

Xx4



**MNPEF** Mestr:  
Profis  
Ensin

**TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO  
CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO**

**Manaus  
2024**

**RAIMUNDO WAGNER PEREIRA MENDES**

**TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO  
CIENTÍFICA COMO RECURSO DIDÁTICO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 4, IFAM-UFAM, pertencente à Linha Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva**  
**Orientador**

**Manaus**  
**2024**

**Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro**

---

M538t Mendes, Raimundo Wagner Pereira.

Teoria da relatividade restrita de Einstein para alunos do ensino médio utilizando filmes de ficção científica como recurso didático / Raimundo Wagner Pereira Mendes. – Manaus, 2024.

157 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva.

1. Teoria da relatividade. 2. Sequência didática. 3. Aprendizagem significativa. I. Silva, Márcio Gomes da. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.11

---

**TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN PARA ALUNOS DO  
ENSINO MÉDIO UTILIZANDO FILMES DE FICÇÃO CIENTÍFICA COMO  
RECURSO DIDÁTICO**

**Raimundo Wagner Pereira Mendes**

**Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva**

**Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Amazonas e Universidade Federal do Amazonas no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.**

Aprovada por:

---

Dr.

---

Dr.

---

Dr.

Manaus – Am  
2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha amada esposa Paula Mendes, minha sogra Maria do Carmo, meu sogro Paulo de Jesus, meus pais Nazareno e Marly Mendes, minha filha Deborah Mendes, meu filho Guilherme Mendes, e a todos meus alunos. Sem o apoio de vocês eu não teria vencido esta batalha.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por ter me dado uma nova oportunidade de concluir esse mestrado. Quando minha fé já estava abalada, Ele mostrou-me que é fiel o tempo todo.

Aos meus pais, pelos ensinamentos e exemplos de vida que me dão sempre, minha eterna gratidão pelo amor a mim demonstrado e pelos incentivos na minha trajetória.

À minha esposa amada, pela paciência nos momentos de maiores tribulações, pela força para não me deixar enfraquecer, pela sua dedicação à nossa família e pelo seu amor por mim e pelos nossos filhos.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – Polo 4 – IFAM / UFAM, pelos exemplos a mim passados quanto aos seus profissionalismos e dedicação na arte de ensinar, levarei para minha vida.

Ao Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva, por toda a confiança depositada em mim durante todo o processo desta dissertação, a sua orientação foi fundamental para esse trabalho.

À FAPEAM, pelo importante incentivo financeiro através da bolsa de mestrado concedida.

À Secretaria de Educação do Estado do Amazonas, por ter tornado possível, através de um contrato de professor por Processo Seletivo Simplificado, a minha lotação numa escola pública na cidade de Manaus.

À Direção do Colégio Militar da Polícia Militar I, pela oportunidade a mim concedida de aplicar meu produto educacional nesta instituição.

E aos meus queridos alunos da 2ª Série, turma 5, do ano letivo de 2023 do Colégio Militar da Polícia Militar I, pelo interesse demonstrado na aplicação do meu produto educacional, vocês são a prova viva de que é possível alcançarmos uma educação de excelência.

A todos, minha eterna gratidão!

## RESUMO

A teoria da relatividade restrita, desenvolvida pelo físico Albert Einstein, considera que o tempo e o espaço estão intrinsecamente relacionados. De acordo com a teoria da relatividade restrita, as velocidades próximas à da luz, o tempo e o espaço passam a ser relativos. A proposta deste trabalho é utilizar uma estratégia de ensino que facilite a compreensão desses conceitos através de uma sequência didática utilizando o entretenimento como ação facilitadora e significativa com a apresentação dos filmes de ficção científica, *Interestelar* (2014) e *Planeta dos Macacos* (1968), aclamados pelos críticos de cinema, os quais apresentam com clareza os fundamentos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. O produto educacional foi aplicado numa turma da 2ª Série do ensino médio de uma escola da rede pública estadual na cidade de Manaus-AM. Tendo como base teórica a aprendizagem significativa de Ausubel, o filme foi exibido em consonância com a apresentação dos postulados de Einstein e alguns conceitos da Teoria da Relatividade Restrita para que acontecesse exatamente o confronto do senso comum com o estudo da ciência para que os alunos conseguissem perceber a importância da construção do conhecimento físico como parte significativa no processo de aprendizagem. Os dados coletados foram analisados qualitativamente e, como produto educacional, apresentamos um texto de apoio ao professor que desejar utilizar filmes com abordagem investigativa para o ensino de conceitos científicos.

**Palavras-chave:** Teoria da Relatividade Restrita; Sequência didática; Aprendizagem significativa; Filmes de ficção científica.

## **ABSTRACT**

The theory of restricted relativity, developed by physicist Albert Einstein, considers that time and space are intrinsically related. According to the theory of special relativity, at speeds close to that of light, time and space become relative. The purpose of this work is to use a teaching strategy that facilitates the understanding of these concepts through a didactic sequence using entertainment as a facilitating and meaningful action with the presentation of science fiction films, *Interstellar* (2014) and *Planet of the Apes* (1968), acclaimed by film critics, which clearly present the foundations of Einstein's Special Theory of Relativity. The educational product was applied to a 2nd grade high school class at a state public school in the city of Manaus-AM. Having Ausubel's significant learning as its theoretical basis, the film was shown in line with the presentation of Einstein's postulates and some concepts from the Special Theory of Relativity so that the confrontation between common sense and the study of science could take place, so that students could achieve realize the importance of building physical knowledge as a significant part of the learning process. The data collected was analyzed qualitatively and, as an educational product, we present a text to support teachers who wish to use films with an investigative approach to teaching scientific concepts.

**Keywords:** Special Theory of Relativity; Following teaching; Meaningful learning; Science Fiction Movies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da posição do ponto P em relação a um sistema de referência inercial R. ....	47
Figura 2: Representação de dois sistemas inerciais de referência R e R'.....	48
Figura 3: Representação da velocidade de P em relação a R'; da velocidade de R em relação a R' e da velocidade de P em relação a R.....	48
Figura 4: Representação do sistema de coordenadas R e R', de eixos paralelos em referenciais inerciais distintos.....	51
Figura 5: Esquema da reflexão de um sinal luminoso no teto de um vagão de um trem que se descola com velocidade v, visto por um observador no seu interior.....	55
Figura 6: Esquema da reflexão de um sinal luminoso no teto de um vagão de um trem que se desloca com velocidade v, visto por um observador exterior. ....	56
Figura 7: Representação do comprimento próprio de um trecho de estrada. ....	57
Figura 8: Observação feita por um aluno ao lado da oitava questão do questionário de conhecimento prévio .....	73
Figura 9: Resposta da oitava questão dada pelo aluno B .....	75
Figura 10: Resposta da oitava questão dada pelo aluno C .....	75
Figura 11: Resposta da oitava questão dada pelo aluno D.....	76
Figura 12: Resposta da oitava questão dada pelo aluno E .....	76
Figura 13: Aplicação da primeira aula .....	79
Figura 14: Início da exibição do filme Interestelar (2014).....	81
Figura 15: Representação dos alunos respondendo ao questionário final.....	86
Figura 16: Resposta da equipe do aluno GO para a primeira questão .....	87
Figura 17: Resposta da equipe do aluno IM para a primeira questão .....	88
Figura 18: Resposta da equipe do aluno AL para a segunda questão.....	88
Figura 19: Resposta da equipe do aluno MP para a segunda questão.....	89
Figura 20: Resposta da equipe do aluno GO para a quinta questão.....	90
Figura 21: Resposta da equipe do aluno GO para a sexta questão .....	91
Figura 22: Resposta da equipe do aluno AB para a sexta questão.....	92
Figura 23: Resposta da equipe da aluna IM para a sétima questão .....	93
Figura 24: Resposta da equipe da aluna AL para a sétima questão .....	93
Figura 25: Resposta da equipe da aluna AL para a oitava questão .....	94

Figura 26: Resposta da equipe da aluna IM para a oitava questão .....	94
Figura 27: Resposta da equipe do aluno GO para a nona questão .....	95
Figura 28: Resposta da equipe da aluna AL para a décima questão .....	96
Figura 29: Resposta da equipe do aluno AB para a décima questão.....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Respostas da primeira questão.....	68
Gráfico 2: Respostas da segunda questão.....	69
Gráfico 3: Respostas da terceira questão.....	70
Gráfico 4: Respostas da quarta questão.....	71
Gráfico 5: Respostas da quinta questão.....	72
Gráfico 6: Resposta da sexta questão.....	73
Gráfico 7: Respostas da sétima questão.....	74
Gráfico 8: Respostas da nona questão.....	77
Gráfico 9: Respostas da décima questão.....	78

# SUMÁRIO

Capítulo 1: INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	13
1.1 Introdução.....	13
1.2 Justificativas.....	17
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo Geral.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
Capítulo 2: REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	21
2.2 A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	24
2.3 A importância do Ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein no Ensino Médio.....	27
2.4 A utilização de filmes como ferramenta pedagógica.....	29
2.5 O Uso de filmes no ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.....	31
Capítulo 3: FICÇÃO CIENTÍFICA.....	33
3.1 Onde podemos encontrar a Ficção Científica?.....	37
3.2 A influência da ciência na ficção.....	38
3.3 O uso da ficção científica no ensino de física clássica e contemporânea.....	39
3.4 A realidade na ficção científica.....	41
Capítulo 4: A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN.....	43
4.1 Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita.....	45
4.2 As transformações de Galileu.....	46
4.3 As transformações de Lorentz.....	50
4.4 Dilatação temporal.....	55

4.5	Contratação Espacial.....	57
4.6	Massa Relativística.....	58
	Capítulo 5: METODOLOGIA .....	61
5.1	Metodologia de aplicação do produto educacional.....	63
5.2	Aplicação do produto educacional e análise dos resultados.....	66
5.2.1	Apresentação da sequência didática .....	66
5.2.2	Análise das respostas do questionário de conhecimento prévio dos alunos ..	67
5.3	Aplicação da Sequência Didática .....	78
5.3.1	Primeira Aula .....	78
5.3.2	Segunda Aula .....	80
5.3.3	Terceira Aula .....	81
5.3.4	Quarta Aula.....	82
5.3.5	Quinta Aula .....	82
5.3.6	Sexta Aula .....	83
5.3.7	Sétima Aula .....	83
5.3.8	Oitava Aula .....	86
5.4	Análise das aprendizagens através do questionário de assimilação dos assuntos abordados.....	86
	Capítulo 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	97
	REFERÊNCIAS.....	100
	APÊNDICES.....	103
	APÊNDICE A: Produto Educacional.....	104
	APÊNDICE B: Questionário de Conhecimentos Prévios.....	152
	APÊNDICE C: Questionário Para Avaliação dos Conhecimentos Adquiridos.....	155

# Capítulo 1: INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

## 1.1 Introdução

A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein é um marco para a Física Moderna. Tornou-se uma das mais importantes teorias desenvolvidas no século XX, pois provocou uma verdadeira revolução na maneira de como pensávamos sobre espaço, o tempo e a gravidade. Seu estudo é muito importante para o desenvolvimento de tecnologias utilizadas hoje, como o GPS por exemplo, também é fundamental para aplicação na área da Energia Nuclear e até mesmo na área da Medicina, dentre outras áreas.

A introdução do ensino de física moderna na educação básica é de suma importância, pois é através desses conhecimentos que os estudantes terão uma visão diferente dos fenômenos que nos cercam. A busca por mais entendimento através dos estudos será essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos.

Porém, educação brasileira encontra grandes obstáculos que resultam numa defasagem que envolve uma série de problemas na parte histórica, política, cultural e econômica. Apesar de ser garantida pela Constituição brasileira, o acesso à educação ainda apresenta uma grande desigualdade. Muitas crianças, jovens e adultos, ainda encontram uma dificuldade muito grande para ter acesso a um ensino de qualidade por vários motivos como falta de transporte escolar adequado, falta de uma infraestrutura adequada nas escolas, dentre outros problemas. A baixa qualidade de ensino está relacionada com a falta de professores qualificados, a falta de recursos didáticos que possam facilitar a aprendizagem, a falta de investimento no setor de pesquisa e desenvolvimento e a desatualização dos currículos escolares. Além do mais, o Brasil é um país continental, apresenta uma grande desigualdade social e econômica, e isso está claramente refletido na educação, pois a diferença de aprendizado de uma escola da periferia de uma grande cidade é diferente do sistema de aprendizagem de uma grande escola privada localizada numa área nobre, ou seja, uma criança rica tem mais acesso a uma educação de qualidade que uma criança pobre, e não podemos deixar de levar em conta essa situação quando nos referimos aos obstáculos que encontramos para levar a sociedade uma educação de qualidade. Diante de todos esses aspectos fica notório

a dificuldade de fazer com que todos tenham um acesso satisfatório do ensino de Física na educação básica. Apesar de todos os esforços em formular vários livros didáticos para melhorar o entendimento dos alunos, a realidade em sala de aula é preocupante. O fato é que todos os fatores supracitados, além da má remuneração de professores, a falta de recursos pedagógicos, a superlotação em sala de aula, dentre outros problemas, torna o ensino de Física algo pobre de conteúdo e conseqüentemente resulta numa aprendizagem deficiente de conteúdos ultrapassados.

O ensino médio deve trazer a importância da competência investigativa para resgatar a possibilidade de questionamento dos estudantes para conhecer melhor o mundo onde vivemos através da ciência. Porém a realidade é que os alunos ficam presos a conceitos e fórmulas matemáticas que são apresentadas de forma desarticulada, a exercícios repetitivos que estimulam apenas a memorização de uma forma automatizada. Desta forma, o aluno não tem acesso a história por trás de cada conceito e fórmula, ficando restringido apenas a um conhecido parcial e estruturado apenas para passar no vestibular. (ROCHA et. al. 2017, p. 51).

