

UM PRODUTO EDUCACIONAL OPERACIONALIZADO POR RECURSOS TDIC PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO: DA MECÂNICA CLÁSSICA À RELATIVIDADE ESPECIAL

An Educational Product for the study of motion based on digital ICTs: From Classical Mechanics to Special Relativity

Ayrton Nascimento Souza [ayrton.souza.ensino.de.fisica@gmail.com]

Sandra Cristina Ramos [sandramos@uesb.edu.br]

Jorge Anderson Paiva Ramos [jorge@uesb.edu.br]

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB

Estrada do Bem Querer, 3293-3391, Bairro Candeias, Vitória da Conquista, BA, Brasil

Recebido em: 30/08/2023

Aceito em: 05/12/2023

Resumo

O ensino de Física Moderna na Educação Básica tem sido negligenciado, com abordagem apenas no último ano do Ensino Médio, superficialmente. Este artigo apresenta um produto educacional que permite explorar o tema sobre Movimento fundamentado nas teorias das Cinemáticas Clássica e Relativística. Fundamenta-se a pesquisa por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o primeiro ano do Ensino Médio. O objetivo principal é a apresentação de um produto educacional que promova uma aprendizagem significativa e crítica. Para isso, embasa-se o referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel articulada com outras teorias; a saber, a Teoria de Educação de Novak, o Modelo de Gowin, a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird, a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. As ferramentas didático-metodológicas empregadas abrangem um experimento construído pela plataforma Arduíno, simulações, vídeos e mapas conceituais. Desta forma, considerando os significativos resultados obtidos por meio de sua implementação, apresenta-se um produto educacional como suporte instrucional para abordagem do tema em questão.

Palavras-chave: UEPS; Relatividade Especial; Arduíno; TDIC; Aprendizagem Crítica.

Abstract

The Modern Physics Teaching, offered only in basic education, has been neglected that has approached in the last year of High School the superficial manner. This article presents an educational product that explore the Motion theme based on the Classical and Relativistic Kinematics theories. It is has made in a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) designed for the first year of High School. The main objective is to present an educational product that promote meaningful and critical learning. The theoretical framework of Ausubel's Theory of Meaningful Learning was used in order to achieve the objective, that was integrated with other theories, such as; Novak's EducationTheory, Gowin's Model, Johnson-Laird's Mental Models Theory, Vergnaud's Conceptual Fields Theory, and Moreira's Critical Meaningful Learning Theory. The didactic-methodological tools employed include a desire experiment that was constructed through Arduino platform, simulations, videos, and Concept maps. The results obtained was significant by employing this educational product that lead to present as instructional support for the subject matter study.

Keywords: PMTU; Special Relativity; Arduino; ICT; Critical Learning.

1 Introdução

O atual ritmo de desenvolvimento tecnológico impõe rápidas mudanças na sociedade, no contexto nacional e internacional, que reflete na forma de se comunicar com as novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), o que impacta no comportamento da sociedade e do mundo do trabalho (Brasil, 2018).

No novo cenário mundial é preciso ir além do acúmulo de informações. Embora a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) reconheça a importância das TDICs na produção, no cotidiano e no ensino, ela afirma que é preciso desenvolver consciência crítica para lidar com este quantitativo de informação. É preciso, “com base em conhecimentos científicos confiáveis, investigar situações-problema e avaliar as aplicações do conhecimento científico e tecnológico nas diversas esferas da vida humana com ética e responsabilidade” (Brasil, 2018, p. 558).

Diante disto, coloca-se então desafios para o Ensino Médio que é de garantir aos jovens uma educação que os preparem para uma sociedade em constante transformação (Brasil, 2018, p. 473). No entanto, a escola ainda transmite a *ilusão da certeza* na sociedade da mudança; ou seja, ainda se ensina, direta ou indiretamente, as dicotomias de “certo e errado”, de “bom e mal”; de verdades absolutas, fixas e imutáveis; de que as “coisas” possuem causas isoladas e simples; de que a tecnologia, o consumo, a globalização e o mercado inevitavelmente melhorarão a sociedade (Moreira, 2019).

Sobre o ensino de Física no ensino médio, Moreira afirma:

Além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. Estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX. (2017, p.2).

Trazendo à luz motivos de se estar preso à Física do século XIX, ao verificar levantamentos de livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático, C. Martins (2019) aponta que na maioria das vezes a Física Moderna e Contemporânea (FMC) é destinada à última série do Ensino Médio (EM). Além da resistência dos/das professores de introduzir conteúdos de FMC, o autor destaca que as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, mesmo destacando a importância de compreender equipamentos tecnológicos (o que, por vezes, envolve conhecimento de FMC), não colocam obrigatoriedade destes conteúdos.

Menezes (1993 *apud* Buse, 2014) afirma que o ensino de Cinemática – que é o estudo físico da descrição dos movimentos – no EM é pouco relevante, dado seu enfoque numa matematização precoce com pouca compreensão do mundo natural e baixa contribuição para os demais conceitos da Física. Assim, considerando o pouco tempo pedagógico que se tem para trabalhar o currículo de Física, Menezes argumenta que, com a eliminação da Cinemática, poderia sobrar tempo para se trabalhar a Física Moderna. No entanto, discordando deste posicionamento, Gaspar (1994 *apud* Buse, 2014) afirma que, apesar dos livros didáticos abordarem a Cinemática de uma forma muito abstrata e irrealista, há fortes razões para estudá-la, uma vez que contribui para a compreensão da Matemática como ferramenta da Física e, além disso, historicamente, a Física se inicia com o estudo dos movimentos.

Reconhecendo e buscando conciliar estes argumentos colocados por Menezes e Gaspar, é possível tratar a Cinemática da Física Clássica juntamente com a da Teoria da Relatividade Especial

(TRE). Dessa forma, potencializa-se sua relevância ao tempo que também se aborda a Física Moderna.

Ao analisar como livros didáticos do EM abordam a TRE, Rodrigues & Oliveira (1999) afirmam que os conceitos são abordados como uma mera curiosidade, e, assim sendo, este não aprofundamento do conteúdo com uma abordagem descolada da realidade dos estudantes abrem espaço para uma compreensão indevida.

Procedimentos de ensino que envolvem repetição de exercícios, com uma preocupação com o aprofundamento matematizado em detrimento da preocupação com conexão na realidade do/da estudante, é uma característica do ensino tradicional. Este tem como resultado aprendizagens mecânicas, ou seja, aprendizagens que são meras reproduções, que retém na memória do/da estudante apenas para uma avaliação, que não significa nada para a concepção do/a estudante sobre o mundo ou cotidiano. Ao contrário da aprendizagem mecânica – quando uma nova informação se apresenta desconectada do que se conhece previamente – busca-se aqui a aprendizagem com significado, que faça sentido, chamada *aprendizagem significativa* (Moreira, 2019). Além disso, busca-se contribuir para uma visão crítica dos estudantes, que os preparem para lidar com os problemas da sociedade atual.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), elaborada por Moreira (Mohr *et al.*, 2012), é uma sequência que busca estruturar um processo de ensino que possa resultar em uma aprendizagem significativa e crítica. Trabalha-se com a palavra “potencialmente” porque os significados a serem aprendidos não estão na UEPS. Os significados estão nas pessoas. Ainda que o material trabalhado seja o mesmo, cada pessoa atribui a este significado único. A UEPS é um instrumento de aprendizagem com possibilidades de aprender significativamente (Moreira, 2019).

1.1 Revisão da Literatura

Para verificar a relevância do produto educacional que trata este artigo e como está a fronteira de publicações acadêmicas sobre o seu tema, realizou-se uma busca sistemática em janeiro de 2023 (Souza, 2023), utilizando os descritores “UEPS” e “Relatividade”. Para investigação, escolheu-se os seguintes bancos de dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES¹, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações², Anais³ dos Congressos de Aprendizagem Significativa (nacional e internacional), Repositório digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul⁴ e Google acadêmico. Colocou-se um filtro nos bancos de dados para mapear os resultados dos últimos 5 anos, de 2018 a 2022. A posteriori, realizou-se uma leitura parcial dos respectivos resumos e tópicos dos resultados, excluindo-se monografias, com o objetivo de selecionar apenas aqueles que fossem, de fato, implementações de UEPS e que envolvessem, de alguma forma, a Teoria da Relatividade Especial (TRE).

Assim, depois de excluir os resultados repetidos encontrados nas bases de dados, verificou-se um total de 10 resultados, excluindo monográficas, nessa janela temporal, que eram implementações de UEPS, envolvendo (em qualquer nível) a TRE. A seguir, um breve resumo desses trabalhos encontrados.

O “Desenvolvimento e Análise de Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino da Teoria da Relatividade” (Martins, C. 2019) apresenta questões sobre obstáculos

¹ Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

² Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

³ Disponível em: <https://www.apsignificativa.com.br/publicacoes>. Acesso em: 20 jan. 2023.

⁴ Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

epistemológicos, didáticos ou de formação que impedem o uso de tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no EM, e aponta a escassez de trabalhos inseridos na sala de aula sobre Teoria da Relatividade, ainda que sejam indicações dos Parâmetros Curriculares Nacionais. A autora desenvolveu uma UEPS no formato de uma oficina, cujo público-alvo foram professores do EM.

