



Teoria da relatividade restrita e cubismo no ensino médio: Uma proposta didática de aproximação entre duas culturas

.....

Jakelyne Reis

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, Brasil

E-mail: jakelyne.lima@gmail.com

Indianara Silva

Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, Brasil

A.V. Andrade-Neto

Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, Brasil

.....

Este artigo apresenta uma proposta didática sobre uma possibilidade de aproximação entre a teoria da relatividade restrita (TRR) e o movimento cubista, cujo palco de surgimento comum foi a Europa do início do século XX. A ideia é estabelecer uma ponte entre cubismo e TRR a partir da nova noção de espaço-tempo da TRR e do espaço pictórico do cubismo. A nossa abordagem parte de uma perspectiva conceitual e histórica das concepções de espaço e tempo que surgiram com a revolução científica e cultural daquelas áreas. A proposta didática está baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (*Metodologia do Ensino de Ciências* (Cortez Editora, São Paulo, 1990) e, a partir dela, acreditamos que seja possível promover uma aproximação entre física e arte, contribuindo, assim, para um maior ganho intelectual e cultural dos estudantes.

Introdução

Você já pensou em utilizar uma ponte entre física e arte para discutir tópicos de física moderna e contemporânea (FMC) na sua sala de aula? Ou melhor, seria possível fazer uma aproximação entre a cultura da teoria da relatividade restrita (TRR) e a do movimento cubista para ser discutida na educação básica? Apresentamos aqui uma proposta didática cuja finalidade é justamente a de possibilitar uma aproximação entre a cultura científica da TRR e a artística do movimento cubista, a partir da qual seja possível explorar as suas novas visões de mundo. De um lado, com o desenvolvimento em 1905 da TRR por Albert Einstein, as noções sobre espaço e tempo na física foram modificadas significativamente. De outro lado, no mesmo período, o cubismo revolucionava o espaço pictórico canônico. Nossa ideia é explorar os dois temas - frutos de um mesmo momento histórico de transformações, rupturas e revoluções, o início do século XX - no que se refere à questão do espaço-tempo da TRR e à do espaço pictórico do movimento cubista a partir de uma perspectiva histórica e conceitual. Com isso, acreditamos que seja possível motivar estudantes a discutirem tanto FMC quanto arte, contribuindo, assim, para algum ganho intelectual e cultural.

Tanto a LDB quanto os PCNs recomendam fortemente a inserção de FMC na educação básica, bem como a necessidade de um ensino contextual e interdisciplinar [1, 2]. Mesmo estando na legislação da educação brasileira, há poucos professores ensinando efetivamente aspectos mais

modernos de ciência e tecnologia. Em uma revisão da literatura, por exemplo, constatamos que nos últimos 15 anos, de um total de 42 artigos sobre TRR, apenas cinco foram levados realmente para o nível médio e, dentre eles, nenhum abordou FMC e arte [3-7].

Nossa proposta é então uma forma de disponibilizar recursos didático-pedagógicos para o professor de física utilizar no seu contexto educacional, incentivando, assim, a inclusão de tópicos de FMC no Ensino Médio.

Relatividade restrita e cubismo: duas culturas e uma proposta didática¹

Essa proposta didática foi construída para ser aplicada em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, por meio de oito encontros. Utilizamos os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov, a saber, problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento para estruturar o nosso planejamento. A problematização

inicial é o momento em que o professor apresenta uma situação problema que faz parte, direta ou indiretamente, do tema que será discutido em sala de aula, de modo que as concepções ou ideias dos estudantes sejam exploradas pelo professor. É, assim, uma forma de o professor identificar os conhecimentos prévios dos mesmos em relação ao tema da aula. Nesse sentido, além de contribuir para o professor conhecer o que os alunos já sabem, a problematização inicial também pode ser uma forma de despertar sua curiosidade, ir mais além e obter novos conhecimentos, proporcionando um melhor entendimento de situações-problema [9, 10].