Oliveira et. al. (2007) realizou um trabalho com professores do ensino médio de escolas públicas e privadas na cidade do Rio de Janeiro, onde fazia os seguintes questionamentos aos professores: Você já trabalhou com tópicos da Física Moderna, como por exemplo, as radiações eletromagnéticas? Quais tópicos já foram abordados? (Caso seja “não” a resposta: você gostaria de trabalhar com esses tópicos? Através desse trabalho ficou evidente que os professores apesar de nunca terem trabalhado formalmente com tópicos da Física Moderna, alguns eram bastante favoráveis que os alunos do ensino médio tivessem acesso a essa parte da Física. Outros apontam exatamente os problemas relacionados com a limitação do ensino como consequência, dentre outros, mas principalmente pela carga horária reduzida de Física no ensino público. ROCHA et. al. 2017, p. 53).

A importância do ensino de física no ensino médio consiste no fato de que é de extrema necessidade o acesso destes conteúdos aos alunos do ensino médio para que se possa ter a noção de como as tecnologias atuais funcionam. Assim, o sistema educacional brasileiro tem um grande desafio pela frente, alguma mudança tem que ser feita para que essa situação seja mudada, porém sabemos que esse processo será a longo prazo.

Brasil (2017). Lei 13.415 de 16 de fevereiro de 2017 regulamenta a reforma do Ensino Médio que promove mudanças radicais na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), e passou a valer a partir do ano letivo de 2022, assim a implementação do novo Ensino Médio entra no segundo ano de implementação, disciplinas como Educação Financeira, Projetos de Vida, Cultura Digital e Projetos Integradores, tornaram-se obrigatórias na nova grade curricular. Projetos Integradores, por exemplo, consiste numa disciplina que contempla uma dimensão integrada entre áreas de conhecimento que tem como finalidade a contextualização dos conteúdos do currículo escolar afim de estimular a curiosidade e o interesse do aluno através da interdisciplinaridade.

A Resolução CNE/CP n. 2/2019 é uma normativa brasileira estabelecida pelo Conselho Nacional de Educação foi publicada em 20 de dezembro de 2019 que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior de professores para atuarem na educação básica, assim como institui a Base Nacional Comum para a formação inicial de professores da educação básica a ser implementada em todas as modalidades dos cursos destinados a formação docente (BRASIL, 2019).

Esta resolução define também os objetivos do ensino médio, incluindo a formação integral do estudante, preparo para o trabalho e a cidadania. Estabelece uma estrutura curricular com base nas áreas de conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso. Define as competências gerais que os estudantes devem desenvolver, como resolução de problemas, comunicação e trabalho em equipe. Permite uma abordagem flexível, permitindo que as escolas adaptem os currículos às necessidades locais. Estabelece diretrizes para avaliação contínua e formativa. Todas essas diretrizes visam melhorar a qualidade do ensino médio, além de fomentar o desenvolvimento integral dos estudantes. Assim, esta resolução é um marco importante na reformulação do ensino médio no Brasil, buscando adequar a educação às necessidades do século XXI. Uma das competências gerais docentes que mais se destaca para o desenvolvimento deste projeto é a que define que o docente deve pesquisar, investigar, refletir, realizar análise crítica, usar a criatividade e buscar soluções tecnológicas para selecionar, organizar e planejar práticas pedagógicas desafiadoras, coerentes e significativa (BRASIL, 2019). Esta competência

estabelece uma conexão importantíssima para o desenvolvimento da metodologia utilizada neste trabalho que é desenvolver o aprendizado da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein através de filmes de ficção científica.

Apesar de ainda ser objeto de debate na comunidade escolar, esse novo método do Ensino Médio brasileiro já começou a ser implementado nas escolas públicas e foi aproveitando essa linha de aprendizagem que esse projeto propôs uma diferente forma de interação entre os estudantes, professores e objeto de estudo para que se buscasse alternativas mais atrativas ao ensino da física, tendo em vista, como já foi falado, a metodologia utilizada em sala de aula tornou-se ultrapassada, de forma que o interesse demonstrado pelos alunos durante as aulas transformou-se num fator de muita relevância no processo de ensino e aprendizagem. O grande desafio aqui é trazer de volta o prazer em estudar e explorar o mundo científico que nos rodeia, buscar uma forma convincente e satisfatória de levar utilizando uma sequência didática, o tema proposto neste projeto, a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, será amplamente explorado através dos Projetos Integradores com a ideia de passar conhecimento suficiente para que os estudantes consigam estabelecer uma diferença entre ciência e ficção científica, assistindo a filmes aclamados pelo público amante do cinema que retratam muito bem essa teoria, aproveitando o interesse e entusiasmo com jogos, livros e filmes que tratam de ficção científica. Vamos explorar ao máximo essa metodologia de ensino afim de propor discussões e debates em atividade em grupo até para disponibilizar a oportunidade de interação entre os alunos, e conseqüentemente, alcançar nosso objetivo que é levar ao conhecimento dos alunos do Ensino Médio a Física Moderna, com a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, através de aulas mais atraentes e compreensivas, amenizando assim as dificuldades encontradas no ensino de física.

Este trabalho tem como base vários trabalhos elaborados para a introdução da Teoria da Relatividade de Einstein para os alunos do Ensino Médio, claro que levando em conta a idade e o conhecimento prévio dos alunos, os trabalhos foram escolhidos com o nível de complexibilidade compatível, porém, demonstrando a importância deste estudo para explorarmos a Física Moderna.

Piasse (2007), por exemplo, na sua tese: Contatos – A ficção científica no ensino de ciência em um contexto sociocultural, trouxe a possibilidade de ensinar

ciência através da ficção científica. No entanto, este trabalho abrangeu uma maneira generalizada de utilizar este recurso em sala de aula através de livros e filmes.

Santos (2019), é outro exemplo de trabalhos que serviram como base, através de sua dissertação: *A Teoria da Relatividade Restrita Em Uma Sequência de Ensino Potencialmente Significativa Com Uso de Histórias em Quadrinhos*, apresenta uma metodologia para o ensino da Física Moderna através da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein utilizando a produção história em quadrinhos por alunos do ensino médio. Vale ressaltar que esse trabalho também foi elaborado para o mestrado da MNEPF e que diferencia deste trabalho é somente a metodologia aplicada.

Santos (2020), através de seu artigo publicado no VII Congresso Nacional de Educação objetivou desenvolver instrumentos conceituais para a criação de atividades através do uso de filmes de ficção científica para o ensino da Física Moderna com a Teoria da Relatividade Geral, visando contribuir para a construção de uma alfabetização científica. O referido trabalho contribuiu muito para verificação de como filmes de ficção científica possuem um potencial bastante diversificado como possibilidade didática para o ensino de ciência.

Todos esses estudos especificados acima tiveram uma importância muito grande para a formulação deste projeto, sendo através da metodologia utilizada ou da necessidade de se buscar recursos didáticos mais interessantes para os alunos do ensino médio, afim de trazê-los para a sala de aula com uma nova concepção da importância do ensino da Física e conseqüentemente, uma nova visão dos fenômenos que acontecem no mundo que os cercam, dando a chance de se conhecer mais os objetivos e o funcionamento das tecnologias atuais que tenham como base científica a Física Moderna.

## **1.2 Justificativas**

A introdução da Física Moderna no Ensino Médio através da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein é uma proposta justificada por vários fatores importantes para a formação intelectual dos alunos, que vão desde a relevância da ciência até a possibilidade de formar uma visão crítica dos fenômenos que acontecem ao seu redor, pois essa teoria não é apenas um marco da física que mudou a forma de pensar da humanidade, mas também um elemento primordial

para a compreensão de fenômenos contemporâneos que justificam o funcionamento de tecnologias atuais, como o GPS e a física de partículas. O acesso oferecido aos alunos desses conceitos é fundamental para que se possa entender a ciência aplicada diretamente nas suas vidas cotidianas e nas tecnologias que utilizam. O ensino dessa parte da Física Moderna proporciona um espaço para que os alunos desenvolvam efetivamente habilidades críticas e analíticas, desafiando noções intuitivas de como se entendia os conceitos de espaço e tempo, permitindo desta forma, que eles busquem explorar conceitos fundamentais da Física, adquirindo um aprendizado mais profundo e significativo.

O Ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein é capaz de despertar o interesse do estudo da Física Moderna por parte dos alunos, assim, buscando prender a atenção dos alunos, as aulas podem ficar mais dinâmicas e envolventes. A abordagem de temas como a dilatação do tempo e a contração do espaço pode ser feita através de várias ferramentas pedagógicas, dentre elas a utilização de filmes de ficção científica que explorem esses conceitos de forma responsável e mais próxima da realidade, o que pode tornar o aprendizado mais atrativo.

Diante do exposto, é fato que temas como o proposto neste projeto é muito difícil de ser trabalhado, ou até mesmo, não ser visto nos conteúdos ministrados no Ensino Médio. Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), podemos destacar:

[...] A discussão sobre a necessidade de atualização curricular, com base nas pesquisas analisadas, parece constituir um assunto esgotado. Os principais problemas que surgem dessa análise referem-se ao 'como fazer', a fim de que os tópicos de FMC não se tornem apenas mais um "tópico problemático" num currículo que necessita de uma reforma urgente.

O caráter formativo desses tópicos deve ser priorizado e faz-se necessário buscar propostas que fujam da mera formalidade do assunto, a fim de que não sejam inseridos como pontos isolados em um currículo que já é bastante extenso. (OLIVEIRA, VIANNA, GERBASSI, 2007, p. 448 e 449).

De um modo geral, a Física é ensinada em sala de aula de uma forma mecânica apenas com a preocupação de apresentar fórmulas matemáticas para que sejam memorizadas e aplicadas nas resoluções das questões apenas com a substituição dos dados dos enunciados, de tal maneira que o objetivo principal do aprendizado não é alcançado, ou seja, a fundamentação física que há por trás das fórmulas não é compreendida e muito menos discutidas. Sobre esse fato, Lopes (2007) menciona:

[...] as aulas de Física (essencialmente expositivas, rotineiras e despersonalizadas) não passam de um monólogo (onde a participação do aluno quase não existe), com um 'script' que apela para a memorização de fórmulas, resolução de exercícios repetitivos que não acrescentam novos significados para os conteúdos dos assuntos em estudo (LOPES, 2009, p. 45).

Neste contexto, a introdução da Teoria da Relatividade Restrita no ensino médio utilizando filme de ficção científica como recurso pedagógico é uma proposta transformadora que vai além do simples ensino de conceitos da Física Moderna. O acesso a essa parte da Física desperta nos alunos a curiosidade pelos temas e prepara-os para serem cidadãos críticos e informados pertencentes a uma sociedade cada vez mais complexa e tecnológica. Alinhando-se às diretrizes curriculares a respeito da Física Moderna, outros professores podem utilizar a metodologia proposta neste projeto para aplicar em suas aulas a fim de tornar o ensino de física mais relevante e instigante. Assim, ao explorar os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, estamos não apenas ensinando ciência, estamos formando alunos com pensamentos críticos preparados para enfrentar os desafios do século XXI.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Introduzir a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein através de uma sequência didática para estudantes da segunda série do Ensino Médio utilizando filmes de ficção científica como ferramenta pedagógica.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Abordar conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein;
- Apresentar estes conceitos usando uma abordagem que transforme as aulas numa atividade prazerosa e incentivadora para futuros estudos.

## Capítulo 2: REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico adotado para nortear este trabalho é a teoria de aprendizagem de David Paul Ausubel, que consiste na importância do conhecimento prévio do aluno como fator mais relevante para sua aprendizagem subsequente, ou seja, a aprendizagem do aluno terá como base principal o que o ele já sabe. Ausubel nasceu em 1918 na cidade de Nova York, graduado em psicologia, seus estudos foram voltados para o campo de psicologia do desenvolvimento e psicologia educacional. (AUSUBEL, 2023)

Segundo Ausubel (1980), a aprendizagem significativa depende da relação entre o conhecimento prévio do aluno com o novo conhecimento, ou seja, as novas informações que o aluno recebe são integradas num processo de conhecimento já existente e não aprendidas de uma forma isolada. A importância desse conhecimento prévio do aluno para a aprendizagem deve ser levada em consideração pelos professores que devem montar um esquema de forma que integre os novos conhecimentos com os anteriores. A aprendizagem por conceitos ocorre através de duas maneiras: formação e assimilação.

Na formação de conceitos, a características desses conceitos são adquiridos através de uma experiência direta em etapas específicas que garantam uma aquisição novas ideias, assim novos conceitos são adquiridos através da assimilação de conceitos que reforçam os subsunçores. Desta forma, este projeto terá a teoria de Ausubel como referência norteadora, aplicando exatamente esta aprendizagem de assimilação. Através das etapas específicas apresentadas aos alunos durante as aulas da sequência didática, eles irão analisar e incorporar aos conceitos antigos novas ideias, formando assim um novo conceito.

Moreira e Masini (1982) afirmam que para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que um novo conhecimento interaja com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. (MOREIRA E MASINI, 1982, p.7)

Segundo Moreira e Masini (1982), na teoria de Ausubel, é necessário fazer uma distinção entre tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, que é aquela em que o estudante organiza na mente de forma organizada tudo o que aprende, e esse complexo organizado é chamado de estrutura cognitiva. Já a aprendizagem afetiva é processada pelo estudante através de sinais internos que podem ser identificadas como prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e ansiedade, assim a aprendizagem afetiva pode vir junto com a cognitiva. Por isso essa teoria será bastante explorada neste projeto, tendo em vista que buscaremos passar os conhecimentos do tema proposto levando em conta esses dois tipos de aprendizagem, ou seja, vamos aproveitar o interesse pelo cinema, o prazer e a satisfação em assistir a filmes de ficção científica, buscando conciliar esses sentimentos com a aprendizagem apresentada.