Já o resumo expandido “Análise de uma Unidade Potencialmente Significativa com Abordagem Teatral com a Temática Relatividade Especial” (Merlim & Merlim, 2020) tem como público-alvo uma turma da 2ª série do EM, e discute sobre uma UEPS implementada, que parte da compreensão de que introduzir conceitos da FMC permite que os estudantes compreendam assuntos do seu cotidiano e a TRE é uma porta de entrada para outros tópicos da FMC. O referencial teórico foi da TAS de Ausubel e utilizou-se o teatro científico como ferramenta facilitadora de aprendizagem, para tornar o ensino mais dinâmico e atrativo. Os estudantes fizeram uma encenação teatral sobre a TRE e depois foi aplicado um questionário aberto sobre o tema.

O artigo “A Utilização do Jogo *A Slower Speed Of Light* para Ensinar Conceitos de Relatividade Restrita” (Martins, C. & Zara, 2018) mostra o resultado da implementação de uma UEPS sobre a TRE; com outra abordagem. Os autores partem da problemática da dificuldade de estimular estudantes para o questionamento, o diálogo e a crítica, e defendem que as TDICs contribuem nesse processo. Com o referencial teórico da TAS de Ausubel, utiliza-se como estratégia de ensino-aprendizagem atividades colaborativas e individuais, uso de situações-problema e uso planejado do jogo *Slower Speed of Light*. O público-alvo foram estudantes da 3ª série do EM de uma escola pública estadual.

Com estratégia semelhante, na Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) “Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com o aplicativo TRE Einstein para ensinar a Relatividade Especial” (Lima, 2018), o autor desenvolve uma UEPS sobre a TRE, fazendo uso de simuladores, vídeos, música, textos motivacionais e um aplicativo desenvolvido como produto educacional do seu trabalho. Lima parte da problemática da pouca ênfase na Física Moderna, em lugares como os Parâmetros Curriculares Nacionais, no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e na abordagem pouco aprofundada dos livros, sendo necessário que a escola adote novas estratégias. O público-alvo da UEPS foi de estudantes do 2ª e 3ª série do EM, na modalidade de Educação Profissional e Tecnológica, de uma escola pública federal. O referencial teórico adotado foi da TAS de Ausubel.

Já na dissertação do MNPEF “Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma abordagem com auxílio de Recursos Digitais” (Reinert, 2020), o autor utiliza como referencial teórico a TAS de Ausubel, articulando com contribuições de outros teóricos como Novak, Gowin, Vergnaud e Moreira, para a elaboração de uma UEPS. Reinert parte da problemática de que a Física Moderna (FM) é quase inexistente no currículo do EM. De forma mais ampla, o ensino de Física é desatualizado de conteúdos e tecnologia, comportamentalista e centrado no docente. Além disso, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (nº 9.394/96) define que a finalidade da educação é o pleno desenvolvimento do educando, mas o modelo tradicional não se enquadra na realidade tecnológica da sociedade atual. Para tornar a educação um processo significativo, o autor desenvolve uma UEPS sobre o ensino da TRE no EM, utilizando situações-problema e TDIC como vídeos, animações, simulações, planilhas e reportagens. Ele justifica que a inserção de tecnologia envolve o aluno, pois é uma abordagem mais relacionada com seu cotidiano, e sendo pedagogicamente orientada, o leva para o centro do processo de ensino-aprendizagem. A implementação foi feita em turmas da 1ª, 2ª e 3ª séries do EM de uma escola da rede particular, sendo que o autor identificou resultados positivos com as turmas da 2ª e 3ª série e houve dificuldades com a turma da 1ª série devido a abstração da TRE.

A dissertação do MNPEF “Simetrias e Leis de Conservação: Uma Proposta para o Ensino Médio” (Silva, W. 2018) trabalha uma UEPS de ensino de mais do que apenas a TRE, pois aborda Leis de Conservação na Física com o conceito de Simetrias atravessando conceitos da Mecânica Clássica à Teoria da Relatividade, Física Quântica e Física da Matéria Condensada. O referencial teórico adotado é da TAS de Ausubel, com alguma articulação com a TAS de Novak, e a TASC de Moreira. A conexão entre a Física Contemporânea e o ensino de Física, a partir de Artes Plásticas, Música e Arquitetura, utilizando vídeos, atividades práticas com sólidos geométricos e atividades colaborativas. A UEPS foi implementada numa turma de 1ª série do EM de uma escola pública federal de ensino técnico.

A dissertação do MNPEF “Quiz com Aplicativo *Socrative* para o Desenvolvimento dos Conceitos De Física Moderna” (Oliveira, 2020) também aborda conteúdos diversos, como Ondas Eletromagnéticas, Teoria da Relatividade de Einstein, Efeito Fotoelétrico e tópicos da Física Quântica. O autor parte da problemática de que aconteceram grandes evoluções tecnológicas em diversas áreas da sociedade após início da Física Moderna no século XX, como a mudança de conceitos como espaço, tempo, massa, energia. No entanto a Física tratada na escola, em geral, é anterior ao século XX. Oliveira desenvolve uma UEPS para o ensino de Física Moderna com o uso de TDIC, através do desenvolvimento de um conjunto de *quiz* (que foi seu produto educacional) feitos por um aplicativo, para se adaptar ao crescente desenvolvimento tecnológico no ensino contemporâneo. O autor implementou a UEPS numa turma da 3ª série do EM de uma escola da rede particular, adotando o referencial teórico da TAS de Ausubel.

De forma menos diversa em relação aos conteúdos, mas ainda não localizado apenas na TRE, a dissertação do MNPEF “Sequência Didática para o Ensino Médio Sobre o Tempo: Breves implicações filosóficas sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita” (Sobrinho, 2021) faz uma abordagem com reflexões filosóficas sobre o tempo, desde Aristóteles até Einstein através de uma UEPS. Partindo dos problemas de que o estudante do EM conclui este curso sem reflexão sobre um conceito tão relevante quanto o tempo e da falta de predisposição dos estudantes, o autor utiliza como referencial teórico a TAS de Novak. Sobrinho tem por objetivo criar uma experiência afetiva positiva, ao se relacionar Física e Filosofia numa discussão sobre o tempo, apresentando a TRE como resultado consensual. O público-alvo foi de duas turmas da 3ª série do EM de uma escola pública estadual, adotando-se como estratégia o uso de mapas conceituais, simulação e vídeos.

Na mesma linha, a dissertação do MNPEF “Espaço-Tempo em Mecânicas: Crítica à abordagem usual dos Livros Didáticos e uma proposta de UEPS para o Ensino Médio” (Silva, L. 2020) desenvolve uma UEPS sobre conceitos como espaço e tempo, unindo as mecânicas newtoniana e a relativística, em contraposição à forma afastada que são apresentadas no Ensino Médio – a mecânica de Newton na 1ª série do EM, e a relativística no final da 3ª série do EM. O autor aponta que a literatura tem se preocupado com a prática docente, indicando a necessidade de adquirir novos métodos. Além disso, ele faz uma análise de livros didáticos e conclui que não tem uma boa abordagem conceitual. Silva (2020) coloca como problema a escassez de discussão sobre a evolução histórica dos conceitos, especialmente na educação básica. Seu referencial teórico é fundamentalmente a TAS de Ausubel, mas também utilizou a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira na construção da UEPS. Dessa forma, a aplicou numa turma da 1ª série do EM de uma escola da rede particular e teve por objetivo que os estudantes percebam a ciência como um processo em construção. Para isso, utilizou-se como ferramentas didáticas a produção de texto, construção de mapas conceituais, experimentos e simulação.

O artigo “UEPS sobre o Estudo da Cinemática no Diagrama Espaço-Tempo em Nível de Ensino Médio” (Soeiro *et al.*, 2022) faz uma escolha semelhante, trabalhando inicialmente a cinemática galileana, com o intuito de elaborar um organizador prévio para a Teoria da Relatividade.

O referencial teórico é composto pela articulação de elementos da TAS de Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, com a estratégia da Metodologia Ativa de instruções por colegas e o uso de papel milimetrado para representar movimentos e efeitos da relatividade, dentro de uma UEPS.

2 Referencial Teórico

Dado os trabalhos da Revisão da Literatura, este trabalho se insere na lacuna teórica que atua nas seguintes problemáticas: do ensino na Educação Básica, da aprendizagem com significado, do uso de UEPS, do ensino de Teoria da Relatividade Especial (TRE) em paralelo à Cinemática Clássica, do uso pedagógico da plataforma Arduino e de TDICs, e na promoção de uma aprendizagem crítica.

A UEPS discutida no presente artigo foi elaborada baseada na TAS de Ausubel articulada com outras teorias que compõe os princípios da UEPS, a saber; a Teoria de Educação de Novak, o Modelo de Gowin, a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird, a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (Moreira, 2019). A relação e aproximação da TAS de Ausubel com elementos das outras teorias foi feita por Moreira (2011) e interpretada pelo presente autor nas etapas/atividades deste artigo.

Esta UEPS tem como coluna vertebral a TAS de Ausubel. A partir dela, elementos de outras teorias se encaixam para complementá-la. Para demonstrar esta articulação, estas teorias serão expressas nos próximos parágrafos de maneira reduzida mencionando apenas elementos envolvidos na UEPS, relacionados por Moreira (2011). Os próprios nomes das teorias, muitas vezes, serão trocados pelos nomes de seus autores, para simplificar. Assim, em resumo, articula-se como segue.