Tanto a LDB quanto os PCNs recomendam fortemente a inserção de FMC na educação básica, mas em uma revisão da literatura nota-se que em 15 anos muito poucos trabalhos adordaram a FMC, e nenhum deles tratou da relação entre FMC e arte

Já o segundo momento consiste na organização do conhecimento. É uma etapa em que o professor sistematiza e discute o conteúdo que está relacionado à problematização inicial. O professor pode utilizar estratégias de ensino para abordar o conteúdo, tais como CTSA, história e filosofia da ciência, novas tecnologias de informação e comunicação e experimentação. No último momento, aplicação do conhecimento, o professor desenvolve atividades de forma que os alunos possam utilizar o conhecimento científico discutido durante a organização do conhecimento. Os alunos poderão retornar aos questionamentos iniciais no intuito de discutir-los com base no que foi abordado sobre o conteúdo em sala de aula. O professor também pode ir além das situações discutidas nas problematizações iniciais, explorando, assim, situações mais gerais [9, 10].

1º Encontro

Nesse primeiro encontro, o professor pode iniciar a aula com a apresentação de uma pintura clássica renascentista, uma pintura impressionista e uma do cubismo analítico. Nossas sugestões são *Pietà* (obra de Pietro Perugino, 1500), *Tâmisa abaixo de Westminster* (obra de Claude Monet, 1871) e *Ma Jolie* (obra de Pablo Picasso, 1912) (Figs. 1, 2 e 3). Esse é o momento de sugerirmos alguns questionamentos, tanto para estimular as discussões quanto para o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos:

- 1) Fazendo uma análise de cada pin-

tura, quais são as diferenças entre elas?

2) É possível fazer uma relação entre física e arte? Em outras palavras, há algum ponto em comum entre tais pinturas e a física?

3) Essas pinturas nos possibilitam fazer uma discussão sobre tempo e espaço? Na opinião de vocês, como tempo e espaço estão sendo expressos nas obras?

4) Analisando as pinturas, é possível fazer uma análise geométrica? De que modo?

As respostas dos estudantes servirão como base para o professor planejar os conteúdos das próximas aulas. Como o contato com as pinturas pode ser algo novo, é importante que o professor valorize qualquer manifestação dos alunos de modo a direcionar as discussões sobre o tema, seja de forma oral ou escrita. O professor pode colocar em prática o seu papel de mediador, promovendo a discussão entre os alunos e “provocando” questionamentos sobre suas compreensões a respeito das pinturas. É importante o professor destacar a relevância da interdisciplinaridade, evidenciando as relações que podemos promover com os diversos campos do saber – no presente caso, entre física e arte.

Como sugestão de leitura para a próxima aula, indicamos o texto *Cenário Histórico do Movimento Impressionista* [11].

2º Encontro

Conhecendo as concepções dos alunos, o professor pode discutir por meio de uma abordagem histórica o impressionismo e suas características, relacionando-as com o que os alunos falaram na



Figura 2: Tamisa abaixo de Westminster – Claude Monet(1871).



Figura 1: Pietá – Pietro Perugino (1500).



Figura 3: Ma Jolie – Pablo Picasso (1912).

aula anterior e através da leitura do material sugerido. O professor poderá problematizar a partir de:

1) Quais as características perceptíveis que surgiram com o movimento impressionista?

Esse estudo sobre o impressionismo é importante para que os alunos entendam as mudanças que ocorreram no espaço pictórico quando da passagem da arte clássica para a arte moderna. A abordagem feita sobre a pintura clássica pode ocorrer no decorrer da discussão sobre o impressionismo, pois com esse estilo artístico já é possível mostrar que o espaço pictórico começou a ser questionado. A discussão sobre o impressionismo servirá como um material introdutório para que os estudantes compreendam as mudanças ocorridas no espaço pictórico com o surgimento do movimento cubista.

Nesse encontro, a organização do conhecimento poderá ser feita através da discussão de pinturas clássicas e impressionistas para destacar as diferenças entre elas, tais como a perspectiva nas imagens, os tons de cores utilizados e artistas que se destacaram no movimento impressionista. A discussão pode ser levada até o Pós-impressionismo, e sugerimos também a utilização de pinturas para ilustrar tal fase do movimento.

Como aplicação do conhecimento, o professor poderá formar grupos de até cinco pessoas, entregar duas pinturas para cada grupo – uma clássica e uma impressionista – e solicitar que cada grupo faça a sua análise e logo depois socialize com a

turma.