## **2.1 Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa**

Segundo Ausubel (1980), a aprendizagem significativa depende da relação entre o conhecimento prévio do aluno com o novo conhecimento, ou seja, as novas informações que o aluno recebe são integradas num processo de conhecimento já existente e não aprendidas de uma forma isolada, ou seja, a aprendizagem é mais eficaz quando novas informações são relacionadas de forma substantiva com o conhecimento prévio do aprendiz, isso significa que a aprendizagem ocorre quando o novo conhecimento é integrado e relacionado de maneira significativa com o que o aprendiz já sabe, resultando em uma compreensão mais profunda e duradoura.

Segundo Moreira (2011), tendo como base a Teoria da Aprendizagem Significativa apresenta várias estratégias que possam facilitar o sucesso da aprendizagem significativa, tais como: somente a partir do que já se sabe é que possível se aprender significativamente; a utilização de organizadores prévios como uma forma de conexão entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio; o aluno deve demonstrar interesse em aprender significativamente usando um material de estudo potencialmente significativo.

O principal fator dessa teoria consiste no conhecimento que o aluno já sabe, ou seja, naquilo que ele já conhece. O professor deve basear-se no que o indivíduo já sabe e em cima dessa informação montar um esquema para seus ensinamentos. Dessa forma, o conhecimento prévio do aluno será o ponto de partida para a construção do novo conhecimento, identificando em que estágio o aluno se

encontra, para a partir daí, montar estratégias de ensino.

De acordo com Ausubel o ponto de partida para o recebimento de uma nova informação é exatamente o conhecimento prévio do indivíduo. Assim, esses conhecimentos que se tornaram relevantes para a nova aprendizagem, Ausubel denominou de conceito subsumo, ou seja, essas subsunções podem ser consideradas estruturas específicas que podem ser, por exemplo, um conceito, uma imagem, uma experiência, um símbolo, dentre outras. Referente a esses conceitos, Moreira e Masini (2006) argumentaram que a aprendizagem significativa ocorre quando:

[...] Uma nova informação ancora-se em subsunções relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (e assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA e MASINI, 2006, P.17).

Esse processo de recebimento de novas informações pelo indivíduo, ou seja, a ancoragem de novas ideias, tem como resultado a modificação ou crescimento dos conhecimentos já adquiridos anteriormente. Isso significa que as subsunções que existem na estrutura cognitiva do aluno podem ser desenvolvidas assim como podem ser limitadas dependendo de como esse conhecimento é ancorado e com que frequência a aprendizagem é efetivada. Então, podemos considerar que os novos conhecimentos podem provocar uma mudança dos conceitos subsunções iniciais, reestruturando-os de modo que possam ser usados como subsunções em novas situações de aprendizagem mais complexas. Isso nos propõe que essa interação entre os novos conhecimentos e os “novos subsunções” ocorre através de uma evolução dos conhecimentos do aluno.

Para Moreira (2011) o significado de subsumo refere-se a conceitos ou ideias menos inclusivos que são aprendidos antes de conceitos mais abrangentes. Eles servem como blocos de construção para a compreensão de conceitos mais complexos, seguindo uma hierarquia de aprendizado. São considerados subsunções elementos da estrutura cognitiva do indivíduo que irão dar sustentação para aquisição de novos conhecimentos. Assim, seguindo essa ideia, podemos considerar que o aluno só terá uma aprendizagem significativa se já existirem na sua mente conceitos subsunções capazes de relacionar-se com outros conceitos de forma que possa ser construído novos conhecimentos. Tal conhecimento pode ser

usado pelo professor para montar uma estratégia de ensino para abordagem de qualquer assunto, desde que seja identificado as subsunções mais relevantes existentes na estrutura significativa do aluno.

Usando uma abordagem construtivista, os conhecimentos prévios dos alunos que consistem nas suas experiências pessoais anteriores, sejam na escola ou fora dos âmbitos da escola devem ser considerados pelo professor com a intensão de usá-los como o ponto de partida na mobilização de novos conhecimentos (MIRAS, 2006).

Então, se não existir as subsunções da mente dos alunos, ou seja, o aprendiz está recebendo uma informação totalmente nova para ele, sem nenhuma ligação com o que já sabia, assim ocorrerá a aprendizagem mecânica que consiste na aquisição de um conhecimento totalmente novo através de memorização ou reprodução de informações sem uma compreensão profunda do seu significado ou conexão com conhecimentos prévios. Porém, para Ausubel, a aprendizagem significativa e a mecânica não poderiam trabalhar separadas e sim de uma forma contínua (MOREIRA, 2011). O aluno pode assimilar perfeitamente de uma maneira mecânica e mais tarde, em contato com uma aprendizagem significativa, relacionar com os conhecimentos prévios agora existentes. Para uma melhor abordagem desse conceito, Moreira (2011) assegura:

A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunções adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2011, p.32).

Moreira e Masini (2006, p. 19-20) afirmam que, à medida que a aprendizagem começa a se tornar significativa, essas subsunções vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. Dessa forma, a aprendizagem mecânica tem sua importância, tendo em vista que o aluno desenvolve os conceitos subsunções relevantes em sua estrutura cognitiva em aprendizagem significativa.

Segundo Moreira e Masini (1982), na teoria de Ausubel, é necessário fazer uma distinção entre tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, que é aquela em que o estudante organiza na mente de forma organizada tudo o que aprende, e esse

complexo organizado é chamado de estrutura cognitiva. Já a aprendizagem afetiva é processada pelo estudante através de sinais internos que podem ser identificadas como prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e ansiedade, assim a aprendizagem afetiva pode vir junto com a cognitiva. Por isso essa teoria será bastante explorada neste projeto, tendo em vista que buscaremos passar os conhecimentos do tema proposto levando em conta esses dois tipos de aprendizagem, ou seja, vamos aproveitar o interesse pelo cinema, o prazer e a satisfação em assistir a filmes de ficção científica, buscando conciliar esses sentimentos com a aprendizagem apresentada. Porém, é notório que a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein é tema complexo para o ensino médio por requerer um entendimento sólido de conceitos matemáticos, além disso, algumas ideias desafiam nossa intuição baseada na física newtoniana clássica. Compreender completamente essa teoria requer um entendimento do contexto histórico e científico em que foi desenvolvida, incluindo as limitações da física clássica e as observações experimentais que a teoria da relatividade veio explicar. Muitos conceitos são difíceis de visualizar e é necessária uma abordagem conceitual abstrata que pode ser desafiadora para os estudantes do ensino médio. A dificuldade encontrada pelos professores de passar esses conhecimentos e a escassez de conhecimento prévio dos alunos são os fatores principais para a ideia de realizar esse projeto e deixá-lo pronto para ser utilizados por outros professores interessados em inserir um assunto tão importante e envolvente utilizando a metodologia apresentada.

## **2.2 A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**

O ensino de Física na educação básica encontra uma dificuldade muito grande para ser difundida tendo em vista vários aspectos. Além da complexidade de alguns conceitos físicos serem de difícil entendimento por serem abstratos e por falta de uma base sólida em matemática e raciocínio lógico, temos que considerar outros fatores importantes como a falta de recursos necessários nas escolas, como laboratórios equipados e materiais didáticos adequados para ensinar a física de uma maneira que alcance o entendimento da maioria dos alunos. Não podemos deixar de considerar o fato de que nem todos os professores de física tem uma formação sólida na disciplina, impactando de forma negativa na transmissão dos conceitos físicos de forma clara e acessível aos alunos, até porque, essa transmissão de conhecimento requer uma abordagem mais prática e experimental afim de tornar as

aulas mais atraentes, pois o ensino tradicional baseado em palestras e na memorização de fórmulas se tornou ineficaz, tendo como consequência o fato de alguns alunos não se sentir motivados a aprender física devido à falta de relevância percebida dos conceitos ou à falta de conexão com suas experiências no cotidiano. Para superar todas essas dificuldades é necessário um esforço tanto dos educadores quanto dos responsáveis pela formação de professores no sentido de melhorar e promover abordagens de ensino mais envolvente através de práticas.

O ensino da física moderna e contemporânea nos permite transmitir conhecimento suficientes para que os alunos compreendam e se interessem buscar informações sobre os avanços científicos atuais, ajuda o aluno a ter um pensamento crítico para compreender vários conceitos dessa área, assim como desenvolver habilidades analíticas e críticas, pois, a física moderna frequentemente envolve conceitos fascinantes e intrigantes diante do senso comum, como buraco negro, partículas subatômicas e a estrutura do universo. Ao expor os alunos a esses conceitos envolventes, a física moderna pode ajudar a cultivar um interesse mais concreto pela ciência. Desta forma, a inserção da física moderna e contemporânea na educação básica é fundamental para preparar os alunos para os desafios científicos e tecnológicos do século XXI e para inspirar uma apreciação mais profunda do mundo natural e do universo.

Segundo Moreira (2007), que realizou um trabalho sobre a física dos quarks, mas que é um tópico da física moderna como o deste projeto, afirma:

não tem sentido que, em pleno século XXI, a física que se ensina nas escolas se restrinja à física (clássica) que vai apenas até o século XIX. É urgente que o currículo de física na educação básica seja atualizado de modo a incluir tópicos de física moderna e contemporânea, como a física dos quarks abordada neste trabalho. O argumento de que tais tópicos requerem habilidades e/ou capacidades que os estudantes de ensino fundamental e médio ainda não tem é insustentável, pois outros tópicos que são ensinados, como a cinemática, por exemplo, requerem tantas ou mais capacidades/habilidades cognitivas do que partículas elementares. (MOREIRA, 2007, p.172)

Assim, é notório que muitos professores estão numa luta árdua para que essa prática seja mudada. A experiência em sala de aula nos mostra que isso é possível se adotarmos uma metodologia diferente que atraia a atenção dos alunos para inserir esses tópicos da física moderna com resultados contundentes. É uma necessidade incontestável para a melhoria do ensino na educação brasileira. Moreira e Estermann (2000) relacionam alguns itens que ratificam esse pensamento:

(I) despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; (II) os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente; (III) é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física; (IV) é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino; (V) Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN E MOREIRA, 2000, p.24)

Piasse (2007), argumenta que o fato de termos uma admiração fundamental pelas coisas que nos rodeiam, tem como consequência o entusiasmo e a curiosidade pelo conhecimento fazendo com que tenhamos a força para buscar o entendimento. Afirma ainda que Freire coloca no contexto escolar essa ideia de admiração:

A posição normal do homem no mundo, como um ser da ação e da reflexão, é a de “admirador” do mundo. Como um ser da atividade que é capaz de refletir sobre si e sobre a própria atividade que dele se desliga, o homem é capaz de “afastar-se” do mundo para ficar nele e com ele. Somente o homem é capaz de realizar esta operação, de que resulta sua inserção crítica na realidade. “Admirar” a realidade significa objetivá-la, aprendê-la como campo de sua ação e reflexão. Significa penetrá-la, cada vez mais lucidamente, para descobrir as inter-relações verdadeiras dos fatos percebidos (FREIRE, 1983, p. 32)

Ainda Piasse (2007), em sua tese, mostra com sua experiência em sala de aula, como seus alunos ficaram motivados com a metodologia aplicada por ele no ensino de tópicos de física moderna, que é a mesma proposta por esse trabalho, por outro lado, ele também constatou que alguns alunos demonstravam pouco interesse pelas aulas, ou seja, qualquer “coisa” que o professor faça em sala de aula, é possível transformá-la em “chata” ou “legal”. Porém, algo deve ser feito para vencermos essa barreira que nos impede de transmitir os conhecimentos da Física Moderna aos alunos do Ensino Médio.

Geralmente, os conceitos de Física Moderna são apresentados nos capítulos finais dos livros didáticos da 3ª Série, sendo que, na maioria das vezes esses temas são poucos explorados e até mesmo nem são vistos, devido a defasagem do ensino já discutido anteriormente. O ensino de física fica limitado a conteúdos explorados cientificamente até o século XIX, um assunto cansativo e complexo sem muita apreciação pelos alunos por não mostrar um emprego plausível nos problemas do

cotidiano. Poucos alunos se mostram interessados em determinados conteúdos, ainda assim, quando demonstrados através de experimentos em laboratório ou até mesmo em sala de aula com materiais comuns de fácil acesso.

A situação fica pior quando da implementação do Novo Ensino Médio que já está no seu terceiro ano, que estipula apenas um tempo de aula por semana para o ensino de física para a 3ª Série, isso torna-se um desastre educacional no ensino da ciência, pois, se o estudo da física da era limitado, agora com essa implementação, fica praticamente suprimido no decorrer na educação básica da rede pública.

### **2.3 A importância do Ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein no Ensino Médio**

A inserção do ensino da Teoria da Relatividade já vem sendo discutida há muito tempo por professores e pesquisadores, dado a importância desse estudo na educação básica. Há vários trabalhos de pesquisa de doutorado e mestrado assim como artigos em eventos científicos na área da educação, que apresentam esse interesse, com o intuito de aumentar a divulgação e o estudo nesta área.

Segundo Santos (2020) no artigo apresentado no VII Congresso Nacional de Educação a ideia de inserir filmes de ficção científica como recursos didáticos com um potencial no processo do ensino de Física, usando a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein para possibilitar uma reflexão em relação ao mundo científico, será uma maneira eficaz de fazê-los ter um pensamento crítico dos fenômenos que nos rodeiam e assim ativar uma curiosidade no estudo da Física afim de capacitá-los a explorar conceitos mais avançados na área da ciência como um todo. A teoria da relatividade é uma das descobertas mais importantes da física moderna e revolucionou a nossa forma de compreender o universo. Entender a sua importância histórica e científica permitirá que os alunos tenham um interesse maior pelo estudo da ciência e pela busca de compreensão de como tecnologias modernas, como as imagens de satélites e o GPS dependem dos princípios da relatividade para funcionarem corretamente.