Ausubel afirma que somente ocorre aprendizagem significativa quando um conhecimento novo se ancora em um conhecimento prévio, ou melhor, em uma estrutura cognitiva onde estes conhecimentos prévios se organizam, chamado de *subsunçor* na TAS. Portanto, este último é o principal fator que influencia a aprendizagem significativa. Os estudantes não são recipientes vazios esperando serem preenchidos pelo conhecimento “demonstrado” pelo/a professor/a. A existência prévia de conhecimento interfere na forma como se recebe o conhecimento novo, por isso, é preciso estar atento ao primeiro (Moreira, 2019).

Dois processos são essenciais na TAS de Ausubel: Um deles é a *diferenciação progressiva*, a qual ocorre quando um subsunçor assimila um novo conhecimento e, inevitavelmente, este subsunçor se modifica com a interação, tornando-se mais abrangente. Esse processo acontece quando se compreende uma nova situação, um exemplo, ou uma extensão dentro de uma ideia mais geral (Moreira, 2011; 2019).

Outro processo é o da *reconciliação integrativa*, a qual pode ocorrer de duas formas: quando um conhecimento novo interage com subsunçores mais restritos que ele, assimilando-os, reorganizando-se de forma que o primeiro englobe os últimos, e em seguida, inevitavelmente, ambos se transformam após a interação, tornando-se um único subsunçor; ou também quando um conhecimento novo interage com um subsunçor de igual abrangência, ancorando um ao outro, reorganizando-se e tornando-se um único e novo subsunçor. A *reconciliação integrativa* acontece quando o indivíduo aprende a relação entre conceitos distintos. Para promovê-la, deve-se explorar a conexão entre ideias, apontar semelhanças e diferenças, e reconciliar discrepâncias aparentes (Moreira, 2019; Mohr *et al.*, 2012).

No entanto, esta assimilação do conhecimento novo não acontece de forma direta, passiva, mas sim, mediada. Aí se encaixa a contribuição de Vygotsky na UEPS, que explica *como se faz* essa mediação: a troca de significados de forma socializada. Para o teórico, a aprendizagem só acontece

pela socialização, pelo diálogo, pela troca de significados entre pessoas. Isto é, interação social é condição para internalização do externo no interno, produzindo aprendizagem. Neste sentido, atividades colaborativas bem planejadas potencializam a aprendizagem (Moreira, 2019).

A contribuição de Gowin está em explicar *como é* esta troca de significados: compartilhando dentro da relação triádica *professor(a)-aluno(a)-material educativo*. Esta relação triádica pode ser ilustrada da seguinte forma: O professor/a apresenta os significados científicos presentes no material curricular, então o/a aluno/a, se disposto a se relacionar, devolve o que compreendeu. Mas se o/a professor/a avaliar que não houve sucesso, deve tentar de outro modo, até que o significado científico seja compartilhado por ambos. Nessa negociação de significados, o papel do/a professor/a é verificar se o significado foi captado e o do/da aluno/a é verificar se o que ele compreendeu é o que o/a professor/a pretendia. Só então, depois da compreensão clara do significado, o/a aluno/a escolhe se vai aprender significativamente ou não (Moreira, 2011). Associando com a TAS: A troca de significados da aprendizagem significativa acontece na relação triádica.

Johnson-Laird enriquece estas relações mostrando que, como os significados são diversos na sua essência e amplitude, é preciso compreendê-los como diferentes constructos, ou seja, ele mostra *como significados são representados* na mente: através de *modelos mentais*, que interpreta o mundo externo dos significados abstratos aos concretos (Moreira, 2019). Quando apresentado um problema desafiador em nível adequado e se o estudante estiver disposto, para resolvê-lo ele constrói um modelo mental resultado da sua percepção e conhecimentos prévios, ou seja, ele modela mentalmente o problema (Mohr *et al.*, 2012). Associando com a TAS: Uma aprendizagem significativa é quando um novo modelo mental se associa/ancora a um modelo mental pré-existente (o conhecimento prévio).

Vergnaud vai dizer *o que é essencial para o estudante aprender*: novas situações-problema. Um conceito ganha sentido, abrangência, através de novas situações nas quais ele se aplica, que trazem complexidade, exemplos, expansão ao conhecimento. O/A professor/a deve propor situações-problema novos que tenham potencial de produzir aprendizagem significativa. As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Mohr *et al.*, 2012). Quando o estudante descobre novos procedimentos para lidar com situações, ele aprende. Associando com as outras teorias: Um modelo mental de um significado só se expande com novas situações-problema. Mas essa aprendizagem só será significativa se os seus modelos mentais se ligarem a outros preexistentes, ficando mais amplo.

Outro aspecto da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud considerado na UEPS é do domínio de um campo conceitual. O conhecimento está localizado em campos conceituais, o qual é definido como “um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados” (Vergnaud, 1983b, p. 127 *apud* Moreira, 2019, p. 208). Ele aponta que para dominá-lo é preciso muitos anos, com a experiência e a aprendizagem. Grandes áreas do conhecimento como a Cinemática Clássica e a Cinemática Relativística são exemplos de campos conceituais (Moreira, 2019).

Novak *amplia os elementos* presentes no evento educativo: além de professor/a, aluno/a e currículo, também estão envolvidos o contexto e a avaliação. Outro princípio importante utilizado é construir ocasiões que possam gerar afetos positivos no evento educativo, pois isto faz com que o/a aluno/a tenha *predisposição* para aprender significativamente. Sem predisposição não há aprendizagem significativa. É preciso querer aprender. Sem isso, não há material ou estratégia que tenha efeito. Por isso a motivação é muito importante (Moreira, 2019).

Moreira contribui *direcionando* todo esse aparato teórico de aprendizagem significativa para os temas e habilidades mais relevantes na sociedade atual. Assim, uma aprendizagem significativa é relevante quando também é crítica, a qual está relacionada a formar um cidadão com capacidade de analisar o seu meio, mesmo estando inserido nele. Para facilitar esta aprendizagem, ele propõe nove princípios, dos quais três serão convenientemente apresentados a seguir: *da não centralidade do livro didático* e *da não utilização do quadro de giz*, os quais versam sobre a carga simbólica de “autoridade inquestionável” que há nesses recursos, mas que, acima de tudo, traga-se caminhos novos, diversificados e menos verticais no processo de ensino-aprendizagem; *do conhecimento como linguagem*, no qual é preciso que o sujeito entenda estas novas linguagens (da mecânica clássica, da relatividade, *etc.*) como novas maneiras de perceber o mundo; o *princípio da incerteza do conhecimento*, no qual é a percepção de que o conhecimento é incerto, pois a forma como é construído depende das perguntas feitas, as definições são válidas apenas em um certo contexto, e que todo conhecimento científico construído sobre o mundo utiliza metáforas (suposições, considerações, simplificações, *etc.*) (Moreira, 2019).

Seguindo os princípios mencionados, Moreira (Mohr. *et al.* 2012) propõe oito passos para construção da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, pretendendo, assim, superar a aprendizagem mecânica, com valores educacionais voltados para a sociedade do século XXI.

3 Encaminhamento Metodológico

A presente Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi elaborada de forma a identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conceito de Movimento e organizá-los, elaborando este conhecimento segundo a visão científica da Cinemática Clássica (CC), e posteriormente, aprofundando esse conhecimento segundo a visão científica da Cinemática Relativística (CR); e por fim, comparar as duas visões.

Aliás, um dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira (2019) identifica que a linguagem não é uma forma de expressar de forma neutra o que percebemos do mundo e pensamos. Na verdade, ela influencia na forma que pensamos. A linguagem é uma maneira singular de perceber o mundo, e sendo assim, ensinar Física, Biologia, História *etc.*, é ensinar linguagens diferentes. A compreensão de que é possível ver o mundo com diferentes linguagens, é uma aprendizagem crítica. Neste sentido, esta UEPS buscou efetuar um paralelo entre o conceito de Movimento da teoria da Cinemática Clássica com a da teoria Relativística buscando “Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, [e] cultural [...] para entender e explicar a realidade [...]” (Brasil, 2018, p. 9).

Ainda que esta unidade de ensino não tenha utilizado uma abordagem histórica-filosófica, este tema foi subjacente ao seu planejamento. Compreende-se, assim, o desenvolvimento da ciência com uma concepção epistemológica de um processo não-contínuo (Peduzzi, 2006), seguindo, principalmente as ideias preconizadas pelos filósofos da ciência, Kuhn e Lakatos (Chalmers, 1993).

Aqui, aborda-se conceitualmente o movimento, e, devido ao elevado nível de abstração da TRE, na parte sobre Cinemática Relativística (CR), optou-se por trabalhar apenas o efeito relativístico da contração do espaço, partindo do entendimento de que outros efeitos e características da Relatividade podem ser abordadas depois desta introdução ao tema.

Dentre os conceitos escolhidos para esta UEPS considerados como pré-requisitos para a compreensão da transição da CC para a CR, estão: Referencial Inercial, Princípio da Relatividade, Velocidade, Velocidade Relativa, Trajetória, Inércia e Espaço Relativo.