3º Encontro

Esse encontro é dedicado a uma discussão dos conceitos de tempo e espaço da física clássica. O professor pode problematizar o conteúdo utilizando uma tirinha da Turma da Mônica, na qual o Cascão está andando de skate e conversando com Cebolinha, de modo a conhecer ideias dos estudantes sobre referencial inercial. Essa discussão facilitará o entendimento dos conceitos de espaço e tempo na TRR. O professor pode fazer perguntas, como:

- 1) O que vocês entendem por referencial inercial?
- 2) Analisando a tirinha, em relação a que Cascão está em repouso?
- 3) E em relação a quem Cascão está em movimento?

O professor pode trabalhar com outras ilustrações que mostram a distinção de referenciais inerciais. Após essa discussão, para a organização do conhecimento, o professor pode passar a abordar os conceitos de espaço e tempo da mecânica clássica e fazer alguns questionamentos do tipo:

- 1) O que é o tempo para vocês?
- 2) Como podemos medir o tempo?
- 3) E na física, como podemos utilizar o conceito de tempo?
- 4) O que vocês entendem por evento?

A partir das respostas dos alunos, pode-se iniciar uma discussão mais específica sobre o tempo com base nos conhecimentos prévios apresentados. O professor deve também discutir o conceito de tempo na mecânica clássica. Após essa discussão o professor pode abordar a questão do espaço, levantando as seguintes questões:

- 1) O que vocês entendem por espaço?
- 2) E por sistemas de coordenadas espaciais, o que vocês entendem?

Esse é o momento em que o professor fará uma discussão sobre a concepção de espaço na mecânica clássica, abordando e mostrando aos alunos as transformações de Galileu, por exemplo, as quais serão explicadas mediante a abordagem sobre o espaço e o tempo. A definição de espaço de acordo com a mecânica é importante para que os alunos entendam a diferença que haverá no conceito de espaço na TRR.

É relevante, também, a abordagem ao sistema de coordenadas espaciais citando o espaço euclidiano.

Sugerimos para o próximo encontro: a utilização do vídeo *Entenda seu Mundo (volume 5) – Tempo* da Discovery Channel [12] e a leitura do texto *Uma Questão de Ponto de Vista* [13].

4º Encontro

Essa aula é voltada para uma abordagem histórica da teoria da relatividade restrita. O professor pode iniciar a aula problematizando sobre o artigo e o vídeo da aula anterior:

- 1) Quais as novidades apresentadas por Einstein em 1905 (Fig. 4)?
- 2) Qual foi o princípio relacionado à velocidade da luz que Einstein apresentou?

Na organização do conhecimento, o professor pode discutir os seguintes tópicos a partir de uma abordagem histórica e conceitual: contexto no qual a TRR surgiu; experimento de Michelson e Morley; princípios da relatividade restrita; significado da equação $E = mc^2$.

Sobre a questão da velocidade da luz, o professor pode explorar a animação [14] cuja página inicial é mostrada na Fig. 5. Para próxima aula, o professor pode solicitar aos alunos que assistam o vídeo sobre o tempo [15] mostrado em diferentes âmbitos.

5º Encontro

O encontro pode iniciar com a discussão do vídeo sugerido na aula anterior, o qual traz uma boa explicação sobre a noção de tempo na relatividade restrita e como Einstein passou a tratá-lo. O professor poderá fazer uma problematização sobre o tempo de forma bem conceitual, a partir de perguntas como:

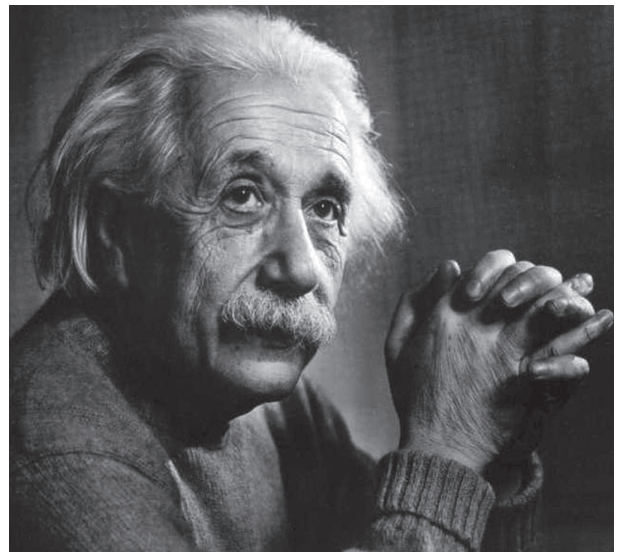


Figura 4: Albert Einstein (1879–1955).