Porém, tendo em vista a complexidade da teoria, além de todas as dificuldades relatadas anteriormente, pode ser bastante difícil ensinar seus conceitos abstratos por apresentar ideias que fogem do nosso senso comum no que diz respeito a ideia de tempo, de espaço e da força gravitacional, principalmente a alunos no ensino médio que ainda estão formando seus pensamentos abstratos e

críticos.

A proposta de inserir esse tema usando filmes de ficção científica é bastante ousada, tendo em vista que o uso tradicional no estudo da Física ainda é muito grande, além do mais, o tema do projeto é pouco ou nada explorado no Ensino Médio porque exige um conhecimento matemático muito avançado para seu entendimento pelos alunos. O sistema de ensino-aprendizagem exige que o professor busque recursos diferentes que possam atrair a atenção dos estudantes, fazendo com que eles tenham mais interesse pelo ensino. (FREIRE, 1983)

Vários trabalhos já foram feitos usando essa ferramenta metodológica com resultados bastante satisfatórios, mostrando que é possível usar uma ferramenta diferente para superar a falta de recursos didáticos apresentados nas nossas escolas, além de proporcionar aos alunos uma maior interação entre eles através das “rodas de discursões” promovidas durante as aulas para debater sobre o tema proposto. A participação dos alunos nesses debates proporciona um aproveitamento melhor na assimilação dos conceitos físicos envolvidos, mais do que se esses conceitos forem impostos através de textos e demonstração de cálculos nos livros didáticos que geralmente é visto por eles como algo enfadonho e de pouca compreensão.

Assim, independente do sistema de ensino implementado pelo MEC, podemos utilizar disciplinas como projetos para inserir o tema proposto de uma maneira totalmente acessível ao nosso público alvo, possibilitando que outros professores possam seguir a mesma metodologia através do produto educacional disponibilizado por este projeto para alcançar nosso objetivo principal que é tornar acessível o ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein utilizando filmes de ficção científica como recursos didáticos, tornando assim esse estudo mais interessante e prazeroso para os estudantes.

Santos (2019), apresentou em sua dissertação o trabalho realizado para inserção da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein para alunos do ensino médio através de uma sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa com o uso da construção de histórias em quadrinhos como elemento facilitador da aprendizagem dos alunos para abordar o tema proposto. Para Andreas Santos o trabalho obteve resultados satisfatório no que diz respeito ao envolvimento e participação dos alunos. Assim sendo, a utilização desse tipo de metodologia faz

emergir uma discussão sobre até que ponto a arte pode favorecer o processo de aprendizagem de nossos alunos (SANTOS, 2019).

#### **2.4 A utilização de filmes como ferramenta pedagógica**

A dependência do homem pelas tecnologias vem se tornando cada vez mais evidente na sociedade contemporânea, tendo em vista a facilidade e conveniência que proporciona em muitos aspectos na vida cotidiana, desde comunicação instantânea até o acesso rápido a informações e diversos serviços. O aumento do uso dos dispositivos eletrônicos e plataformas de entretenimento digital levou a uma dependência crescente do entretenimento virtual. Em muitas profissões, as tecnologias se tornaram indispensáveis para realizar o trabalho, e no âmbito educacional não foi diferente, a necessidade de utilizar esses recursos tecnológicos se tornou imprescindível.

Segundo Oliveira (1997), as novas tecnologias chegam no Brasil com o objetivo de melhorar o ensino através de técnicas aplicadas através de meios de comunicação como o cinema.

Ainda sobre esse aspecto, Gadotti afirma:

Os sistemas educacionais ainda não conseguiram avaliar suficientemente o impacto da comunicação audiovisual e da informática, seja para informar, seja para bitolar ou controlar as mentes. Ainda trabalha-se muito com recursos tradicionais que não têm apelo para as crianças e jovens. Os que defendem a informatização da educação sustentam que é preciso mudar profundamente os métodos de ensino para reservar ao cérebro humano o que lhe é peculiar, a capacidade de pensar, em vez de desenvolver a memória. Para ele, a função da escola será, cada vez mais, a de ensinar a pensar criticamente. Para isso é preciso dominar mais metodologias e linguagens, inclusive a linguagem eletrônica (GADOTTI, 2000, p. 5).

A utilização dos recursos audiovisuais mostrou uma capacidade de transmitir informações de uma maneira lúdica, porém, ao mesmo tempo, eficaz como estratégia pedagógica. Dentre esses recursos, o vídeo ganhou uma grande importância como ferramenta pedagógica, tendo em vista sua capacidade prender a atenção do aluno envolvendo-o nas mais diversas temáticas.

Não podemos negar a importância que esses recursos têm nas novas metodologias de ensino aprendizagem atuais. O uso cada vez maior desses recursos traz a certeza de que o audiovisual é um poderoso aliado neste processo. Agora o aluno deixa de ser apenas um coadjuvante na prática de transmissão e da recepção do conhecimento, agora ele pode estabelecer juntamente com o professor

uma relação daquilo que se ouve e que se vê (FREIRE e CARIBÉ, 2004).

Segundo Moran (1995), o uso da tecnologia de vídeo em sala de aula, ajuda o professor atraindo a atenção dos alunos, porém não modifica a relação pedagógica. Há a aproximação da sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana, introduzindo novas questões no processo educacional.

O vídeo está relacionado a televisão e ao cinema, nesse contexto, através do entretenimento, o aluno é envolvido por um sentimento de prazer e contentamento, e é exatamente nessa expectativa que devemos atrair a atenção dos alunos para trabalharmos nossos conteúdos pedagógicos. Sobre esse aspecto Moran afirma:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços (MORAN, 1995, p. 2).

A prática de assistir a filmes como um meio de entretenimento traz uma grande vantagem quando usamos para um contexto educacional no ensino da ciência. O uso de filmes como uma metodologia educacional pode ser bastante eficaz para buscar o interesse dos alunos nas aulas e facilitar a compreensão de conceitos complexos e abstratos. Os filmes podem criar conexões emocionais e prazerosas para ilustrar situações do mundo real e assim estimular discussões em sala de aula sobre os temas abordados, fazendo com que os alunos fiquem mais engajados no assunto. Eles também podem ajudar os alunos a desenvolver habilidades de análise crítica e pensamento crítico, além de promover a apreciação pela arte cinematográfica através de uma atividade interdisciplinar.

Os filmes têm o poder de prender a atenção dos alunos de uma forma única. A narrativa visual e auditiva do enredo dos filmes pode tornar o conceito abstrato mais compreensíveis e interessantes, deixando assim, o aluno mais envolvido no contexto do assunto abordado.

Geralmente os filmes abordam questões éticas, morais e sociais que relacionados com temas da ciência podem gerar vários estímulos para discussões em sala de aula após assistir a uma sessão de cinema. Essas discussões serão bastante válidas para desenvolver habilidades de pensamento crítico dos alunos, enriquecendo significativamente o processo de ensino-aprendizagem,

proporcionando uma experiência educacional mais interessante e acessível.

Porém, devemos tomar muito cuidado quando trabalharmos usando filmes como ferramenta pedagógica no fato de que muitos filmes podem apresentar conceitos totalmente fora da realidade científica de hoje e isso pode causar uma dedução errônea de o que é ficção e ciência. Por exemplo, no caso de filmes de ficção científica, este posicionamento é baseado no fato de que os filmes podem se transformar num obstáculo para o processo de ensino de ciências aos estudantes (BARNETT et al., 2006).

Embora o uso de filmes como ferramenta pedagógica seja defendido como uma forma eficaz de apresentar conceitos científicos aos estudantes, alguns autores alertam para um problema incontestável acerca dos fenômenos que vieram a transformar a arte em comércio.

Segundo Adorno (1995), o mundo capitalista criou a cultura de massa para visa o lucro e cria a necessidade de consumo na sociedade. Assim, como o principal objetivo da indústria de entretenimento é obter lucro, nem sempre aquilo que é produzido é de qualidade, mas é direcionado para a produção daquilo que o público gostaria de consumir, ou seja, a indústria produz para aqueles que a consomem. Isso pode causar uma alienação das massas naquilo que é consumido, uma vez que a própria indústria cria necessidades e conforme suas necessidades.

Silva (2019) alertou o seguinte:

Diante deste cenário, o professor se mostra como elemento principal na mediação entre o conhecimento científico e o senso comum existente na cultura de massa. O professor deve ter um roteiro previamente definido, estabelecer conexões entre o conteúdo trabalhado em sala de aula e aquilo que é abordado no filme que deseja utilizar e permitir que os alunos tenham a compreensão que este recurso é também uma maneira de aprender e não somente um passatempo. (SILVA, 2019, p. 62)

Neste contexto, durante a aplicação desta pesquisa, tomou-se muito cuidado ao escolher o longa metragem que foi utilizado e durante as aulas expositivas foi enfatizado várias vezes para os alunos sobre esses equívocos que podem ser apresentados nos filmes.

## **2.5 O Uso de filmes no ensino da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein**

Vários trabalhos já foram realizados para propor ou mostrar a utilização de filmes do gênero ficção científica como método de inserção de temas da física

moderna e contemporânea, como a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, na educação básica, mais precisamente, no ensino de física para o ensino médio. Esses trabalhos foram apresentados em teses de doutorados, em dissertações, em artigos de revistas científicas, em congressos voltados a educação e muitas vezes em pequenas reportagens em sites voltados ao assunto.

Com base nessas pesquisas foi norteado uma direção para a implementação dessa ideia neste projeto, buscando sempre a facilitação do entendimento do público-alvo para que nossos objetivos sejam alcançados. Encontraremos alunos que gostam de cinema, que se identificam mais com a leitura, que se interessam por jogos, alunos que se identificam com as disciplinas de exatas, até mesmo alunos fascinados pela física, mas também encontraremos alunos que não tem interesse nenhum por essas disciplinas ou por qualquer obra de ficção científica. Daí vem nosso desafio maior que é estimular os alunos a encontrarem seus próprios perfis buscando meios para atrair a atenção, através da curiosidade por conhecimentos novos, e assim, fazer acender uma pequena “chama” que alimenta a paixão pela ciência.

Para Piasse (2007), é notório que filmes cinematográficos exercem uma atração especial nos jovens, então podem ser usados como recursos didáticos de fácil acesso e baixo custo de exibição. Assim, quando pensamos em ficção científica, a primeira ideia que vem a cabeça é de um filme cinematográfico.

Porém, é necessário que se tenha cuidado com a escolha do filme a ser trabalhado. Considerando o tema proposto e o público-alvo, é importante que a trama e a linguagem sejam relativamente simples, além de ficar atento para a escolha de um roteiro que não seja totalmente absurdo no que diz respeito ao estudo da física, ou seja, a escolha dos filmes é de extrema importância no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Santos, Alves e Correia (2020), dentre muitos filmes do gênero ficção científica, dois se destacam: o filme *Interestelar* (2014) e o filme *Planeta dos Macacos* (1968). Tais filmes retratam exatamente a abordagem da Teoria da Relatividade de Einstein, com conceitos que serão apresentados aos alunos durante as aulas da sequência didática. Tendo em vista essa relevância, os dois filmes foram escolhidos para serem aplicados no nosso estudo.

## Capítulo 3: FICÇÃO CIENTÍFICA

A ficção científica é um gênero literário e cinematográfico que aborda conceitos fora do nosso senso comum baseados na ciência e na tecnologia. Essas obras apresentam, geralmente, cenários futuristas, uma evolução científica imaginária, viagens espaciais, extraterrestres, elementos fantásticos que desafiam ou extrapolam as leis da física com a finalidade de criar ou imaginar um futuro da humanidade. Muitas vezes esses cenários futuristas são aproveitados para discutir muitas questões éticas, sociais e filosóficas, até mesmo para discutir as condições humanas, o que pode ser feito para buscar a preservação da humanidade, qual o impacto do avanço da tecnologia na sociedade e principalmente, para imaginar as possibilidades que o universo nos proporciona.

É importante analisarmos algumas obras de ficção científica para entender como a ciência influencia o gênero literário, como a ficção científica extrapola, na maioria das vezes, exagera e, até mesmo, desconsidera conceitos científicos nos seus enredos e como a ciência parece, à vezes, incorporar conceitos elaborados na ficção científica.

Atualmente este gênero está disponível em vários formatos, como jogos, cinema, histórias em quadrinhos, plataformas de streaming, porém sua origem está na literatura. Alguns pesquisadores consideram como a primeira obra do gênero ficção científica o livro *Frankenstein* (1818), de Mary Wollaston Shelley (1797-1851), mas nessa obra o termo “ficção científica” não foi usado, este termo só foi usado pela primeira vez, em 1929, na revista *Science Wonder Stories* (Histórias Fascinantes da Ciência). Nesta época, revistas como esta foram as responsáveis para divulgar o gênero ficção científica.

Outros pesquisadores afirmam que a ficção científica só começou com Júlio Verne e H. G. Wells no final do século XIX, e outros ainda acreditam que esse gênero teve início em certas obras da Grécia antiga. Afinal, a origem da história da ficção científica é difícil de ser definida por ser um gênero que envolve e mexe com nosso senso comum.

O quadro abaixo mostra um cronograma das principais obras de ficção científica na história.