Para inserir a realidade dos estudantes na introdução aos conceitos de movimento em TRE, bem como articulados ao mesmo na perspectiva da Mecânica Clássica, busca-se por diversos momentos a inserção de situações-problemas. Destas, grande parte são propostas para discussão e resolução em grupo, por meio do compartilhamento de significados. Estas situações-problema são contextualizadas por situações cotidianas dos estudantes, por vídeos e simulações utilizados em sala de aula, e pelo experimento com a prototipagem Arduíno. Além disso, utiliza-se Mapas Conceituais para organizar os conhecimentos dos estudantes sobre o conceito de Movimento, preparando-se para aprofundar as discussões.

Desta maneira, contribui-se para o desenvolvimento de algumas competências da BNCC no que se refere ao estímulo à curiosidade intelectual dada a abordagem das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções [...]", bem como à compreensão e utilização das [...] tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva" (Brasil, 2018, p. 9) para produzir conhecimento e resolver problemas.

Os resultados da implementação desse produto educacional foram extensamente analisados e abordados qualitativamente segundo o referencial teórico da TAS de Ausubel articulada com elementos das teorias supracitadas (Moreira, 2019) que compõe os princípios da UEPS, com evidências de aprendizagem significativa e crítica, apontadas com maior detalhes e discussões na dissertação "Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de Cinemática Relativística no Ensino Médio que utiliza plataforma Arduíno e TDICs" (Souza, 2023).

A UEPS foi implementada em uma turma da 1ª série do Ensino Médio regular da escola pública e estadual, localizado no município de Anagé-BA. O cronograma de implementação da UEPS segue apresentado no Quadro 1, no qual estão os encontros em que aconteceram as aulas, os passos da UEPS trabalhados em cada encontro, o tempo pedagógico aproximado utilizado em cada atividade, as estratégias didáticas ou atividades adotadas, e o tema ou o(s) objeto(s) de conhecimento abordado(s) em cada estratégia. Neste último, há espaços que estão com um travessão que significa que há diversos temas abordados.

Quadro 1 - Cronograma de implementação

Momento (Data)	Passo UEPS	Tempo pedagógico	Estratégia / Atividade	Tema / Objeto de conhecimento
Encontro 1 (29/09)	1 e 2	60 min	Questionário de Sondagem	-
		40 min	Confecção de mapa conceitual coletivo	Movimento
Encontro 2 (10/10)	3	40 min	Exposição dialogada	Conhecimento, ciência e revolução científica
		40 min	Exposição dialogada	Referencial, trajetória e movimento
		20 min	Atividade 1 em grupo: Situações-problema	Velocidade relativa e trajetória relativa
Encontro 3 (17/10)	3 e 4	20 min	Discussão de respostas	Atividade 1 em grupo
		30 min	Ação em grupo	Alteração do mapa conceitual coletivo

		20 min	Experimento prototipagem Arduino	Velocidade
		30 min	Atividade 2 em grupo: Situações-problema	Velocidade e trajetória relativa
Encontro 4 (07/11)	3 e 4	30 min	Simulação expositiva	Movimento relativo
		30 min	Vídeos	Inércia e trajetória
		40 min	Atividade 3 em grupo: Situações-problema	Movimento relativo, inércia, trajetória relativa e velocidade
Encontro 5 (21/11)	4 e 5	20 min	Discussão de respostas	Atividade 3 em grupo
		30 min	Simulação interativa	Inércia e trajetória
Encontro 6 (29/11)	5	15 min	Experimento prototipagem Arduino	Velocidade
		30 min	Exposição dialogada	Movimento e Física Clássica
		30 min	Exposição dialogada	Movimento e Física Relativística
		25 min	Atividade 4 em grupo: Situações-problema	Velocidade relativa e espaço relativo
Encontro 7 (30/11)	5 e 6	20 min	Revisão e discussão de respostas	Comparação das visões clássica e relativística
		30 min	Atividade 5 em grupo: Situações-problema	
Encontro 8 (07/12)	7	100 min	Avaliação somativa	-
			Avaliação da UEPS	-

Fonte: Souza (2023)

Com as devidas avaliações das etapas implementadas e dos resultados advindos desta UEPS, apresentamos o produto educacional instrucional que poderá ser aplicado por demais docentes de outras localidades e espaço escolares, dada a grande potencialidade de sua utilização, enquanto material instrucional e tecnológico, para explorar o conceito de movimento na perspectiva citada: Da cinemática clássica à cinemática relativística.

4 Procedimentos Didático-Methodológicos

As aulas do produto educacional são distribuídas em 8 encontros de 100 minutos cada. Utiliza-se um Experimento com a prototipagem Arduino, simulações, vídeos e atividades impressas.

Encontro 1 – Questionário de Sondagem e Mapa conceitual coletivo

Questionário de Sondagem (60 min):

Neste primeiro passo, busca-se descobrir quais as compreensões do/a estudante sobre o tema que vamos abordar. Para isso, é importante que as perguntas do questionário de sondagem⁵ sejam simples. Segue algumas das perguntas:

Questão 1 - Imagine que você está na sede da prefeitura de Anagé e possui pouco tempo para chegar até o seu colégio para a primeira aula, qual(is) estratégia(s) você usaria para não perder essa aula?

Questão 5 - Qual é a coisa que você imagina que possa ser mais rápida?

Questão 15 - Você acha possível uma mesma pista medir dois valores de distância diferentes, a depender do ponto de vista da pessoa que mede? Argumente.

No momento extraclasse, deve-se ler todas as respostas dadas pelos estudantes buscando o que pode ser aproveitado no ensino; i.e, tentando compreender a lógica discente e identificando possíveis pontos conflituosos geradores de debate. Além de facilitar a compreensão, a aprendizagem pode ser significativa ao se utilizar elementos e situações sobre as quais os estudantes conhecem.

Mapa Conceitual Coletivo (40 min):

Continuando a tarefa de buscar o conhecimento prévio, investiga-se a forma como o/a estudante consegue organizar seu pensamento, fazendo um mapa conceitual coletivo.

A mediação docente é importante aqui, para que se obedeça às regras básicas. Este mapa conceitual coletivo terá a participação de todos na sua confecção, mas com protagonismo discente. Os passos são os seguintes: 1) Pergunte aos estudantes quais são os conceitos, ideias, palavras-chave que, na opinião deles, estão ligadas a ideia de Movimento; 2) Faça uma lista no quadro com essas palavras; 3) Escreva no centro superior do quadro, a palavra “Movimento” e circule-a (este é o início do mapa conceitual); 4) Sempre consultando os estudantes sobre o que fazer (qual conceito usar, onde colocá-lo, qual ligação colocar entre eles *etc.*), monte com eles um mapa conceitual sobre Movimento.

Posteriormente, deve-se solicitar para que cada estudante faça uma cópia do mapa conceitual do quadro em seu caderno.

Encontro 2 – Exposição dialogada e Atividade 1 em Grupo

Exposição Dialogada (50min) – Referencial, Trajetória e Movimento:

O conhecimento prévio do/a estudante é o fator mais importante para aprendizagem significativa (MOREIRA, 2019). Não se resumindo ao primeiro encontro, é preciso tentar descobrir o tempo todo o que o/a estudante está compreendendo sobre o assunto, só assim serão possíveis interações efetivas. Ensinar não é só falar ou agir, também é escutar atentamente, tentar se colocar no lugar de compreensão do/a estudante. Esta aula foi guiada por *slides*⁶.

Atividade 1 em Grupo (50 min):

Este é o momento de os/as estudantes colocarem a “mão-na-massa”. Orienta-se para que a turma se organize em grupos de, em média, 4 pessoas. Solicite que cada grupo utilize a criatividade para colocar um nome em si.

⁵ Disponibilizado pelo autor no link: https://drive.google.com/file/d/1Sd-GJw_OChKn0-1LsF23kD3r5_pIEbKs/view?usp=share_link

⁶ Disponibilizados pelo autor no link: https://docs.google.com/presentation/d/19g6liUUDsCxzMsHgRPVp1_HekHRywox/edit?usp=share_link&oid=112504735839737740130&rtpof=true&sd=true

Propõe-se uma atividade impressa⁷ com situações-problema, ou seja, são situações que os/as estudantes devem elaborar uma solução baseado nos conceitos trabalhados e os que eles já possuem. Os grupos devem ser incentivados a discutir com todos os seus membros, compartilhando opinião, elaborando sobre o problema, até que todos cheguem num acordo do que será respondido. Num momento extraclasse, deve-se ler todas as respostas dadas pelos grupos e utilizá-las onde for avaliado que cabe. Segue parte da situação-problema proposta:

Questão 1 - Imagine que você está sentado sozinho no banco de trás dentro de um carro. O carro está estacionado com os vidros e portas completamente fechados. [...] De repente, você começa a ouvir um zumbido. [...] é uma mosca [...] [e ela] faz seu voo de trás de você até o vidro da frente do carro, do para-brisa. [...] b) Imagine agora que o carro estivesse sendo dirigido por alguém a uma velocidade de 70 km/h, mas todas as outras situações são iguais [...]. Comparando com a situação do carro parado, a mosca estaria com uma rapidez diferente por que o carro está em movimento, no seu referencial? Explique.

Encontro 3 – Correção de Atividade, Mapa conceitual, Experimento com a plataforma Arduino e Atividade 2 em Grupo

Correção da Atividade (20 min):

Neste momento, deve-se fazer uma discussão e revisão das Atividade 1 em grupo, mas agora nomeando os conceitos trabalhados na última aula: O princípio da Relatividade e a Velocidade Relativa.