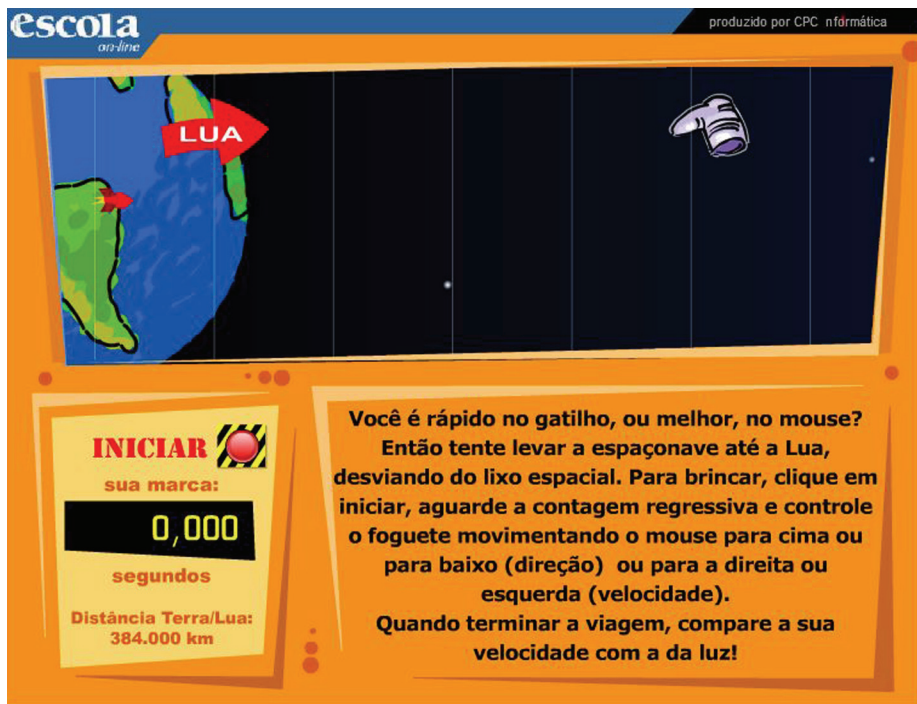


Figura 5: Animação – velocidade da luz.

1) Como podemos agora pensar no conceito de tempo a partir de diferentes âmbitos?

Como já foram propostos para as aulas anteriores o tema de sistemas de referência e o conceito de observador, agora o professor pode discutir a relatividade da simultaneidade, um conceito novo para os alunos. Pode ser utilizado, como uma forma de facilitar a visualização do fenômeno, o vídeo *Demonstração da relatividade do conceito de simultaneidade* [16]; em seguida, pode ser iniciada a discussão sobre dilatação do tempo.

Após o momento de organização do conhecimento, e caso ainda haja tempo, o professor pode discutir com os alunos a animação *O trem de Einstein* [17]. A página inicial dessa animação está representada na Fig. 6.

Da mesma forma que o tempo sofreu modificação, o espaço também foi alvo de grandes mudanças. Esse momento é dedicado a uma explicação sobre o que é a contração do espaço na relatividade restrita. O professor pode discutir o conteúdo com base no exemplo das régua de forma que os alunos compreendam que há uma diminuição do tamanho do objeto quando é submetido a uma velocidade próxima à da luz em relação a um observador. Após discutir sobre a contração espacial, o professor pode apresentar de forma introdutória as equações das transformações de Lorentz que mostrarão o que foi abordado: sistemas de referência, sistemas de coordenadas, a invariância da velocidade

da luz, a dilatação do tempo e a contração do comprimento. Será um momento de organizar o que foi estudado, até então, sobre a relatividade restrita. Como aplicação do conhecimento, pode ser solicitado ao aluno um texto sobre as diferenças entre a mecânica clássica e a TRR vistas até então.

Como sugestão de atividade para a próxima aula, o professor pode solicitar

aos alunos que façam interpretações e anotações sobre as pinturas disponíveis nas Figs. 7, 8 e 9, cuja intenção é que os alunos possam identificar as diferentes características que envolvem as três pinturas, como o espaço pictórico, os tons utilizados nas cores e a geometria. A outra atividade sugerida é que os alunos façam uma pesquisa sobre o movimento artístico do cubismo. Essa pesquisa pode ser interessante, pois espera-se que o aluno possa compartilhar com a turma e o professor o que mais chamou sua atenção acerca do cubismo e isso será explorado durante as discussões.