Quadro 1: Cronograma das principais obras de ficção científica

Ano de Lançamento	Histórico da obra
80	Os gregos fizeram as primeiras obras que tratam de viagens a Lua e dialogam com a ciência da época, escritas por Plutarco (46 d.C. – 120 d.C.) e Antônio Diógenes (século II); hoje existem apenas fragmentos dessas obras.
1600	Publicada a primeira edição completa de <i>Sonhim</i> , do astrônomo Johannes Kepler. O livro narra que um homem sonha que viaja à Lua e conhece dois povos, um na parte clara e outro na parte escura do satélite.
1730	Inspirado por As viagens de Gulliver, François-Marie Rouet (1694-1778), mais conhecido pelo pseudônimo Voltaire, escreve <i>Micrômeras</i> . O livro é sobre um habitante de Sirius (estrela mais brilhante do céu noturno visível a olho nu), um ser com 5 Km de altura que vem à Terra, levanta um navio do oceano e se espanta que os “insetos” a bordo possuam inteligência. Em 2012 foi lançada uma edição deste livro.
1755	O texto inglês anônimo, <i>Viagem ao mundo no centro da Terra</i> , situa no interior do globo terrestre, uma sociedade utópica de vegetarianos que respeita muito os animais.
1818	Mary Shelley publica <i>Frankenstein</i> , citado por muitos autores como o ponto de partida da ficção científica. O livro narra a história de um jovem cientista Victor Frankenstein que cria uma criatura gigantesca semelhante a um ser humano.
1857	Joaquim Manoel de Macedo (1820-1882) publica o conto <i>O fim do mundo</i> , umas das primeiras obras de ficção científica brasileiras. Mas alguns críticos a consideram uma sátira que tende mais para a fantasia.

1865	Júlio Verne, o mais popular escritor de ficção científica da história, publica seu terceiro livro, <i>Da Terra à Lua</i> , no qual um grupo concebe uma nave que será lançada de um gigantesco canhão. Em 2018 foi lançada uma edição desse livro.
1895	H. G. Wells, autor clássico do gênero, publica sua primeira obra de ficção científica, <i>A máquina do tempo</i> , na qual um viajante avança no tempo e acaba por encontrar um futuro desolador para a humanidade.
1902	O cineasta Marie Georges Jean Miles (1961-1938), produz o filme mudo <i>Viagem à Lua</i> , inspirado por Júlio Verne. Esta foi a primeira produção cinematográfica do gênero ficção científica.
1926	O editor Hugo Gernsback (1894-1967), em uma de suas revistas do gênero, cria o termo “cientificção”, alterando-o mais tarde para o termo atual “ficção científica”.
1927	Principal filme de ficção científica da primeira metade do século XX, <i>Metrópolis</i> , dirigido por Fritz Lang (1890-1976), é ambientado em uma cidade dividida verticalmente entre trabalhadores nas fabricas subterrâneas e a classe dominante nos arranha-céus.
1932	O livro <i>Admirável mundo novo</i> , de Aldous Huxley (1894-1963), se passa no ano de 2540 (segundo a contagem de tempo no livro, 637 anos depois de Henry Ford criou o método de produção em linha para o automóvel). Ele apresenta uma sociedade dividida em alfas, betas etc., usuárias de um comprimido chamado Soma, que diminui os sentimentos negativos dos personagens.
1951	Sai o primeiro volume da trilogia <i>Fundação</i> , de Isaac Asimov (1920-1992), famoso autor do gênero no século XX. Com ele, estabelece-se a chamada ficção hard

	<p>("dura"): narrativas lineares, ou seja, história que segue a ordem cronológica dos acontecimentos, com heróis resolvendo problemas em um ambiente espacial ou tecnológico.</p>
1953	<p>Arthur Charles Clarke (1917-2008) lança sua primeira novela, <i>O fim da infância</i>, na qual alienígenas chegam à Terra para guiar crianças em uma transcendência cósmica que porá fim à humanidade.</p>
1968	<p><i>2001 – Uma odisseia no espaço</i>, de Stanley Kubrik (1928-1999), é o filme que tirou o gênero da classe B de Hollywood e o elevou ao <i>status</i> de arte. Nele, um monólito vem à Terra nos primórdios da humanidade e impulsiona o desenvolvimento da inteligência humana. Milênios depois, os humanos o redescobrem na Lua e em Júpiter.</p>
1968	<p><i>Planeta dos Macacos</i>, de Franklin J. Schaffner (1920-1989), conta a aventura de George Taylor (Charlton Heston), um astronauta americano, viaja por séculos em estado de hibernação. Ao acordar, ele e seus companheiros se veem em um planeta dominado por macacos, no qual os humanos são tratados como escravos e nem mesmo tem o dom da fala.</p>
1977	<p><i>Guerra na Estrelas</i>, dirigido por George, abre caminho para uma série de <i>blockbusters</i> ("arrasa quarteirões", filmes, geralmente de produção cara, que são muito bem-sucedidos nas bilheteiras) no cinema, como <i>Allien – O oitavo passageiro</i> (1979), dirigido por Ridley Scott, <i>E.T. – O extraterrestre</i> (1982), dirigido por Steven Spielberg, e <i>O Exterminador do futuro</i> (1984), dirigido por James Cameron.</p>
1985	<p><i>De volta para o futuro</i>, dirigido por Robert Zemeckis, o primeiro filme da saga conta a história de um rapaz chamado Marty McFly e de seu excêntrico amigo</p>

	cientista, Dr. Emmett Brown que vivem uma curiosa aventura a bordo de uma máquina do tempo instalada em um carro DeLorean, viajando por vários diferentes períodos de uma pequena cidade americana.
2014	<i>Interestelar</i> , dirigido por Christopher Nolan, escrito em parceria com o irmão Jonathan Nolan. O longa-metragem conta a complexa história de Cooper, um piloto da Nasa que tem a difícil missão de salvar a raça humana da extinção buscando outros planetas habitáveis em outra galáxia, mas que para isso teria que passar por um buraco de minhoca. A trama se desenrola em volta do fato de ter que deixar a filha na Terra para cumprir a missão. O teor sentimental e os conceitos da ciência se entrelaçam no roteiro.

Fonte: Elaboração do próprio autor

Vale ressaltar que outras obras não foram citadas, pois a partir da década de 80, as produções de filmes com esse gênero aumentaram muito. A indústria cinematográfica passou a ser o principal meio de divulgação da ficção científica e por consequência, da divulgação de muitos tópicos da física moderna.

### 3.1 Onde podemos encontrar a Ficção Científica?

A ficção científica não fica restringida apenas aos filmes cinematográficos, podemos encontrá-la em uma variedade de formas de mídias e formatos, incluindo a literatura, histórias em quadrinhos de mangás, jogos de vídeos e jogos de tabuleiro etc.

Algumas obras da literatura foram adaptadas para o cinema, para histórias em quadrinhos e até mesmo para jogos de videogame, como por exemplo o livro *A Guerra dos Mundos* (1898), de H.G. Wells, que teve sua primeira versão para o cinema lançada em 1953 e sua adaptação para histórias em quadrinhos como mesmo título em 2018.

Hoje, a maior divulgação do gênero está centrada no cinema. Vale ressaltar que os conceitos científicos abordados nas obras, são apenas uma fonte de inspiração para seus enredos.

Na maioria das vezes não encontraremos parâmetros físicos aceitáveis no meio científico, mas há uma preocupação em buscar assessorias de especialistas para que o enredo não tenha uma distância muito grande entre o que se apresenta e o que a ciência consegue definir. Por exemplo, o filme *Interestelar* (2014), de Christopher Nolan, utilizado neste projeto, sua produção teve a assessoria do físico teórico Kip Torne, especialista na Relatividade Geral e Prêmio Nobel de Física pela descoberta das ondas gravitacionais, que procurou contar uma história o mais coerente possível dentro dos conceitos da ciência e que se aproximasse o máximo possível do previsto pela Teoria da Relatividade de Einstein. Porém, não podemos esquecer que o filme busca um entretenimento baseado numa liberdade artística que pode, sem dúvida alguma, descrever situações cientificamente impossível.

### **3.2 A influência da ciência na ficção**

O avanço da tecnologia e da ciência que acompanhamos nos últimos anos é impressionante. A facilidade de pesquisa através da internet nos ajuda a ficarmos inteirados de praticamente tudo que acontece no mundo,

Todas essas informações comprovam como a ciência está presente no nosso cotidiano, então podemos considerar que ela desempenha um papel significativo diante da ficção, seja como fonte de inspiração ou simplesmente como uma maneira de explorar assuntos que geram uma pauta a ser explorada pela sociedade. Sendo assim, a interação entre a ciência e a ficção pode resultar em enredos que nos prende a atenção por desafiar os nossos limites da imaginação e da compreensão.

Muitas obras de ficção científica são inspiradas por avanços tecnológicos reais, teorias e especulações sobre o futuro da ciência e da tecnologia, por exemplo, a teoria da relatividade de Einstein inspirou muitas histórias sobre viagem no tempo e espaço, como na trilogia *De Volta Para o Futuro* (1985), mencionado na supracitada tabela, dentre muitas outras obras. Mesmo em cenários fictícios, os conceitos da ciência são usados para criar um ambiente realista e plausível. Os diretores dos filmes podem consultar cientistas especialistas nos assuntos abordados na trama para tornar suas histórias mais próximas da realidade possível. Assim aconteceu com a direção do filme *Interestelar* (2014), utilizado neste projeto, onde um cientista especialista em relatividade geral foi contratado como consultor científico. A ciência também busca levantar questões éticas e morais, como por exemplo, sobre a clonagem, sobre a inteligência artificial, sobre as manipulações genéticas, dentre

outras e a ficção científica explora esses debates com mais profundidade nos seus enredos. Não podemos deixar de citar que muitas vezes a ficção científica explora uma tecnologia que podem se tornar realidade anos depois, como por exemplo, smartphones e tablets foram previstos em muitas obras sem ter a certeza que um dia poderia se tornar realidade, então, certamente, não poderemos deixar de considerar as viagens espaciais, colonização de outros planetas, vida extraterrestres e muito mais. Desta forma, o gênero ficção científica também desempenha um papel importantíssimo na conscientização da sociedade sobre a ciência e tecnologia, apresentando conceitos da ciência de uma maneira simples, acessível e que mexe com nossas emoções através do entretenimento para um público muito grande.

### **3.3 O uso da ficção científica no ensino de física clássica e contemporânea**

O grande desafio no ensino da ciência é conquistar a atenção dos alunos, despertar o interesse pelo assunto, estimular a curiosidade e conseqüentemente a busca pelo conhecimento para que possa entender melhor o que é transmitido pelo professor. Com o objeto de alcançar sucesso nessa árdua tarefa, várias metodologias são aplicadas, várias formas de dinâmicas são preparadas, e umas das ferramentas que contribuem para esse sucesso é, sem dúvida, a ficção científica, pois pode trazer para a sala de aula um contexto dentro de suas narrativas envolventes temas abordados pelos conceitos da física em diversas áreas. Imaginemos uma cena de um filme em que mostra uma grande explosão no espaço e ao fundo um silêncio, neste caso, os alunos podem ficar se perguntando por que a explosão na fez barulho, como o seu senso comum apresenta e desta maneira surge o estímulo à curiosidade sobre o assunto de ondas sonoras. Esse é apenas um exemplo de como o uso da ficção científica pode ser eficaz no ensino de física, pois torna conceitos complexos mais compreensíveis para os alunos.

Fica claro a intenção de usar “sétima arte” como ferramenta norteadora para explorar e apresentar a ficção científica em sala de aula. Leroy Dubcek torna-se um importante proponente dessa ideia em vários artigos publicados a respeito, onde propõe o uso de filmes para apresentar várias questões sobre os mais variados tópicos da ciência. Segundo Leroy Dubcek, temos,

[...] o uso de tais filmes poder ajudar os estudantes a aprender ciência de varias maneiras:

Os princípios científicos ilustrados ou violados em um filme serão melhor

entendidos pelos estudantes do que se fossem apresentados apenas através de abordagens tradicionais. As fórmulas matemáticas e as descrições dos livros-texto frequentemente são confusas. É fácil para os estudantes entender princípios científicos abstratos quando eles são diretamente visualizados. Em suma, os filmes podem fazer o abstrato compreensível de uma forma atrativa.

Exibir um filme e discuti-lo aperfeiçoa o entendimento da ciência tanto como um processo racional quanto como um processo de descoberta. Isso auxilia os estudantes a aprender abordagens científicas de problemas e a identificar abordagens pseudocientíficas.

Os filmes, ao apresentarem a ciência em uma situação dramática e relacioná-la a questões socialmente significantes, torna a ciência mais relevante aos estudantes.

Os filmes muitas vezes lidam com os temas científicos de sob a perspectiva de muitas disciplinas. Consequentemente, o estudante não-cientista vivencia a ciência em um contexto interdisciplinar. Isso é valioso porque o “o mundo real” as situações raramente são restritas a uma única disciplina (DUBCEK *et al*, 1993, p. 47)

Andrew Fraknoi (2003) argumenta que na atualidade há grandes obras de ficção científica escritas por autores com um conhecimento contundente na ciência, porém outros com nem tanto conhecimento, mas que tem um respeito pela ciência o suficiente para fazer de seus trabalhos uma boa forma de conhecer as mais importantes descobertas científicas através do entretenimento.