Mapa Conceitual (30 min):

Propõe-se que os grupos feitos anteriormente sejam retomados e, juntos, alterem os mapas conceituais feitos na primeira aula. Então solicita-se que os grupos reorganizem os conceitos, numa ordem de hierarquia, do conceito mais geral no topo do mapa, para o mais particular na base do mapa. Neste momento, eles podem retirar conceitos que eles sintam que não fazem sentido e/ou acrescentassem novos conceitos que quisessem.

Se for avaliado pelo/a docente que cabe, peça para tentarem introduzir no mapa os conceitos de Princípio da Relatividade e Velocidade Relativa.

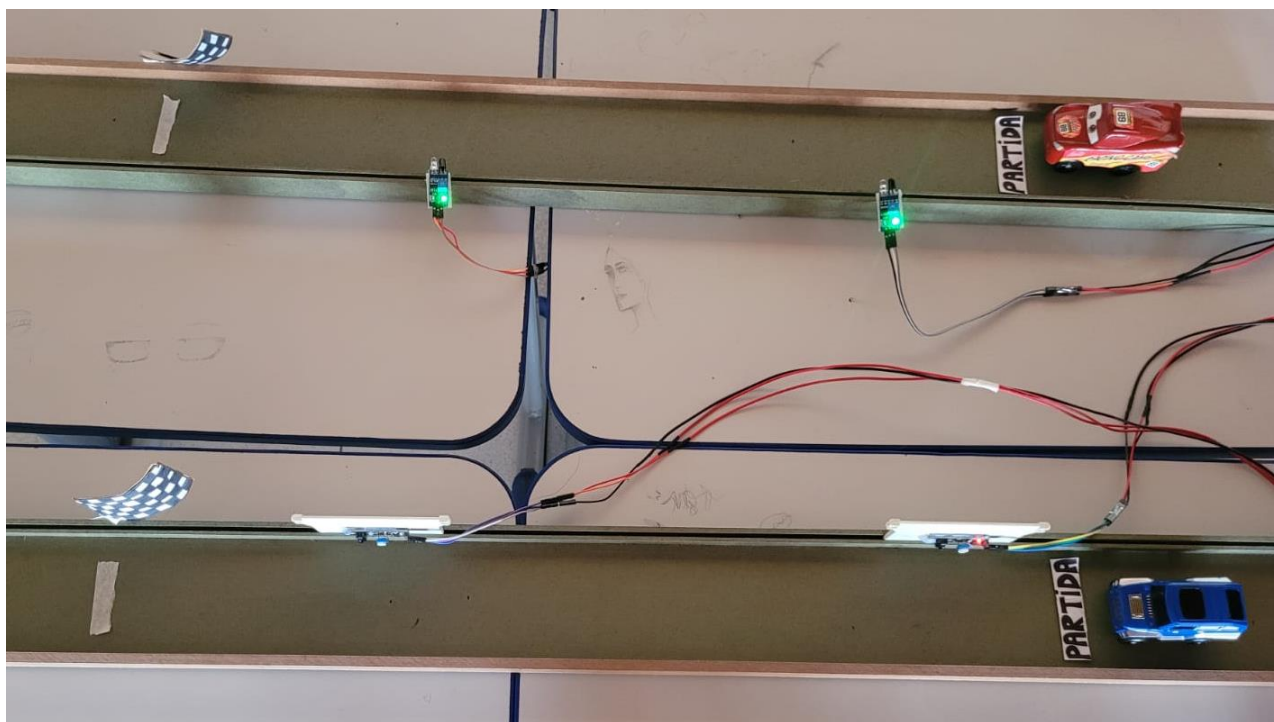
Experimento com a Plataforma Arduino (20 min):

O experimento possui a seguinte estrutura: dois carros de brinquedo com motor elétrico, cada um em cima da sua própria pista, que estão em posições paralelas; em cada pista, há uma linha de chegada e dois sensores de movimento associados ao Arduino, com o qual calcula-se as velocidades de cada carrinho, conforme mostra a

Figura 1. O cálculo das medidas deve ser projetado na sala em tempo real.

Para além da parte dos materiais que envolve o experimento com a plataforma Arduino, outros itens foram utilizados: dois carros de brinquedo a pilha, com movimento retilíneo uniforme; duas pistas de madeira de 1,5 m de comprimento, com suporte lateral para sensor; e uma fita adesiva crepe.

⁷ Disponibilizada pelo autor no link: https://drive.google.com/file/d/1XDir3SxWrIhtdRWOHefdHXDmOJzZM8Ut/view?usp=share_link

Figura 1 - Experimento com Arduino

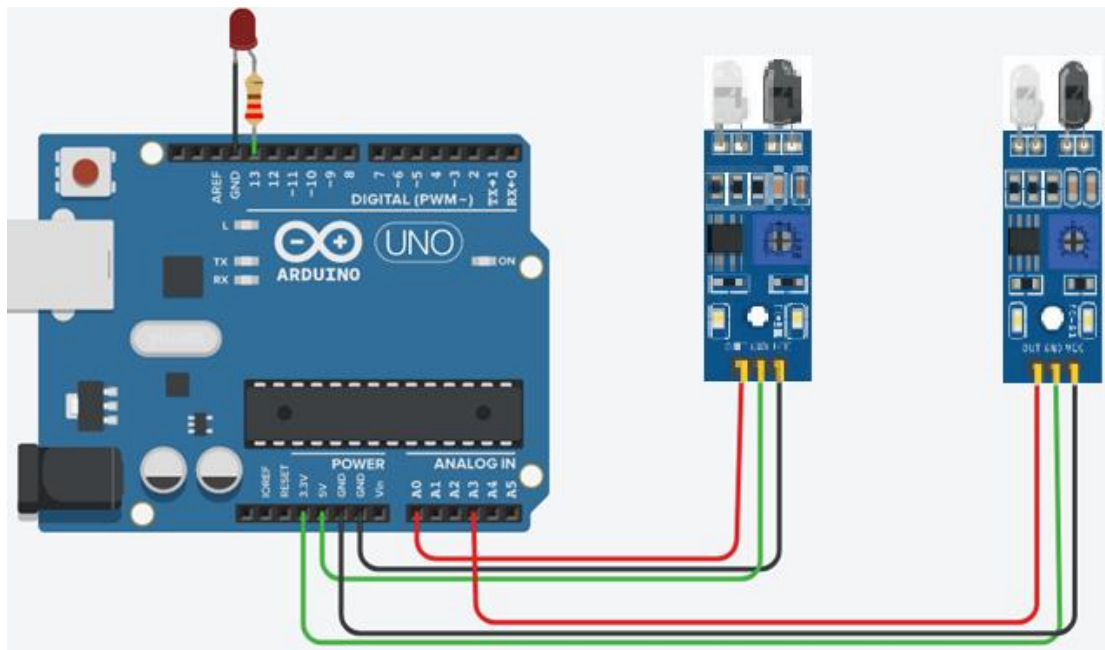
Fonte: Souza (2023)

Quanto aos componentes do Arduino, foram utilizadas dois conjuntos de itens, um para cada pista. Assim sendo, a seguir são mostrados os itens utilizados para uma das pistas, de forma que basta repeti-los para a outra pista. Os itens utilizados foram: dois sensores infravermelho reflexivo de obstáculo; uma placa de Arduino UNO; um LED; um resistor 220 Ω ; e seis cabos jumper macho/fêmea de 70 cm. A montagem do esquema na placa do Arduino foi feita conforme Figura 2.

No código da programação⁸ do Arduino é preciso que se informe o tamanho da distância entre os dois sensores, conforme orientado no produto educacional, para que o cálculo da velocidade esteja correto.

Etapa 1 do experimento: É feita a questão para a turma: “*Como funciona o radar de velocidade nas rodovias?*”. Então discute-se as respostas dadas, corrigindo o que estiver inadequado, e demonstre o funcionamento do radar com o experimento utilizando apenas um carro.

⁸ Disponível no produto didático: http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/?post_type=dissertacao

Figura 2 - Esquema de montagem do Arduino

Fonte: Souza (2023)

Etapa 2 do experimento: Serão realizadas duas corridas. *Características da corrida 1:* Com saídas simultâneas, baterias aproximadamente iguais, linhas de chegada à mesma distância, o resultado deve dar empate. *Características da corrida 2:* Com saídas simultâneas, baterias aproximadamente iguais, mas com uma linha de chegada mais próxima que a outra (pois deve-se aumentar a distância de apenas uma das linhas), o resultado deve conter um vencedor.

É interessante solicitar ajuda de algum estudante, para utilizar o segundo carro. É sempre importante buscar a participação dos/das estudantes. Assim como motivar a realização de torcidas para promover afetos positivos na turma. Pois, conforme visto no aporte teórico, afetos positivos geram predisposição para aprendizagem.

Atividade 2 em Grupo (30 min):

Agora, uma nova atividade impressa⁹ com os mesmos grupos é proposta. Como sempre, posteriormente deve-se ler as respostas para avaliar os avanços e dificuldades dos estudantes, para direcionar as próximas abordagens para o que é mais necessário. Parte de uma das situações-problema está a seguir:

Questão 2 - Em relação a segunda corrida de carrinhos: [...] d) Considerando que você esteja proibido de modificar o tamanho das pistas, o que o carrinho perdedor teria que fazer para ganhar a corrida?