6º Encontro

Essa aula está relacionada à arte cubista, discutindo seu contexto histórico, seus criadores e suas características. Para a problematização inicial, serão expostas as pinturas das quais foram solicitadas as análises na aula anterior, para que possam ser levantadas discussões, sendo uma clássica, uma impressionista e uma cubista. O professor poderá fazer os seguintes questionamentos:

1) Com base nas três pinturas, quais diferenças foram relacionadas?

2) A palavra cubismo dá ideia de quê?

Esse será o momento de levantar as concepções dos alunos sobre a observação das pinturas, visto que, sobre pinturas clássicas e impressionistas, já houve discussões em aulas anteriores. A intenção é que os alunos comecem a perceber as modificações que surgiram com o cubis-



Figura 6: Animação – O trem de Einstein.



Figura 7: Escola de Atenas, obra de Rafael (1511).



Figura 8: Aula de Balé, obra de Edgar Degas (1873 - 1875).

mo. No momento de organização do conhecimento, pode ser discutido a influência de Cézanne para o surgimento do cubismo e a influência do mesmo sobre Pablo Picasso e Georges Braque. O professor também pode contextualizar a relevância de Picasso e Braque como fundadores do Cubismo, abordando seu surgimento, sua importância para a arte do século XX e suas fases, enfatizando o cubismo analítico e suas características revolucionárias. Para esse momento de organização, sugerimos que o professor faça uso de pinturas cubistas para mostrar as suas características.

Como sugestão de aplicação do conhecimento, o professor pode selecionar algumas pinturas provenientes de diferentes movimentos artísticos para que os alunos possam identificar aquelas pinturas que são cubistas. Após identificá-las, os alunos passariam, então, a descrever suas características.

Para a próxima aula, o professor pode sugerir que os alunos leiam uma entrevista feita pelo físico norte-americano Arthur Miller, professor de história e filosofia da ciência da University College London, na qual discute as semelhanças entre as obras de Einstein e Picasso [18].

Além disso, pode ser indicado o vídeo *O tempo como nova dimensão* [19], no qual são abordadas justamente as discussões dos encontros anteriores, trazendo também uma reflexão sobre o movimento cubista e a relatividade restrita.

7º Encontro

Essas duas aulas serão destinadas ao foco principal de nossa proposta didática sobre a teoria da relatividade e o cubismo. Primeiramente, o professor pode discutir as ideias dos alunos sobre o material indicado na aula anterior e problematizar fazendo perguntas do tipo:

- 1) É possível fazermos uma ponte entre TRR e o movimento cubista?
- 2) Se sim, a partir de quais aspectos?
- 3) De que maneira podemos fazer uma análise do espaço físico com o espaço pictórico?
- 4) Em relação ao conceito de tempo, como podemos promover uma ponte entre tais visões de mundo?

No momento de organização do conhecimento, o professor pode iniciar falando sobre o contexto histórico no qual surgiu tanto a TRR quanto o cubismo – uma época repleta de mudanças e transformações que impactaram diversas culturas como a física e a arte. O professor pode discutir sobre o novo espaço físico proposto pela TRR. Assim como na TRR, o cubismo passou por um processo simi-



Figura 9: Violino e Paleta – Georges Braque (1909).

lar de mudança, a modificação do espaço pictórico para expressar um novo movimento artístico. Outro aspecto que pode

ser discutido é a questão da simultaneidade do tempo na relatividade e nas pinturas do cubismo. A ideia é fazer uma ponte entre as duas culturas – TRR e cubismo. Para isso, o professor pode utilizar pinturas cubistas e destacar a questão do espaço-tempo, abordando o aspecto da geometria e técnicas do movimento, e contrapondo com as modificações ocorridas com o espaço-tempo dentro da TRR.

8º Encontro

Esse encontro é dedicado à aplicação do conhecimento da aula anterior, cujo intuito é que os estudantes sejam os pintores e artistas da vez. O professor pode solicitar que eles expressem as discussões realizadas em sala de aula na forma de uma pintura que contemple as duas culturas – TRR e cubismo. Caso o estudante não se sinta à vontade em usar tela e pincéis, o professor pode solicitar que a mesma atividade seja realizada por meio de uma outra forma de manifestação artística como, por exemplo, poemas.

