questão faz parte de um conjunto de dez questões que compõem a proposta didática e que foi aplicada ao longo da implementação da UEPS.

As categorias discutidas a seguir foram construídas a partir das respostas dos alunos a seguinte questão: 6) Por que quando nos movimentarmos, não percebemos os mesmos efeitos observados no jogo?

Tabela 1. Categorias construídas a partir das respostas dos alunos a sexta questão.

Categoria	Resposta dos alunos antes da UEPS	Resposta dos alunos depois da UEPS
1. Devido a velocidade da luz.	41	44
2. Velocidade relativa.	1	1
3. Pois as frequências emitidas não estão na faixa da luz visível.	4	0

Embora os estudantes não tenham apresentado equívocos quanto à questão proposta planejou-se a ação mostrada na tabela 2 visando levar os estudantes a refletirem sobre as limitações da Mecânica Clássica (MC) para objetos a altas velocidades, expondo assim porque não é possível enxergar os efeitos e os fenômenos relativísticos em situações cotidianas.

Tabela 2: Ação planejada para modificar os conhecimentos prévios e diminuir os erros epistemológicos apresentados pelos estudantes.

Ação	Objetivo
Aula expositiva-dialógica.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levar os estudantes refletirem porque não enxergamos os efeitos relativísticos em situações cotidianas. 2. Expor uma situação que envolva a Mecânica Clássica (MC) e a TR com o objetivo de fazer os alunos pensarem sobre o porquê da limitação da MC para objetos a altas velocidades, destacando porque não enxergamos os efeitos relativísticos no dia-a-dia.

Na sequência apresenta-se uma descrição mais detalhada da análise qualitativa das categorias obtidas a partir da sexta questão.

Categoria 1. Devido a velocidade da luz.

Antes da aplicação da UEPS 41 estudantes mencionaram que não é possível perceber os mesmos efeitos observados no jogo por causa da velocidade da luz: *“Por causa da velocidade da luz. Não atingimos a velocidade da luz, então não podemos ver”* (E2TB).

Após a aplicação da UEPS 44 estudantes descreveram que no jogo se consegue atingir uma velocidade muito próxima a velocidade da luz, mas no cotidiano se atinge uma velocidade muito pequena em relação a essa velocidade: *“Porque no jogo conseguimos atingir uma velocidade muito próxima a velocidade da luz, e quando nos movimentamos atingimos uma velocidade muito pequena em relação a essa velocidade”* (E6TB). Desses 44 estudantes 4 mencionam que apesar de não ser possível observar estes efeitos, sem o auxílio de equipamentos especiais, eles acontecem: *“Porque a nossa velocidade cotidiana não se aproxima da velocidade da luz, por isso não conseguimos observar os efeitos mas eles acontecem”* (E27TB).

Categoria 2. Velocidade relativa.

Antes do processo de instrução um estudante formulou uma resposta que não condiz com a questão proposta: *“Como a terra está em movimento constante e nunca muda sua rota, não sentimos o efeito porque rodamos junto com ela e nunca há uma força extrema que a impeça, por isso, junto com o nosso corpo, giram também tudo o que está a nossa volta como a atmosfera”* (E17TA).

Depois do processo de instrução o mesmo estudante formulou uma resposta que não responde o que se pede na questão: *“Porque viajamos na mesma velocidade que ela, porque estamos dentro dela, como um carro, a gente não sente mais estamos à mesma velocidade que o carro, se não fosse assim a terra giraria e a gente ficaria rodando pra lá e pra cá”* (E17TA).

Categoria 3. Pois as frequências emitidas não estão na faixa da luz visível.

Antes do processo de instrução 4 estudantes mencionaram não ser possível enxergar os mesmos efeitos observados no jogo porque as frequências emitidas não estão na faixa da luz visível: *“Porque nós não vemos no ultravioleta e no ultravioleta”* (E15TB).

Depois do processo de instrução nenhuma resposta dos estudantes foi classificada nesta categoria.

Em síntese aos resultados encontrados nesta questão destaca-se a fala dos 4 estudantes que mencionaram que apesar de não ser possível observar, sem o auxílio de equipamentos especiais, os fenômenos relativísticos acontecem.

Análise Qualitativa da nona questão aplicada na segunda etapa da UEPS para o grupo experimental

As categorias discutidas a seguir foram construídas a partir das respostas dos alunos a seguinte questão: 9) O que enxergaríamos se pudéssemos viajar com a mesma velocidade de um raio de luz?