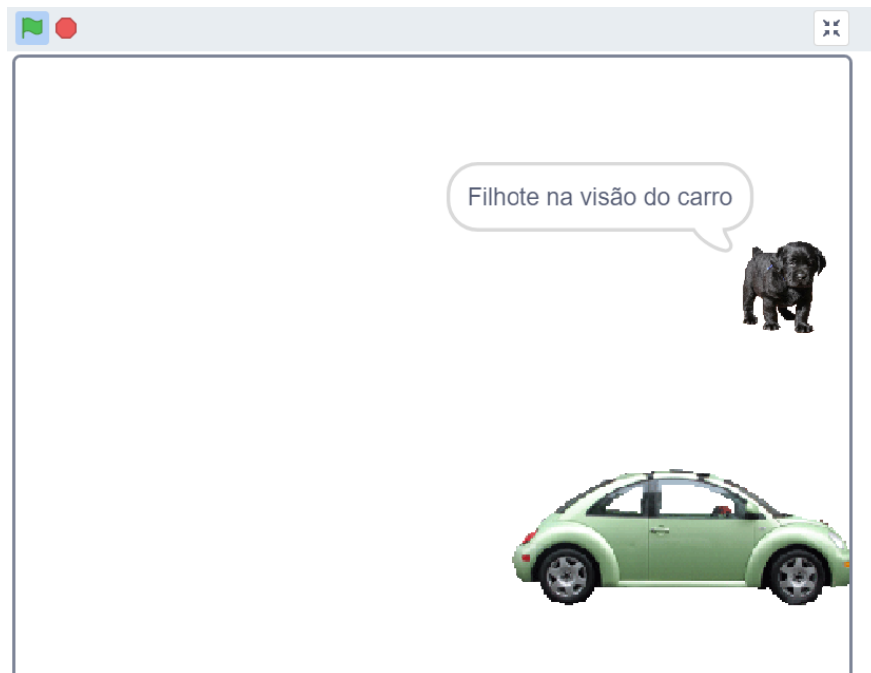
⁹ Disponibilizada pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/19dI7-nY_LeJvFg4yhHoZMh3ZyuMdxCOo/view?usp=share_link

Encontro 4 – Simulação expositiva, Vídeo de um experimento, Vídeo de uma simulação, Atividade 3 em Grupo

Simulação Expositiva (20 min):

Utiliza-se a simulação do Scratch¹⁰, ilustrada na Figura 3, para revisar o conceito de Referencial e Movimento Relativo.

Figura 3 - Simulação do Scratch



Fonte: Souza (2023)

Vídeo do Experimento (20 min):

Utiliza-se o vídeo¹¹ do Laboratório Virtual do IFUSP, ilustrado pela Figura 4, para discutir o conceito de Inércia. Deve-se explicar como é o mecanismo do lançamento da bola a partir da chaminé do trem, considerando o trem parado.

¹⁰ Disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/168378029/>. Acesso em: 23 jul. 2023.

¹¹ Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/translacao/velocidadeRelativaTrem/index.html>. Acesso em: 23 jul. 2023.

Figura 4 - Vídeo de experiência sobre Inércia



Fonte: Souza (2023)

Em seguida, reproduzir o vídeo até a eminência do trem fazer o lançamento e pausar. Então pergunta-se a turma: *O que vai acontecer com a bolinha nessa situação?*

Depois de ouvir e organizar as hipóteses levantadas, reproduza novamente o vídeo, e discuta com a turma o conceito de Inércia. Se a intuição sobre este conceito não estiver clara, é possível que achem que a bola cairá no mesmo local onde foi lançada. Assim sendo, assimila-se as reações dos estudantes e realiza-se uma negociação de significados, até que o significado compartilhado esteja adequado ao contexto da matéria.

Vídeo da Simulação (20 min):

Utilizou-se o vídeo do YouTube¹² do canal Física na Lixa, ilustrado pela Figura 5, para discutir os dois tópicos apontados anteriormente: Movimento relativo e inércia, através do conceito de trajetória do referencial.

¹² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kk8xk8COODI>. Acesso em: 23 jul. 2023.

Figura 5 - Vídeo de simulação do lançamento

Fonte: Souza (2023)

Atividade 3 em Grupo (40 min):

Mais uma nova atividade impressa¹³ com os mesmos grupos é proposta. Enfatizando mais uma vez: Deve-se ler as respostas antes da próxima aula e utilizá-las para direcionar a energia docente e tempo pedagógico para onde parece ser mais necessário. Segue parte de uma das situações-problema da atividade:

Questão 1 - Na imagem abaixo está ilustrado uma pessoa em alto mar à espera de socorro. A ajuda vem na forma de um avião em alta velocidade. Da sua altitude, ele soltará uma boia para a pessoa. [...] c) Considerando os conceitos que trabalhamos, em qual lugar o avião deve soltar a boia para que ela caia o mais perto possível da pessoa em alto mar?

Encontro 5 – Simulação interativa e exposição dialogada

Simulação Interativa (50 min):

Discuta as respostas da última atividade com os estudantes utilizando a simulação interativa¹⁴ sobre queda livre da SimFi CAP-UERJ, ilustrada na Figura 6. Esta simulação é utilizada aqui para se trabalhar os conceitos de Inércia e Trajetória.

¹³ Disponibilizada pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/1UJqKBGWrvDxp7IKS8bqQdtk3QGtSC3RY/view?usp=share_link

¹⁴ Disponível em: <https://simfi.itch.io/lanamento-horizontal>. Acesso em: 23 jul. 2023.

Figura 6 - Simulação interativa de queda livre

Fonte: Souza (2023)

Desafia-se a turma a acertar o alvo, com o/a docente “soltando” a bomba quando pedirem, ou, de outra forma, é possível solicitar que algum/a estudante faça esta função. É interessante que a cada tentativa, seja feito um comentário sobre os conceitos trabalhados (de forma planejada!), como se fossem dicas para acertar melhor o desempenho na simulação. Para tornar o momento mais desafiador, deve-se explorar as opções da simulação.

Exposição Dialogada (50 min) – Conhecimento, Ciência e Revoluções:

Nesta exposição dialogada, aborda-se os conceitos de Conhecimento Humano, Ciência & Tecnologia e Revolução Científica, para se preparar para abordar a Teoria da Relatividade Especial numa aula futura. Esta aula é guiada por *slides*¹⁵ e deve-se assumir uma postura de alguém que busca negociar significados.

Encontro 6 – Experimento com Arduino, Exposição dialogada, Exposição dialogada, Atividade 4 em Grupo

Experimento com a Plataforma Arduino (15 min):

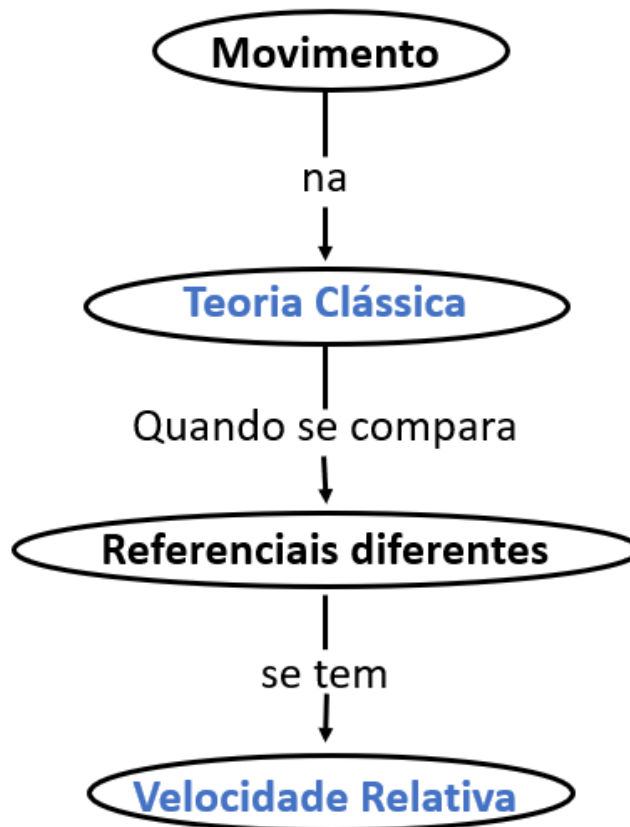
Para preparar para fazer a transição para a Teoria da Relatividade, repete-se a *segunda etapa* do experimento com a plataforma Arduino.

Exposição Dialogada (30 min) – Movimento para a Teoria Clássica:

¹⁵ Disponibilizados pelo autor através do link: https://docs.google.com/presentation/d/1RUgCK97G1_iJMPYtepnrsOsNV_3WUBY/edit?usp=share_link&oid=112504735839737740130&rtpof=true&sd=true.

Nesta exposição dialogada, aborda-se os conceitos de Movimento trabalhados até aqui, dentro de uma *lógica da Mecânica Clássica*. Esta aula é guiada por *slides*¹⁶. Nestes slides são abordadas diversas situações-problema trabalhadas anteriormente, vistas, agora, sob a ótica desta lógica, ilustrada pelo mapa conceitual da Figura 7: quando se analisa os conceitos de movimento, comparando referenciais inerciais diferentes (um em movimento em relação ao outro), sempre se tem como resultado uma *velocidade relativa*.