Considerações Finais

Com este trabalho, acreditamos ter contribuído para o ensino de física através da construção de uma proposta didática sobre uma ponte entre TRR e cubismo para o uso do professor na educação básica. Como é sabido, uma das dificuldades em inserir temas de FMC no Ensino Médio é justamente a falta de material instrucional para o professor. No caso do ensino TRR na educação básica, conforme discutimos

na revisão de literatura, o tema aqui proposto é pouco explorado tanto na pesquisa em ensino de física quanto na elaboração de proposta didática. Por ser uma proposta interdisciplinar, sugerimos que, se possível, os professores de física trabalhem em colaboração com professores de arte e história, de modo que possam discutir acerca do contexto histórico, início do século XX, o qual foi palco de revoluções tanto na física quanto na arte. Também é importante ressaltar que, ao respeitar as idiosincrasias de cada sala de aula, o professor pode certamente realizar algumas modificações e/ou adaptações, de modo que a torne mais próxima do seu contexto escolar.

Com a aplicação da nossa proposta pelo professor do Ensino Médio, esperamos que os alunos se sintam motivados a discutir tais formas de cultura e, assim, possam ter um ganho intelectual e cultural a partir de uma ponte entre o espaço-tempo da TRR e o espaço pictórico do cubismo.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de apoio financeiro na forma de uma bolsa de mestrado.

Nota

¹O professor interessado em aplicar nossa proposta didática pode utilizar como sugestão de material instrucional o trabalho de Reis [8], a partir do qual é abordada toda a discussão teórica que permeia os encontros.

Referências

- [1] Brasil, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996. Seção IV.
- [2] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio* (Ministério da Educação, Brasília, 1999).
- [3] J. Köhlein, F. Klein e L.O.Q. Peduzzi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **22**, 36 (2005).
- [4] R.A.S. Karam, S.M.S.C.S. Cruz e D. Coimbra, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 373 (2006).
- [5] R.A.S. Karam, S.M.S.C.S. Cruz e D. Coimbra, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 105 (2007).
- [6] C.M. Rodrigues, I.P.S. Sauerwein e R.A. Sauerwein, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **36**, 1401 (2014).
- [7] T.A. Ramos, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **13**, 9 (2013).
- [8] J.L. Reis, *Uma Proposta Didática para o Ensino de Relatividade Restrita através do Cubismo no Ensino Médio: Aproximando Duas Culturas* (Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana 2016), p. 109.
- [9] D. Delizoicov e J.A. Angotti, *Metodologia do Ensino de Ciências* (Cortez editora, São Paulo, 1990).
- [10] S.T. Gehlen, O.A. Maldaner e D. Delizoicov. *Ciência & Educaçã* **18**, 1 (2012).
- [11] E.I. Murguía, *Impulso* **24**, 25 (2014).
- [12] Discovery Channel, *Entenda o seu Mundo {Volume 5} – Tempo*, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=xcUOx2AGCO>, acesso em 10/9/2017.
- [13] Adilson Oliveira, *Ciência Hoje*, disponível em http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2772/n/uma_questao_de_ponto_de_vista, acesso em 12 de setembro de 2017.
- [14] *A Velocidade da Luz*, Revista Nova Escola, disponível em <https://novaescola.org.br/conteudo/4828/a-velocidade-da-luz>, acesso em 12/9/2017.
- [15] Alzir Fraga, *Teoria da Relatividade – O Tempo*, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=0M7z1t4kdPM>, acesso em 12/9/2017.
- [16] Demonstração da relatividade do conceito de simultaneidade. Física na Lixa, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Z1vSsvHFhv8>, acesso em 13/9/2017.
- [17] *O Trem de Einstein*, Revista Nova Escola, disponível em <https://novaescola.org.br/conteudo/4759/o-trem-de-einstein>, acesso em 13/9/2017.
- [18] A.I. Miller, *História, Ciências, Saúde – Manguinhos* **13**(supl), 223 (2006).
- [19] *O Tempo Como Nova Dimensão – Albert Einstein – Integra*, Globo Cidadania, disponível em <http://redeglobo.globo.com/globocidadania/videos/v/o-tempo-como-nova-dimensao-albert-einstein-integra/1763983/>, acesso em 14/9/2017.