Temas como viagens no tempo podem ser explorados no filme *De Volta Para o Futuro* (1985). Buracos negros, buracos de minhoca, dilatação do tempo, paradoxos temporais, apresentados no filme *Interestelar* (2014), são temas que provocam discussões sobre a Teoria da Relatividade de Einstein. As tecnologias mais avançadas e exploração espacial, podem ser exploradas nos filmes da saga *Star Wars* (1977), essa abordagem pode ajudar os alunos a entender melhor conceitos do eletromagnetismo através de temas como energia eletromagnética e campos de força. A exploração espacial que tanto imaginamos, envolvendo a gravidade zero e a possibilidade da sobrevivência em ambientes hostis, além da propulsão espacial, podem ser explorados no filme *Uma Odisseia no Espaço* (1968) e no filme *Planeta dos Macacos* (1968), levando a discussão sobre física de fluidos, leis de Newton e conservação de energia. Outros temas mais polêmicos como inteligência artificial, realidade virtual e controle social podem ser explorados no filme *Matriz* (2003), possibilitando debates sobre ética científica, o papel da tecnologia na sociedade e o que esses conceitos físicos podem influenciar na nossa privacidade. Ao oferecer o acesso destes temas, podemos fazer com que busquem uma compreensão melhor dos conceitos físicos envolvidos, e melhor, pesquisem mais

sobre os principais cientista que desenvolveram esses estudos, pesquisas essas que são fundamentais para o desenvolvimento do aprendizado na ciência. Outro fator importante é o estímulo à imaginação dos aprendizes e os incentivos que podem ter para buscar discussões com temas éticos e sociais que tem relação com todo o avanço da ciência e da tecnologia.

### **3.4 A realidade na ficção científica**

Nas obras de ficção científica são explorados muitos cenários futuristas. Mas para que não fuja tanto da realidade, especialistas são contratados para prestar uma assessoria em conhecimentos sólidos em princípios científicos capazes de retratar situações mais coerentes possíveis. Esse fator é importante para que a relação entre a ciência e a ficção não fique tão distante, é fundamental que a ficção científica sirva de um espelho para a realidade, buscando explorar questões contemporâneas baseadas no estudo científico e numa eventual especulação imaginativa. Apesar de ser uma relação bastante complexa em vários aspectos, é também muito dinâmica e interativa com uma troca de informações fascinantes que ultrapassam todas as nossas expectativas no senso comum. Analisar essa relação, nos leva a buscar compreender de uma forma mais profunda, não só a ficção científica como gênero literário, mas também os princípios da natureza humana e da realidade do mundo que nos rodeia.

Piassi (2007), em sua tese, destaca a análise realizada por Felicity Mellor (2003) em livros de cientistas que usam a ficção científica para a divulgação da ciência.

A ficção científica não é, portanto, algum “acessório” usado simplesmente para tornar a ciência mais digerível ao público. Ela desempenha um papel na produção da ciência quanto na representação da ciência. E tanto para cientistas como para não-cientistas, a presença das figuras e narrativas da ficção científica em textos sobre ciência torna-se uma parte dos limites de trabalho através do qual a ciência é definida (MELLOR, 2003. p. 515).

A interseção entre a ciência, tecnologia e a ficção científica nos remete na importância da utilização desse gênero como ferramenta eficaz no ensino da ciência, fazendo com que os alunos explorem de uma forma mais envolvente e contextualizada os conceitos da física, analisando com mais profundidade para um entendimento mais apurado da relação apresentada com a ficção.

Fica evidente que além da utilização dessa ferramenta pedagógica, é necessários a utilização de outros materiais de apoio justamente para nortear a

compreensão dos alunos no sentido de diferenciar o que é ficção e ciência. A aplicação deste projeto foi baseada neste aspecto, ou seja, antes da exibição do filme proposto houve toda uma preparação em aulas expositivas para demonstrar o que os estudos científicos apresentam na atualidade, o que a ciência consegue comprovar, enfatizando sempre que tudo aquilo que está fora do âmbito da ciência é apenas ficção. Os materiais utilizados nas aulas expositivas já servem como parâmetro para que seja apresentado essa diferença aos alunos, além das explicações bastante detalhadas sobre esse tema que é essencial para o sucesso do projeto.

## Capítulo 4: A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN

O produto educacional apresentado neste trabalho está todo baseado na Teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Os princípios básicos da física clássica inerentes a este conteúdo foram abordados de uma maneira bastante simples, porém significativa, para que se estabelecesse uma conexão com os conceitos apresentados aos alunos. Sendo assim, a turma escolhida para fazer parte deste projeto, foi uma turma de 2ª Série, ou seja, alunos com conhecimento de tópicos da cinemática, da relatividade de Galileu e da mecânica newtoniana.

O conceito de espaço sempre foi uma questão polêmica a ser estudada pela física. Algumas figuras importantes na história da física, como Aristóteles, Galileu, Newton e Einstein conseguiram conceituar de forma aceitável e clara o que é o espaço. Basicamente todas as outras ideias a respeito são derivadas do que estas figuras estabeleceram dentro do estudo da ciência, porém levantou-se outra questão, agora em relação ao movimento dos corpos para que se apresentasse coerente dentro da concepção de espaço.

A partir da diferença dos períodos históricos onde se estabeleceu a ideia de espaço, encontramos algumas críticas a serem levantadas.

Segundo Caruso (2006), o espaço, por exemplo, para Aristóteles era concebido como uma quantidade contínua, resultando numa soma de lugares. O espaço não era concebido como algo separado ou independente, e sim uma extensão ou limite dos corpos em um determinado lugar, ou seja, não existia por si só. Assim, Aristóteles acreditava que não existia espaço vazio, pois só poderia existir na medida em que continha corpos físicos.

Caruso (2006) exemplifica muito bem as objeções sobre o conceito de movimento concebido por Aristóteles.

Assim, o lugar ocupado pela água de um jarro é a superfície do jarro imediatamente em contato com a água. Essa definição não acarreta problemas epistemológicos enquanto não se tenta aplicá-la a uma situação de movimento. Uma clássica objeção a esse conceito aristotélico advém quando se cogita qual é o lugar de uma pedra situada no leito de um rio. Ora, como no exemplo da jarra, o lugar da pedra seria a superfície da água do rio imediatamente em contato com ela. Mas o rio corre, logo, essa água muda e, portanto, muda também o lugar da pedra, embora ela não se mova em relação ao leito do rio. (CARUSO, 2006, p.181).

Já Isaac Newton propôs a descrever o movimento tendo como base uma teoria mecânica fundamentada na filosofia, através dos conceitos de força. Porém, veio a necessidade de mensurar duas grandezas fundamentais: espaço e tempo. Para Newton, todos os eventos e movimentos ocorriam numa estrutura era considerada tridimensional infinita e absoluta, de modo que considerava este conceito como fundamental que existia sem depender da presença da matéria. Este conceito de espaço absoluto fornecia, para Newton, um quadro de referência fixo e invariável em relação a todos os movimentos e posições possíveis. Essa ideia desempenhou um papel importantíssimo na formulação das três leis do movimento e da gravitação universal.

Ao analisar o movimento de um corpo, através de um sistema de referência, Galileu Galilei percebeu que este movimento tinha características peculiares em diferentes referenciais, daí iniciou o estudo da relatividade do movimento das partículas, proposta pelo próprio Galileu. Diante dessas ideias, o físico Isaac Newton elaborou as leis que explicam os movimentos na Física Clássica. Esse estudo foi fundamental para o desenvolvimento da Astronomia e o Eletromagnetismo, dentre outras áreas da física. A Física Newtoniana, como ficou conhecida, compartilhava da ideia de espaço e tempo como grandezas absolutas. Tanto Galileu quanto Newton, consideravam o espaço e o tempo como conceitos independentes um do outro.

Assim, tão importante quanto o discernimento do conceito de espaço é a apresentação de como ocorreu essa evolução deste conceito na história da ciência.

Para Gomes (2019) a interpretação do conceito de espaço e do tempo sofreram transformações ao longo da história, desde hipóteses divinas até a ideia do absoluto.

O tempo e o espaço são temas que fascinam o pensamento ocidental desde a Antiguidade. O tempo, associado à mudança e ao movimento, aparece nos escritos de Heráclito de Éfeso (540 a.C. – 470 a.C.), Platão (428 a.C. – 348 a.C.) e Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.), conforme afirma Baptista (2007, p. 27). Essa mobilidade é associada também à espacialidade; o filósofo da ciência Michel Serres expõe o caso do filósofo romano Lucrecio (99 a.C. – 55 a.C.) que atribui mobilidade e fluência aos “objetos da física” (GOMES, 2019, p. 2)

Gomes (2019) mencionou o seguinte:

É interessante ainda verificar a posição de Gottfried Leibniz (1646 – 1716) sobre o espaço newtoniano. Segundo Greene (2008, p. 48), Leibniz acreditava que o espaço não existia num “sentido convencional”, ele apenas propicia a “verbalização natural para a discussão do relacionamento entre a

localização de um objeto e a de outro” e se o espaço realmente existisse, “Deus, cujas decisões são todas plenamente justificáveis e nunca aleatórias ou casuais, distinguiria um lugar no espaço vazio, se todos são iguais”. (GOMES, 2019, p. 3)

Para Gomes (2019), a ideia de espaço está associada a uma figura divina fundamentada numa crença absoluta, porém essas ideias começaram a ser questionada no final do século XIX, através da obra “A ciência da mecânica” do físico e filósofo Ernst Mach (1838-1916).

A fim de evitar confusões entre os conceitos de espaço no contexto histórico e moderno e levando em consideração o pouco conhecimento dos alunos diante deste tema, foi apresentado nas aulas de uma forma bastante significativa essas ideias no que diz respeito ao conceito do espaço ao longo da história.

#### **4.1 Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita**

Quando Albert Einstein formulou os postulados da Teoria da Relatividade Restrita em 1905, não foi de uma forma repentina, muitos artigos publicados naquele ano são resultado de vários anos de estudo e observações. No que se refere ao seu artigo sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, Einstein concretizou suas ideias por quase seis anos, ou seja, a essência das ideias da Teoria da Relatividade não é apenas a relativização dos conceitos de espaço e tempo, mas trata-se da busca pela comprovação de que as leis da natureza devem ter uma independência de referenciais. Desse modo, surge a ideia do espaço-tempo (CARUSO, 2006).

Assim sendo, Albert Einstein desenvolveu os conceitos da Teoria da Relatividade durante vários anos de intensa reflexão e estudo no que diz respeito as contradições encontradas por ele entre o estudo da mecânica newtoniana e o estudo e os experimentos realizados sobre a natureza da luz e do movimento. Em 1905, Einstein publicou sua teoria da relatividade especial revolucionando a nossa compreensão dos conceitos de espaço, tempo e da relação entre matéria e energia. Ele elaborou essas ideias através de um processo de pensamento inovador, combinando sua quase infalível intuição com raciocínio lógico e um profundo entendimento da física e da matemática.

Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein são os princípios fundamentais que nos levaram a mudar nossas concepções tradicionais de espaço e tempo, substituindo-as por uma compreensão mais profunda da natureza do

universo, abrindo um leque de perspectivas sobre a estrutura do espaço-tempo. São os postulados:

1º) O princípio da relatividade especial - afirma que as leis da física são as mesmas para todos os observadores em movimento uniforme, independentes de suas velocidades relativas, ou seja, em todos os referenciais inerciais.

2º) O princípio da invariância da velocidade da luz – a velocidade de propagação da luz é constante e independente da velocidade da fonte emissora ou do observador, dada por  $c = 299.792.458 \text{ m/s}$ .

## 4.2 As transformações de Galileu

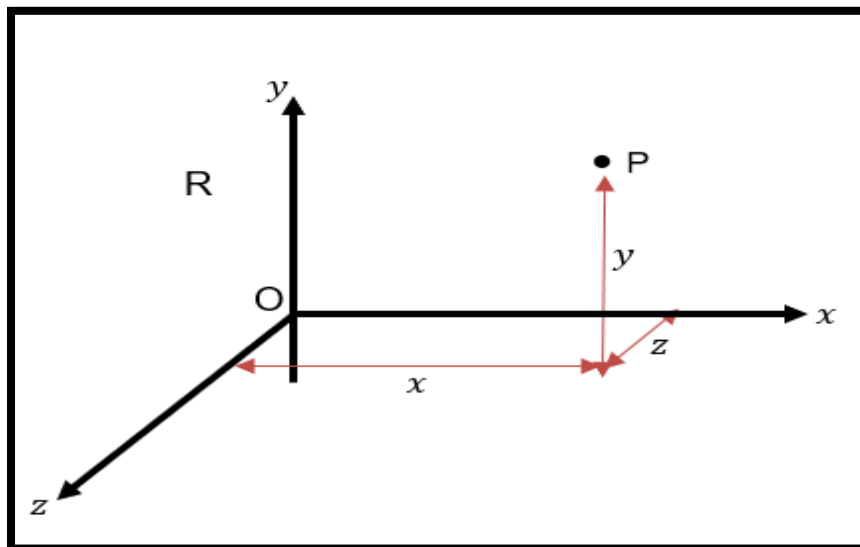
Antes de discorrer sobre as transformações de Lorentz, devemos analisar as transformações de Galileu, para compreendermos a necessidade de ajuste a ser realizado nos conceitos da física clássica. Assim sendo, o físico italiano Galileu Galilei foi um dos primeiros cientistas a estudar sobre o movimento dos corpos. Ele desenvolveu um conjunto de equações matemáticas que descrevem as transformações de grandezas físicas em relação a diferentes referenciais inerciais em movimento uniforme, tornando parte fundamental no estudo da física clássica. Este estudo foi desenvolvido durante o século XVII, através de observações de experimentos simples sobre o movimento dos corpos na superfície da Terra, como por exemplo, rolar esferas em planos inclinados e o movimento de pêndulos. Defendeu a ideia de que se dois observadores se deslocam-se um em relação ao outro, as leis da física serão as mesmas se o movimento for retilíneo e uniforme. Essa ideia foi desenvolvida para descrever como grandezas físicas como posição, tempo e velocidade estão relacionadas sobre o aspecto de diferentes referenciais inerciais. Esta é a base do estudo do princípio da relatividade de Galileu, implicando a impossibilidade do conceito de movimento absoluto, onde são aplicadas a corpos com velocidades muito inferiores que a velocidade da luz.