Figura 7 - Mapa conceitual da Teoria Clássica



Fonte: Souza (2023)

Exposição Dialogada (30 min) – Movimento para a Teoria Relativística:

Nesta exposição dialogada, também se abordará os conceitos de Movimento trabalhados até aqui, mas a partir da lógica da Teoria Relativística. Assim, promove-se para uma aprendizagem significativa crítica: Quando se aborda a Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade Especial, e as compara, inevitavelmente se contribui para a leitura de uma realidade sobre diferentes perspectivas. Entender que é possível interagir com a realidade sob diferentes perspectivas é uma aprendizagem crítica (MOREIRA, 2019).

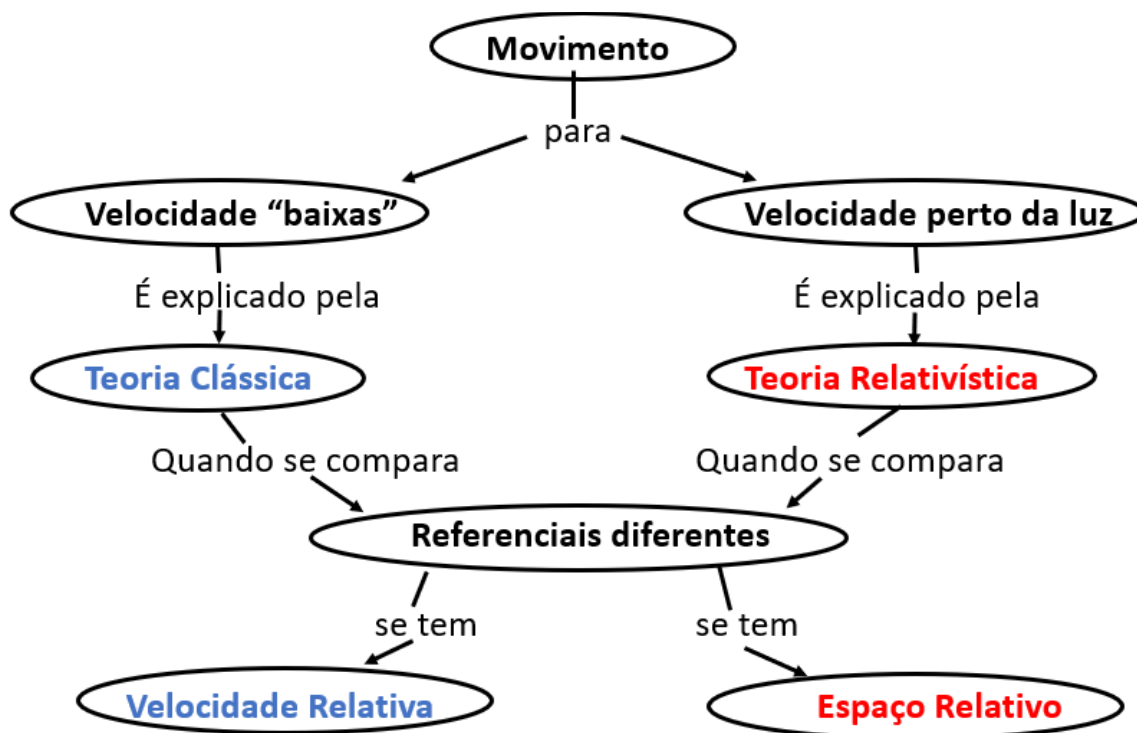
Esta aula é guiada por *slides*¹⁷. Neles, são abordadas diversas situações trabalhadas anteriormente, vistas, agora, sob a ótica desta lógica da Teoria Relativística ilustrada pelo mapa

¹⁶ Disponibilizados pelo autor através do link: https://docs.google.com/presentation/d/1ZbXhJ6EOFYPP7ELJE4QmNuOfQFNjmYR4/edit?usp=share_link&oid=112504735839737740130&rtpof=true&sd=true.

¹⁷ Disponibilizados pelo autor através do link: https://docs.google.com/presentation/d/15T1E-OX9uZzba_zuhhMx5Cp5braOo-26/edit?usp=share_link&oid=112504735839737740130&rtpof=true&sd=true.

conceitual da Figura 8: quando se analisa os conceitos de movimento, comparando referenciais inerciais diferentes (um em movimento em relação ao outro), para velocidades próximas a da luz, teremos como resultado um *espaço relativo*.

Figura 8 - Mapa conceitual da Teoria Relativística



Fonte: Souza (2023)

No entanto, antes de trabalhar as situações-problema próprias da relatividade, a transição para a Teoria da Relatividade é feita por uma *metáfora*: A partir da configuração do experimento com Arduino, na qual uma pista estava maior (uma linha de chegada mais distante) que a outra, proponha a seguinte situação-problema: “*Considerando que você esteja proibido de modificar a velocidade dos carrinhos, mas que você pudesse modificar o local da linha de chegada. O que teria que acontecer para ambos atravessarem a linha de chegada ao mesmo tempo?*”.

Espera-se que cheguem à conclusão de que, diante da impossibilidade de alterar a velocidade, a única solução é a redução da pista. A *metáfora* é a seguinte: a diminuição de uma das pistas de corrida é associada à contração do espaço, que ocorre como consequência da impossibilidade de se ultrapassar a velocidade luz.

Atividade 4 em Grupo (40 min):

É proposta neste momento outra atividade impressa¹⁸ com os mesmos grupos. Parte de uma das situações-problema está representada a seguir:

Questão 3 - Imagine uma nave espacial que está com uma velocidade muito próxima da velocidade da luz. E ela quer destruir um disco voador a sua frente com míssil veloz. [...] Já que segundo a Teoria Relativística de Einstein, nenhum objeto pode ultrapassar a velocidade da luz, o que vai acontecer com o movimento do míssil do seu referencial?

Encontro 7 – Correção de Atividade, Atividade 5 em Grupo, Discussão coletiva

Correção da Atividade 4 em Grupo (20 min):

Esta correção é guiada por *slides*¹⁹. Com eles, ao mesmo tempo que se corrige a Atividade 4 em Grupo, compara-se as duas teorias sobre o Movimento, Clássica e Relativística, em algumas situações-problema. Deve-se manter a postura de diálogo, “provocativa”, compartilhando significados científicos.

Atividade 5 em Grupo (40 min):

A última atividade impressa²⁰ com os mesmos grupos é, aqui, proposta. Parte de uma das situações-problema está representada a seguir:

Questão 2 - Imagine um super trem que viaja perto da velocidade da luz e que possui um espelho no teto. Está neste trem uma aluna [...] e do lado de fora dele, um aluno da mesma turma. A estudante se agacha e acende uma lanterna apontando [...] em direção ao espelho [...]. A luz sai da lanterna, reflete e volta em direção à frente da lanterna. O aluno que está do lado de fora do trem [...] enxerga a [...] trajetória [da Figura 9].

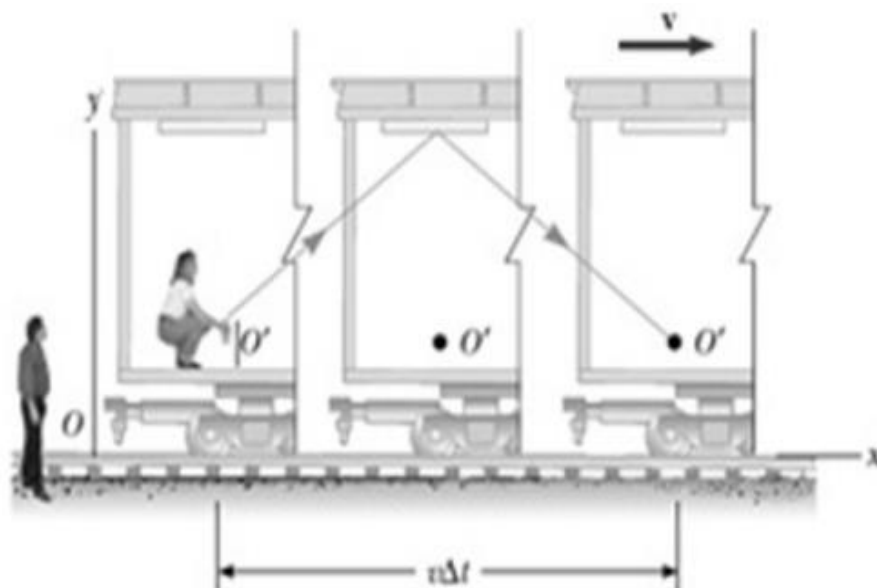
a) Para a Teoria Clássica, o que acontece com o movimento no referencial do lado de fora do ônibus? [...] b) Para a Teoria Relativística de Einstein, o que acontece com o movimento no referencial externo ao trem?

Figura 9 - Trajetória da luz no trem em movimento

¹⁸ Disponibilizada pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/1WQrGv1WHZhGqVGlmYcjkgrX5p0qim3Ej/view?usp=share_link.

¹⁹ Disponibilizados pelo autor através do link: https://docs.google.com/presentation/d/1LefSOaGrVTpy9FIMTurxbA7cswcTPieH/edit?usp=share_link&oid=112504735839737740130&rtpof=true&sd=true.