Tabela 3: Categorias construídas a partir das respostas dos alunos a nona questão.

Categoria	Resposta dos alunos antes da UEPS	Resposta dos alunos depois da UEPS
1. Não veríamos.	7	1
2. O que foi visto no jogo.	14	4
3. Mudança da frequência da luz/Efeito Doppler.	24	28
4. Não é possível.	1	0
5. O tempo passaria mais lentamente/Dilatação temporal.	7	13
6. Contração do espaço.	13	16

Destaca-se que no momento em que os estudantes, em duplas, jogavam o jogo “a slower speed of light” o professor buscava incentivá-los a descreverem o que estavam visualizando quando o jogador se deslocava pelo cenário, bem como levá-los a refletir sobre os efeitos relativísticos observados no jogo. Ressalta-se que neste momento o professor apenas “apresentou” o nome dos efeitos relativísticos que apareciam no jogo. Por isso, as respostas dos estudantes a sétima questão não apresenta de forma detalhada o que é e como esses fenômenos acontecem. Na tabela 4 mostra-se a ação planejada e utilizada para o maior aprofundamento dos efeitos relativísticos observados pelos estudantes no jogo, modificar os conhecimentos prévios e diminuir os erros epistemológicos apresentados pelos estudantes.

Tabela 4: Ação planejada para aprofundar os conteúdos relacionados aos efeitos relativísticos presentes no jogo “a slower speed of light”, modificar os conhecimentos prévios e diminuir os erros epistemológicos apresentados pelos estudantes.

Ação	Objetivo
Aula expositiva e dialogada ³ .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trazer questões ou situações que façam os alunos pensarem sobre os efeitos relativísticos observados no jogo. 2. Propor que os alunos trabalhem com três simuladores (contração do comprimento, relógio de luz e simultaneidade de eventos) com o intuito de buscar explicações para os fenômenos e efeitos relativísticos observados no jogo. 3. Explicar conceitualmente os três fenômenos relativísticos presentes nos simuladores. 4. Discutir os efeitos relativísticos (Doppler, Holofote e Terrell) que foram observados no jogo, bem como explicá-los conceitualmente para os estudantes. 5. Solicitar que os estudantes resolvam um desafio (situação-problema) sobre o assunto.

Destaca-se ainda que apesar de a TRR não permitir que esta velocidade seja alcançada a questão proposta é questionável, mas conforme será apresentado a seguir apenas um estudante conseguiu formular uma resposta que condiz com a pergunta, enquanto que os demais alunos formularam respostas para velocidades próximas à da luz. Por isso, propõem-se para uma próxima implementação da proposta didática a reformulação da questão proposta ou uma maior explicação (matemática) do que ocorreria se fosse possível viajar com a mesma velocidade da luz, como por exemplo, o fato de que pela contração de Lorentz a distância entre o início e o fim da viagem vão à zero, logo a viagem é instantânea e a frequência da radiação tende a infinito para objetos à frente, etc.

Na sequência apresenta-se as categorias mostradas na tabela 3 que foram criadas a partir dessa questão.

³ A forma como esta ação foi organizada está melhor detalhada nos Planos de aula do grupo Experimental que pode ser obtidos com o primeiro autor deste trabalho.

Categoria 1. Não veríamos.

Antes do processo de instrução 7 estudantes mencionaram que veriam pouca coisa se pudessem viajar com a mesma velocidade da luz: “*Pouca coisa nós poderíamos visualizar com essa velocidade*” (E22TB); “*Veríamos apenas borrões e vultos pois nossos olhos não são capazes de acompanhar essa velocidade*” (E11TB). Para esses estudantes não veríamos nada se pudessemos viajar com a mesma velocidade da luz porque nossos olhos não são capazes de acompanhar tal velocidade.

Depois do processo de instrução um estudante mencionou que não veria nada se pudesse viajar na mesma velocidade da luz: “*Nós não enxergaríamos nada*” (E5TB).

Categoria 2. O que foi visto no jogo.

Antes da implementação da UEPS 14 estudantes descreveram que se pudessem viajar com a mesma velocidade da luz veriam o que foi visto no jogo: “*O que vimos no jogo*” (E10TA); “*Veríamos os efeitos que aparecem no jogo, como por exemplo, os objetos deformados*” (E2TB).