As transformações de Galileu descrevem como as coordenadas espaciais e do tempo em um dado referencial inercial são relacionadas com outras coordenadas em outro referencial inercial em movimento retilíneo uniforme, tornando assim um avanço significativo para a compreensão da natureza do movimento.

Vamos apresentar as transformações de Galileu considerando um sistema de referência R que está relacionado com um ponto P definido pelas coordenadas

cartesianas  $x, y$  e  $z$  (Figura 1).

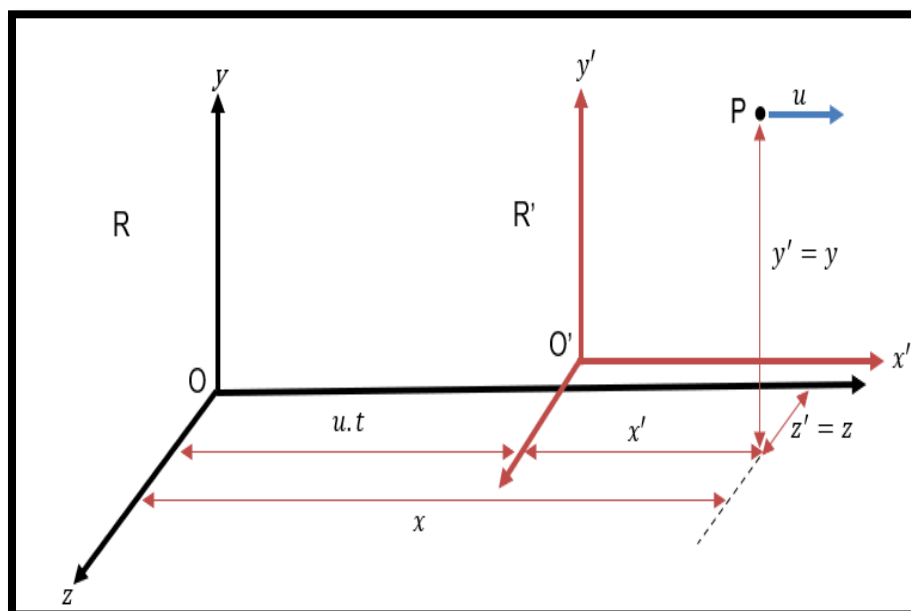
Figura 1: Representação da posição do ponto P em relação a um sistema de referência inercial R.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) com adaptações feitas pelo autor.  
Ilustração: do autor.

Agora vamos verificar como as leis fundamentais da mecânica clássica podem deduzidas com uma relação bem definida entre as coordenadas espaciais e temporais  $(x, y, z, t)$  e  $(x', y', z', t')$  de uma partícula relacionada com dois sistemas de coordenadas cartesianas, que vamos definir com S e S', e relacionados com dois referenciais inerciais diferentes, com eixos paralelos, considerando que seus eixos coincidem com  $t = t' = 0$ . Vamos considerar que o referencial R' está se movimentando em relação a R com velocidade  $u$  na direção do eixo  $x$ , como mostra a Figura 2. Essas relações são dadas pelas equações abaixo.

Figura 2: Representação de dois sistemas inerciais de referência R e R'.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) com adaptações feitas pelo autor.  
Ilustração: do autor.

Agora vamos considerar dois relógios idênticos e sincronizados, sendo que um está fixo no referencial R e o outro no referencial R'. Sejam  $t$  o instante indicado no relógio fixo em R e  $t'$  o tempo indicado no relógio fixo em R'. De acordo com Galileu, temos que  $t = t'$ .

O tempo não depende do referencial, ou seja, o intervalo de tempo de um determinado evento medido em referenciais diferentes é invariante. Este fato implica que relógios sincronizados em um dado instante permanecem sincronizados mesmo que eles passem a mudar de posição um em relação ao outro.

Portanto, temos:

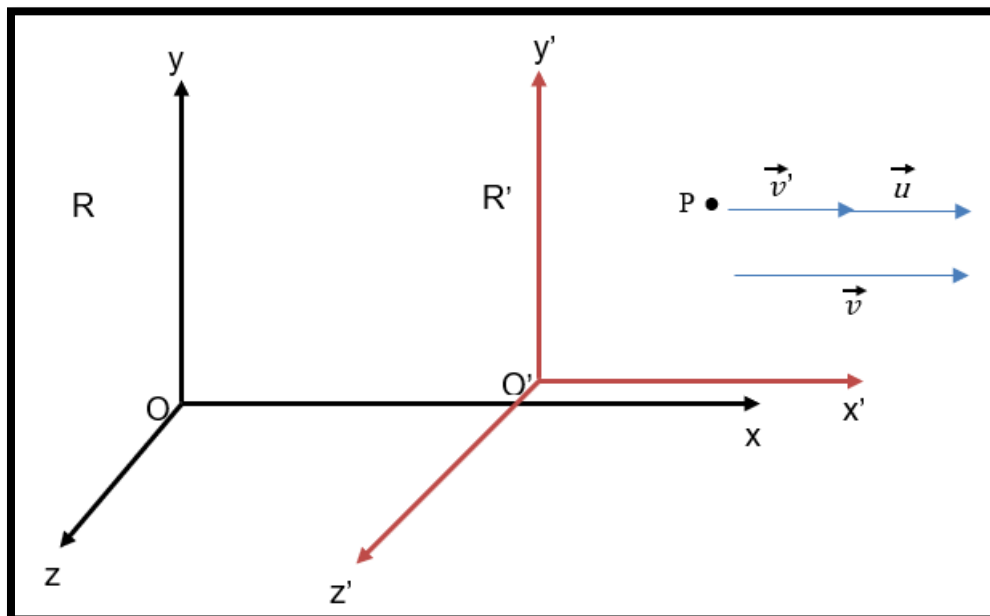
$$\begin{cases} x' = x - u \cdot t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \quad \begin{cases} x = x' + u \cdot t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

As relações descritas acima são chamadas de transformações de Galileu, consideradas bases da relatividade da Física Clássica.

Outro conceito importante das transformações galileanas afirma que as leis da mecânica são iguais para qualquer referencial inercial.

Figura 3: Representação da velocidade de P em relação a R'; da velocidade de R

em relação a R' e da velocidade de P em relação a R.



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) com adaptações feitas pelo autor.  
Ilustração: do autor.

Esse conceito pode ser comprovado através da análise da composição de velocidades. A Figura 3 abaixo mostra um ponto P movendo-se com velocidade  $v'$  na direção e no sentido do eixo  $x$ , em relação a um referencial R. Sua velocidade  $v'$ , em relação a um referencial R', que se move com velocidade  $u$ , é obtida da seguinte maneira:

$$v = v' + u$$

Assim, temos que

$$v' = v - u$$

Onde:

$v =$  *velocidade resultante*

$v' =$  *velocidade relativa*

$u =$  *velocidade de arrastamento*

Sabendo da definição da aceleração média, temos:

$$a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t} \Rightarrow a' = \frac{v'_2 - v'_1}{\Delta t}$$

Onde  $v'_2$  e  $v'_1$  são as velocidades nos instantes  $t_2$  e  $t_1$  em relação ao sistema de referência  $R'$ , que está em movimento retilíneo uniforme em relação a  $R$ , sendo que estamos considerando  $R$  como um referencial inercial.

Assim sendo, partindo da equação  $v' = v - u$ , temos que:

$$\text{no instante } t_1, \text{ temos } v'_1 = v_1 - u$$

$$\text{no instante } t_2, \text{ temos } v'_2 = v_2 - u$$

no intervalo  $\Delta t$ , temos:

$$v'_2 - v'_1 = (v_2 - u) - (v_1 - u)$$

$$v'_2 - v'_1 = v_2 - v_1$$

$$\Delta v' = \Delta v$$

Ou seja,

$$\frac{\Delta v'}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a' = a$$

Desta forma, a aceleração é uma invariante segundo uma transformação de Galileu.

Vale ressaltar que se as acelerações médias são iguais, então as acelerações instantâneas também são iguais. Considerando que as interações entre as partículas são regidas pela 2ª Lei de Newton, ou seja,  $F = m \cdot a$ , considerando ainda que a massa da partícula é constante, então as forças observadas nos referenciais  $R$  e  $R'$  são iguais, já que as acelerações também são iguais. Assim podemos concluir que as leis da Mecânica não se modificam quando são verificadas em relação a sistemas de referência inerciais.

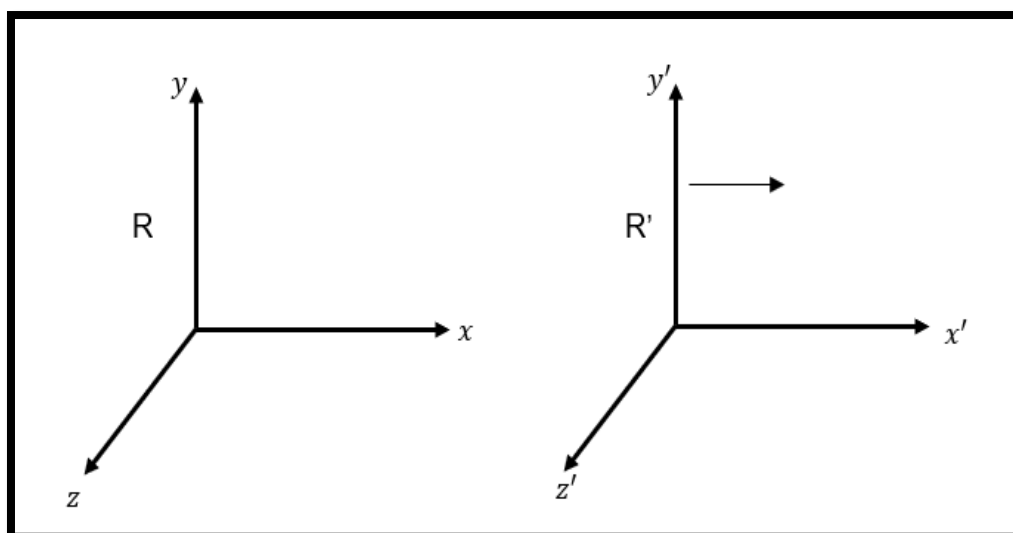
### 4.3 As transformações de Lorentz

Tão logo que surgiu as equações de Maxwell, os cientistas perceberam que a aplicação das transformadas de Galileu para descrever o comportamento de ondas eletromagnéticas em outros referenciais apresentava graves problemas do ponto de vista físico. Na intenção de romper com as contradições da física de seu tempo, o cientista holandês Hendrik Lorentz, tentou curar as transformadas de Galileu sugerindo haver um fator de correção que representou por  $\gamma$ , capaz de corrigi-las.

Assim, podemos definir as transformações de Lorentz como um conjunto de equações matemáticas que relacionam as coordenadas espaço-temporais de um ponto no espaço, de acordo com dois sistemas de coordenadas cartesianas, representados por R e R'

Admitindo que o princípio da relatividade fosse válido também para o eletromagnetismo, Lorentz deduz as equações que relacionam as coordenadas espaço-temporais de um ponto do espaço, segundo os dois sistemas de coordenadas cartesianas R e R', em diferentes referenciais inerciais, como mostra a Figura 4 (CARUSO, 2006).

Figura 4: Representação do sistema de coordenadas R e R', de eixos paralelos em referenciais inerciais distintos.



Fonte: Caruso (2006) com adaptações feitas pelo autor.

Ilustração: do autor

Levando em conta que as transformações de Lorentz consideram que a velocidade da luz é a mesma em todos os referenciais inerciais, houve a necessidade de fazer um ajuste nas transformadas de Galileu e mais tarde, essas transformadas, foram incorporadas à teoria da relatividade especial de Einstein. Além disso, essas transformações são essenciais para garantir que as leis da física sejam consistentes para todos os observadores sem levar em conta o seu estado de movimento.

Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) sintetiza as modificações da relatividade galileana, da seguinte forma:

Considerando que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os referenciais inerciais, temos de modificar as transformações galileanas. As

transformações que levam em conta a constância da velocidade da luz foram encontradas por Lorentz, que chegou a elas ainda raciocinando no contexto da teoria do éter. Foi Einstein que deu aos resultados de Lorentz uma nova interpretação, quando considerou que o éter não existe, concluindo que os efeitos observados se devem exclusivamente às propriedades do espaço e do tempo (RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO, 2009, p.433)

Considerando as transformações de Galileu representadas na Figura 2, vamos definir um evento físico que aconteceu num ponto P qualquer, temos as coordenadas  $(x, y, z, t)$  no referencial R e  $(x', y', z', t')$  no referencial R', da seguinte forma:

$$\begin{cases} x' = x - u \cdot t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = x' + u \cdot t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

É importante ressaltar que estamos diferenciando as notações dos tempos marcados em diferentes referenciais, pois nada garante que o tempo passe igualmente para ambos.

Lembrando que para velocidades muito menores que a velocidade da luz ( $v \ll c$ ), as transformações de Galileu são suficientes. Porém, para velocidades menores que a velocidade da luz, é necessária uma correção.

Assim temos, na tentativa de correção, o seguinte:

$$x' = \gamma(x - u \cdot t) \quad (01)$$

Da mesma forma, temos que a transformação inversa é:

$$x = \gamma(x' + u \cdot t') \quad (02)$$

Onde  $\gamma$  representa o fator de Lorentz.