²⁰ Disponibilizadas pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/1ZTtSWwuCazfhVYZy85FIsjBpofxkfjIm/view?usp=share_link.



Fonte: Souza (2023)

Discussão Coletiva (40 min):

Neste mesmo encontro, discute-se com os grupos o que responderam em cada questão, corrigindo coletivamente os ajustes necessários.

Encontro 8 – Avaliação somativa, Discussão coletiva, Avaliação das aulas

Avaliação Somativa (60 min):

Este é o momento da avaliação somativa individual impressa²¹ sobre os assuntos trabalhados ao longo de toda esta UEPS. A seguir, parte de uma das situações-problema:

Questão 2 – Imagine que você esteja do lado de dentro do ônibus escolar com velocidade de 80 km/h na pista. Você está no corredor no fundo do ônibus [...] e lança uma garrafinha d'água para frente e ela sai da sua mão com uma velocidade [...] e vai até próximo do vidro da frente do ônibus. [...] imagine que esse ônibus escolar estivesse próximo da velocidade da luz. Essa situação mudaria algo em relação a como aconteceu o lançamento da garrafa? Explique sua resposta.

Discussão Coletiva (25 min):

Se possível, organiza-se as carteiras da sala em semicírculo e é feita uma discussão prévia com a turma sobre o que responderam em cada questão, apontando erros e acertos.

Avaliação das Aulas (15 min):

Este é o momento da avaliação individual²² que cada aluno/a dará sua opinião sobre como foram as aulas, para o/a professor/a avaliar o que pode melhorar.

²¹ Disponibilizada pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/1EhuZcOmn9ug40iW5BTjJwRfX5gTkjt1a/view?usp=share_link.

²² Disponibilizada pelo autor através do link: https://drive.google.com/file/d/1TNunePP9-3xv7bADbSuakMoVTYNYnc8K/view?usp=share_link.

Ressalta-se que a sequência de passos apresentada não precisa ser “engessada”. Pode-se fazer modificações necessárias, adaptando-se ao desempenho da turma em que está implementando.

5 Considerações Finais

O produto educacional desenvolvido está estruturado segundo a UEPS, tendo, como um dos instrumentos, a experimentação pela plataforma Arduino e demais itens das TDICs. A UEPS fornece subsídios para buscar evidências de aprendizagem significativa sobre o conceito de Movimento, segundo a teoria da Cinemática Clássica e da Cinemática Relativística seguindo os procedimentos metodológicos apresentados pelo produto educacional.

Os resultados advindos pela aplicação deste produto educacional mostram evidências de aprendizagem significativas em cada um dos passos abordados pela UEPS. Este produto faz articulação entre o tema, o aspecto metodológico com desenvolvimento e aplicação de um experimento pela plataforma Arduino, culminando assim, na apresentação de um produto educacional para estudo de conceitos. Precisamente, sobre movimento, relativos à mecânica clássica e relativística.

Outro aspecto relevante do produto educacional é o uso da experimentação com a plataforma Arduino para o ensino de TRE, o que, a princípio, seria muito complicado, pois realizar uma medida por um aparato experimental que detecte qualquer efeito relativístico, como contração do espaço ou dilatação do tempo é bastante complexo para se realizar, já que seria necessário utilizar de um aparato mais robusto e de alta tecnologia. Por tudo isto, demorou-se tanto para se desenvolver a Teoria da Relatividade. Assim, utilizar o experimento supracitado para se fazer uma metáfora ou analogia sobre a Teoria da Relatividade Especial foi uma estratégia para “driblar” esta limitação, e, assim, trazer toda a motivação e atenção que este recurso proporcionou para o ensino da Relatividade, evidenciando sua contribuição na predisposição dos estudantes ao aprendizado significativo. O que foi mostrado durante o desenvolvimento deste trabalho.

Quanto à parte dos procedimentos didáticos metodológicos em que se propôs atividades em grupo para resolução de situações-problema na implementação desta UEPS, mostrou-se eficaz no sentido de que colaborou para que os estudantes não utilizassem de respostas mecanicistas. Interpretando os relatos de muitos estudantes, a troca de significados contribuiu na aprendizagem. Em cada etapa desenvolvida foi possível identificar, nas respostas elaboradas pelos estudantes, as devidas articulações entre as teorias de aprendizagem significativa citadas no trabalho. Este ponto foi importante no aspecto metodológico, pois permitiu dar prosseguimento ao desenvolvimento e aplicação das etapas da UEPS de forma concisa e segura.

Dessa forma mostra-se ser viável trabalhar Cinemática com Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade Especial, simultaneamente, na 1ª série do Ensino Médio regular, aplicando-se o método utilizado. Entende-se que o conceito de movimento abordado na perspectiva das duas teorias promove a ampliação deste conceito, não o restringindo apenas às concepções da mecânica clássica. Mais do que isso, promove uma aprendizagem crítica ao se comparar os conceitos.

E assim, alinhado com a UEPS implementada, apresenta-se um produto educacional consistente que atende às necessidades docentes na abordagem de conteúdos de Física Moderna funcionando como um suporte educativo articulador dos conceitos de movimento na perspectiva da mecânica clássica e relativística.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB. Acesso em 26 ago., 2023, http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf

Buse, A. (2014). *Um Olhar Diferenciado sobre a Cinemática no Ensino Médio: Uma Abordagem Praxeológica Das Tarefas* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129341/329794.pdf>

Chalmers, A. F. (1993). *O que é ciência afinal?*. São Paulo: Brasiliense.

Lima, G. M. (2018). *Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com o aplicativo TRE Einstein para ensinar a Relatividade Especial* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27052/1/Unidadeensinopotencialmente_Lima_2018.pdf

Martins, C. O. (2019). *Desenvolvimento e Análise de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5300/5/Claudineia_de_Oliveira_Martins_2019.pdf

Martins, C. O. & Zara, R. A. (2018, maio). A Utilização do jogo a Slower Speed Of Light para ensinar conceitos de Relatividade Restrita. *IV Encontro Regional De Ensino De Física: perspectivas e desafios para o ensino de física*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 4. Acesso em 26 ago., 2023, <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/45798/pdf>

Merlim, V. S. & Merlim, R. S. (2020, Agosto). Análise de uma Unidade Potencialmente Significativa com Abordagem Teatral com a Temática Relatividade Especial. *Anais do Congresso Online Nacional de Ensino de Química, Física, Matemática e Biologia*, Goiânia, GO, Brasil. Online. Acesso em 26 ago., 2023, <https://cdn.congresso.me/mf8wpi0ljmn91271936vbht68bcp>

Mohr, A., Araújo, M. F. F., & Silva, M. G. L. (Orgs.). (2012). *Temas de ensino e formação de professores de ciências*. Natal: EDUFRRN.

Moreira, M. A. (2011). Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*. Acesso em 26 ago., 2023, https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf

Moreira, M. A. (2017). Grandes desafios para o ensino de física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*. Acesso em 26 ago., 2023, <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725>

Moreira, M. A. (2019). *Teorias de Aprendizagem*. 2 ed. São Paulo: E.P.U.

Oliveira, É. R. (2020). *Quiz com Aplicativo Socrative para o Desenvolvimento dos Conceitos De Física Moderna* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil.

Acesso em 26 ago., 2023, <https://docplayer.com.br/210853170-Quiz-com-aplicativo-socrative-para-o-desenvolvimento-dos-conceitos-de-fisica-moderna.html>

Peduzzi, L. O. Q. (2006). Sobre Continuidades e Descontinuidades no Conhecimento Científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino* (pp. 59-83). São Paulo: Livraria da Física.

Reinert, J. E. (2020). *Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma abordagem com auxílio de Recursos Digitais* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, SC, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/215924/PPEF-B0008-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodrigues, C. D. O. & Oliveira, M. P. (1999). *A abordagem da Relatividade Restrita em livros didáticos do Ensino Médio e a Transposição Didática*. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Valinhos. Sessões de Discussão... Porto Alegre: UFRGS, p. 1-12. Acesso em 26 ago., 2023, <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ienpec/Dados/trabalhos/G09.pdf>

Silva, L. R. (2020). *Espaço-Tempo em Mecânicas: Crítica à abordagem usual dos livros didáticos e uma proposta de UEPS para o Ensino Médio* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39248>

Silva, W. A. T. (2018). *Simetrias e Leis De Conservação: Uma Proposta para o Ensino Médio* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/8074>

Sobrinho, P. R. F. S. (2021). *Sequência Didática para o Ensino Médio Sobre o Tempo: Breves implicações filosóficas sobre o tempo e a Teoria da Relatividade Restrita* (Dissertação de mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/922>

Soeiro, J. R. G., Alvarenga, F. G., & Silva, L. F. E. (2022). *UEPS Sobre o Estudo da Cinemática no Diagrama Espaço-Tempo em Nível De Ensino Médio*. In: Encontros Integrados em Física e seu Ensino, Brasília, p. 572-580. Acesso em 26 ago., 2023, <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/46020/35164>

Souza, A. N. (2023). *Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de Cinemática Relativística no Ensino Médio que utiliza plataforma Arduino e TDICs* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, Brasil. Acesso em 26 ago., 2023, <http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2023/08/Dissertação-MNPEF-Ayrton-Souza-Versão-final-corrigida-1.pdf>