Mesmo depois da implementação da UEPS 4 estudantes descreveram que veriam os mesmos efeitos observados no jogo caso pudessem viajar com a mesma velocidade da luz: “*Todos os efeitos mostrados no jogo. As coisas deformam, aumentam de tamanho, muda as cores*” (E8TA). Para evitar respostas superficiais como as apresentadas por estes estudantes, para uma próxima implementação da UEPS pretende-se modificar a nona questão.

Categoria 3. Mudança da frequência da luz/Efeito Doppler.

Antes da aplicação da unidade de ensino 24 estudantes disseram que enxergariam as cores na faixa do espectro se pudessem viajar com a mesma velocidade da luz: “*Iríamos enxergar com as cores da faixa do espectro*” (E3TB); “*Cores ultravioleta, luzes infravermelha do espectro*” (E18TB).

Após a aplicação da unidade de ensino 28 estudantes mencionaram que se pudessem viajar com a mesma velocidade da luz observariam uma mudança na frequência da luz: “*Os objetos seriam deformados e enxergaríamos cores diferentes de acordo com a frequência. Seria possível ver a luz ultravioleta por exemplo*” (E8TB).

Categoria 4. Não é possível.

Antes do processo de instrução apenas um estudante mencionou que não é possível viajar a mesma velocidade da luz: “*Não é possível*” (E1TA). Felizmente a TRR não permite que esta velocidade seja alcançada, porém ela permite prever matematicamente, por exemplo, que devido a contração de Lorentz a distância entre o início e o fim da viagem vão à zero e por isso a viagem é instantânea ou ainda que a frequência da radiação tende ao infinito para objetos à frente, entre outras.

Depois do processo de instrução nenhuma resposta foi classificada nesta categoria.

Categoria 5. O tempo passaria mais lentamente.

Antes da implementação da UEPS 7 estudantes mencionaram que caso fosse possível viajar com a mesma velocidade da luz o tempo passaria mais devagar: “*Poderíamos enxergar os raios ultravioleta e infravermelho, andar mais rápido e parecer que o tempo está mais devagar*” (E29TA).

Depois da implementação da UEPS 13 estudantes descreveram que caso pudessem viajar com a mesma velocidade da luz o tempo passaria mais lentamente: “*O tempo passaria mais lentamente (dilatação temporal)*” (E29TB); “*Dilatação temporal em velocidades próxima da luz, o tempo passa mais devagar*” (E30TB). Nota-se que agora os estudantes associam o fenômeno da dilatação temporal com o tempo passaria mais devagar.

Categoria 6. Contração do espaço.

Antes da aplicação da unidade de ensino 13 estudantes destacaram que se fosse possível viajar a mesma velocidade da luz visualizariam os objetos contraídos: “*Que os objetos se contraem*” (E4TA).

Depois da aplicação da unidade de ensino 16 estudantes mencionaram se pudessem viajar com a mesma velocidade da luz veriam o fenômeno da contração espacial: “*Dilatação temporal e a contração espacial. Na velocidade da luz o tempo passa mais devagar e os objetos se contraem*” (E28TB); “*Contração espacial e dilatação temporal. Em velocidades próxima a da luz, o tempo passa mais devagar e os objetos se contraem*” (E12TB).

Em síntese aos resultados encontrados nesta nona questão destaca-se que todas⁴ as respostas dos alunos foram baseadas no efeito Doppler e nos fenômenos da dilatação temporal e da contração do comprimento. No entanto, tais respostas além de serem “superficiais” não respondem o que se pede na questão. Por isso, para uma futura implementação da UEPS, pretende-se reformular a nona questão e mostrar matematicamente que além de não ser possível atingir a velocidade da luz alguns efeitos podem ocorrer, como por exemplo, que devido a contração de Lorentz a distância entre o início e o fim da viagem vão à zero e por isso a viagem é instantânea e que a frequência da radiação tende ao infinito para objetos à frente, entre outras.

CONCLUSÕES

Neste artigo, descreve-se apenas parte dos resultados obtidos na pesquisa, bem como se apresenta de forma resumida como essa investigação foi desenvolvida. Como metodologia de pesquisa, utilizou-se os procedimentos de análise de conteúdo (BARDIN, 1977). Na parte do desenvolvimento aplicou-se a UEPS com o intuito de verificar se esta é mais facilitadora da aprendizagem do que as aulas tradicionais. A UEPS foi aplicada, concomitantemente, em grupos distintos de alunos, sendo que estes foram avaliados por meio de dez questões sobre o tema e um questionário antes e após as intervenções. Quando comparados os resultados destes dois momentos, observa-se que a utilização do software em sala de aula além de envolver os alunos no processo de aprendizagem, desenvolveu habilidades como o senso crítico, a argumentação, a modelagem, a representação, entre outras, facilitando a AS de conceitos da TRR, uma vez que, os fenômenos relativísticos não são perceptíveis no cotidiano e percebê-los no jogo ajuda os estudantes a compreenderem melhor os fenômenos em estudo. Os resultados da pesquisa também mostram que trabalhar em sala de aula com conteúdos que os estudantes possuem curiosidade (como é o caso da relatividade) assim como utilizar diferentes metodologias de ensino (como os jogos e os simuladores), os motiva e aumenta a sua predisposição em aprender.

Destaca-se aqui que utilizar as UEPS em sala de aula foi um grande desafio, relacionando, principalmente, a resistência dos alunos a proposta didática. Tal resistência foi quanto à autoeficácia. Eles acreditavam que não conseguiriam realizar o que foi proposto e por vezes se sentiam não amparados em sala de aula, uma vez que, estavam acostumados a serem

⁴ Exceto o estudante EITA que antes do processo de instrução mencionou que não é possível viajar com a mesma velocidade da luz.

ensinados de acordo com o Método Tradicional de ensino, problemas esses apontados nos trabalhos de O'Neil e McMahon (2005), Prince e Felder (2006) e Parisoto (2015). Para resolver essas problemáticas, sugere-se, respectivamente, aplicar os pré-testes um mês antes de iniciar o estudo sobre a TRR e apresentar, na primeira aula, uma síntese dos mapas conceituais e das resenhas desenvolvidas por alunos em outras oportunidades (visto que boa parte das reclamações veio do desenvolvimento dessas atividades).

Visando melhorar a autoeficácia dos alunos e diminuir a resistência deles, ao método de ensino, sugere-se a inserção de aulas práticas ou até mesmo o uso de outras ferramentas educacionais que ilustram e facilitam o entendimento dos conteúdos, pois apesar dos alunos se encontrarem na fase formal (PIAGET, 1970) do desenvolvimento cognitivo apresentaram dificuldades em abstrair e imaginar as situações estudadas. Assim ratifica-se, como propõe Rodrigues *et al.* (2014), a importância do uso de imagens e de discussões que se aproximam da realidade para um maior entendimento dos conteúdos.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Retenção e aquisição de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa-PT, Plátano Edições Técnicas, 2002, 219 p.
- BARDIN, L. **Análise do Conteúdo.** Lisboa, Edições 70 LDA, 1977, 229 p.
- GEE, J. P. **Bons videogames + Boa aprendizagem: Colectânea de Ensaio sobre os Videogames, a Aprendizagem e a Literacia.** Magualde, Edições Pedagogo (Contrapontos), 2010, 300 p.
- MARTINS, C. O. **Aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa desenvolvida para ensinar relatividade restrita no ensino médio.** (2016). 242 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Física Licenciatura) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Realeza, 2016.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 299-315, 2005.
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS. **Meaningful Learning Review**, v.1, n.2, p. 43-63, 2011.
- O'NEIL G.; & MCMAHON, T. Student-centered learning: what does it mean for student and lecturers? **Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching**, v.1, n.1, p. 1-10, 2005.
- PARISOTO, M. F. **Ensino de Termodinâmica a partir de situações da engenharia: integrando as Metodologias de Projetos e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.** (2015). 288 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- PIAGET, J. **Epistemologia Genética.** Petrópolis: Vozes, 1970, 110 p.
- PRINCE, M. J., & FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, v. 1, n. 1, p. 123-138, 2006.
- RANGEL, F. O.; SANTOS, L.S.F.; RIBEIRO, C.E. Ensino de Física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a Literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 651-677, 2012.

RIBOLDI, B. M. **A construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar Relatividade utilizando animações e o game a Slower Speed of Light.** (2015). 144 f. Tese (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

RODRIGUES, C. M; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p.1401-1407, 2014.