Como estamos considerando os tempos diferentes nos dois referenciais, vamos deduzir o tempo no referencial R' levando em conta que a velocidade da luz é

a mesma em qualquer referencial inercial. Para isso, vamos analisar a emissão de um raio de luz através de uma fonte localizada na origem, ou seja:

$$x = x' = 0 \quad (03)$$

$$t = t' = 0 \quad (04)$$

Considerando que a velocidade da luz, representada por  $c$ , é mesma nos dois referenciais R e R', assim temos que:

$$c = \frac{x}{t} \quad (05)$$

Ou seja, para o referencial R, temos:

$$x = ct \quad (06)$$

Da mesma maneira temos para o referencial R':

$$x' = ct' \quad (07)$$

Substituindo as equações (6) e (7) nas equações (1) e (2), temos:

$$ct' = \gamma(ct - ut) \quad (08)$$

$$ct' = \gamma(c - u)t \quad (09)$$

Da mesma maneira, temos:

$$ct = \gamma(c + u)t' \quad (10)$$

Isolando o termo  $t'$  da equação (10), obtemos:

$$t' = \frac{\gamma(c - u)t}{c} \quad (11)$$

Substituindo a equação (11) na equação (10), obtemos:

$$ct = \frac{\gamma(c + u) \cdot \gamma(c - u)t}{c} \quad (12)$$

$$c^2 = \frac{\gamma(c + u) \cdot \gamma(c - u)t}{t} \quad (13)$$

$$c^2 = \gamma^2(c^2 - u^2) \quad (14)$$

Isolando o  $\gamma$ , temos que:

$$\gamma = \sqrt{\frac{c^2}{c^2 - u^2}} \quad (15)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{c^2}{c^2 \left( \frac{c^2 - u^2}{c^2} \right)}} \quad (16)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{\left( 1 - \frac{u^2}{c^2} \right)}} \quad (17)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{u}{c} \right)^2}} \quad (18)$$

A expressão  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{u}{c} \right)^2}} \geq 1$  é o denominado fator de Lorentz.

Considerando  $\beta = \frac{u}{c}$ , temos que quando  $u \ll c$  ( $\beta \approx 0$ ) o fator de Lorentz  $\gamma \rightarrow 1$ , ou seja, voltamos para as transformadas de Galileu.

Isolando  $t$  da equação (6), temos  $t = \frac{x}{c}$ , substituindo na equação (11), teremos:

$$t' = \frac{\gamma(c - u)}{c} \cdot \frac{x}{c} \quad (19)$$

$$t' = \frac{\gamma(cx - ux)}{c^2} \quad (20)$$

$$t' = \gamma \left( \frac{cx}{c^2} - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (21)$$

$$t' = \gamma \left( \frac{x}{c} - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (22)$$

Como  $t = \frac{x}{c}$ , teremos então

$$t' = \gamma \left( t - \frac{ux}{c^2} \right) \quad (23)$$

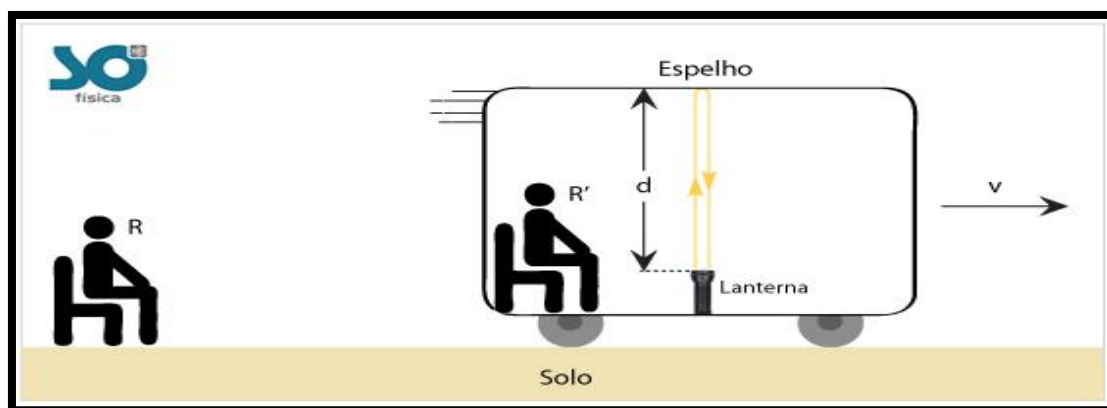
Agora temos novas equações, chamadas de transformações de Lorentz.

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - u \cdot t) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma \left( t - \frac{ux}{c^2} \right) \end{cases} \quad \begin{cases} x = \gamma(x' + u \cdot t') \\ y' = y \\ z' = z \\ t = \gamma \left( t' + \frac{ux'}{c^2} \right) \end{cases}$$

#### 4.4 Dilatação temporal

Como consequência do segundo postulando de Einstein, temos a dilatação do tempo que nada mais é do que a diferença da medida do tempo por dois relógios idênticos e perfeitamente sincronizados que surge quando um desses relógios está se movendo em uma velocidade próxima a velocidade da luz ou ainda quando está sujeito a um campo gravitacional diferente do que se encontra o outro relógio.

Figura 5: Esquema da reflexão de um sinal luminoso no teto de um vagão de um trem que se descola com velocidade  $v$ , visto por um observador no seu interior.



Fonte: DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019  
Ilustração: do autor

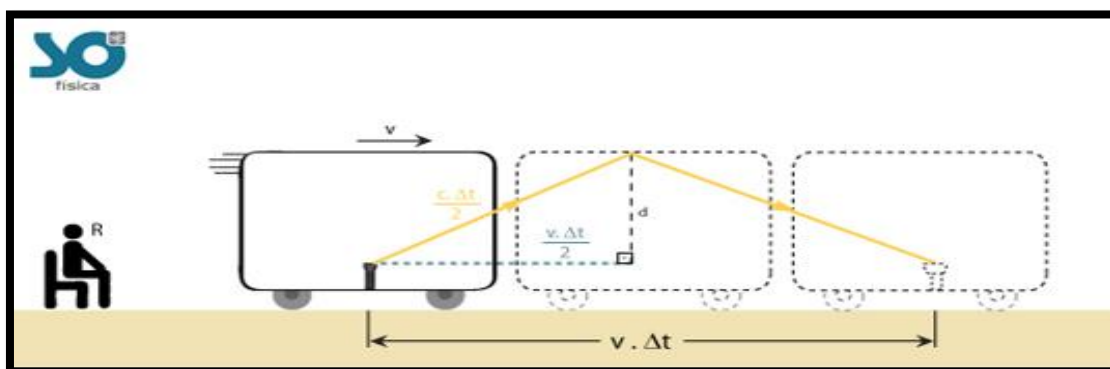
Vamos considerar um observador  $R'$  dentro do vagão de um trem em

movimento retilíneo uniforme com velocidade  $v$  em relação aos trilhos, observando um sinal luminoso emitido de uma lanterna localizada à uma distância  $d$  do teto do vagão. Assim, para o observador  $R'$  temos que:

$$\Delta t' = \frac{\Delta S}{v} \Rightarrow \Delta t' = \frac{2d}{c} \quad (24)$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz.

Figura 6: Esquema da reflexão de um sinal luminoso no teto de um vagão de um trem que se desloca com velocidade  $v$ , visto por um observador exterior.



Fonte: DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019  
Ilustração: do autor

Porém, para o referencial  $R$ , devido ao movimento do vagão, os eventos não ocorrem em um mesmo ponto, e o intervalo de tempo entre as ocorrências, conforme a Figura 6, é dado por:

$$\left(\frac{c \cdot \Delta t}{2}\right)^2 = d^2 + \left(\frac{v \cdot \Delta t}{2}\right)^2 \Rightarrow \frac{c^2 \cdot \Delta t^2}{4} = d^2 + \frac{v^2 \cdot \Delta t^2}{4}$$

$$c^2 \cdot \Delta t^2 = 4d^2 + v^2 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow \Delta t^2(c^2 - v^2) = 4d^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{4d^2}{(c^2 - v^2)} \Delta t^2 \Rightarrow \Delta t^2 = \frac{4d^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Aplicando raiz quadrada nos dois termos, obtém-se

$$\Delta t = \sqrt{\frac{4d^2}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (25)$$

$$\Delta t = \frac{2d}{c} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (26)$$

Considerando  $\Delta t' = \frac{2d}{c}$ , temos

$$\Delta t = \Delta t' \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \quad (27)$$

$$\Delta t = \gamma(v)\Delta t' \Rightarrow \Delta t \geq \Delta t'$$

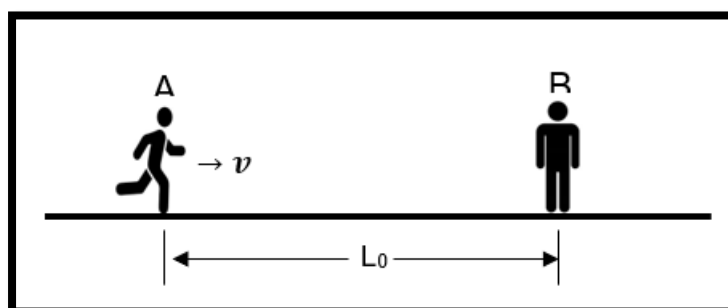
Onde  $\gamma(v) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$  é o fator de Lorentz.

Assim, temos que, a medida de intervalo de tempo não-própria é maior que a medida de intervalo de tempo própria. Essa é a chamada dilatação temporal, que tem a ver com percepções distintas de um mesmo fenômeno, conforme o estado de movimento do observador. Não é possível um dado observador perceber qualquer dilatação temporal sem que haja alteração de seu estado de movimento relativo (CARUSO, 2006).

#### 4.5 Contratação Espacial

Considere um observador A se deslocando com velocidade  $v$  em relação a um observador B em repouso numa estrada, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7: Representação do comprimento próprio de um trecho de estrada.



Fonte: Caruso (2006) com adaptações feitas pelo autor.  
Ilustração: do autor

Podemos verificar que para o observador B, o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) que o observador A percorre no trecho  $L_0$  é dado por

$$\Delta t = \frac{L_0}{v} \quad (28)$$

Assim como, para o observador A, o intervalo de tempo que ele necessita para percorrer o trecho  $L_0$  é chamado de tempo próprio ( $\Delta t'$ ).

Como

$$\Delta t = \gamma(v)\Delta t'$$

Temos que

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma(v)} \quad (29)$$

Substituindo a equação (28) na equação (29), obtemos

$$\Delta t' = \frac{L_0}{v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (30)$$

Considerando que o observador A pode determinar o comprimento ( $L$ ) do trecho da estrada através da equação

$$L = v \cdot \Delta t' \quad (31)$$

Temos que

$$L = \frac{L_0}{\gamma(v)} \quad \Rightarrow \quad L \leq L_0 \quad (32)$$

Ou seja, a equação 32 mostra que a medida de comprimento não própria é menor que a medida própria. Esse resultado proposto por Lorentz e Fitzgerald, foi chamado de contração do comprimento. Portanto, como no caso da dilatação temporal, é importante observar que é impossível um certo observador verificar qualquer contração espacial sem que seu estado de movimento relativo seja alterado (CARUSO, 2006).

#### 4.6 Massa Relativística

O conceito de massa relativística concerne de como a massa de um objeto varia com sua velocidade. Esta observação é fundamental para a compreensão da

relação entre a massa e a energia de um objeto quando se move com velocidade próxima a velocidade da luz. Einstein reformulou os conceitos de massa e energia para que a conservação da quantidade de movimento continuasse válida para nas colisões entre partículas subatômicas, ou seja, partículas com velocidades comparáveis com a velocidade da luz. (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009)

Considerando a massa de um corpo que está em repouso em relação a um referencial como  $m_0$  e a massa do mesmo corpo, agora em movimento com velocidade  $u$  em relação ao mesmo referencial, temos:

$$m = \gamma \cdot m_0 \quad (33)$$

Sendo

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (34)$$

Substituindo a Equação 34 na Equação 33, passamos a ter:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (35)$$

Analisando a Equação 35, é importante salientar que quando  $u = 0$  (massa do corpo em repouso), temos que  $\gamma = 1$ , ou seja, a massa do corpo em movimento sempre será maior que sua massa quando estiver em repouso. Nicolau, Ramalho e Toledo (2009) afirmam ainda que:

O aumento da massa não significa que aumenta o número de partículas (átomos, moléculas etc.) do corpo, e sim a inércia deste. Se o corpo atingisse a velocidade da luz, nenhuma força seria capaz de acelerá-lo, pois foi atingida a velocidade limite. Neste caso, a inércia do corpo seria infinita. (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009, p. 440)

A teoria da relatividade especial trouxe uma consequência importantíssima para a Física Moderna, de acordo com Einstein, podemos considerar a massa como uma forma de energia, ou seja, a energia apresenta uma inércia que é medida pelo quociente do valor da energia pelo quadrado da velocidade da luz. Assim, pode-se atribuir a toda massa, além da energia potencial do corpo num campo de forças, sua própria energia igual a  $mc^2$ , concluindo que massa e energia são propriedades

distintas do mesmo corpo, como descreve a Equação 36.

$$E = mc^2 \quad (36)$$

O Sol é uma fonte de energia que podemos exemplificar essa conversão de matéria em energia de forma contínua. Porém, essa conversão acontece em todos os processos nos quais a energia é liberada, como por exemplo, nas bombas atômicas (NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO, 2009).

## Capítulo 5: METODOLOGIA

Serão apresentados nesses capítulos os procedimentos metodológicos que foram utilizados para aplicação desse projeto, assim como a escola que foi realizada a implementação da sequência didática desenvolvida, os recursos tecnológicos utilizados, os filmes exibidos como ferramentas didáticas para facilitação do entendimento dos conceitos físicos apresentados.

A principal fundamentação teórica que serviu como base para a implementação desse projeto foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel a qual foi primordial para que fosse possível coletar dados dos conhecimentos prévios dos alunos, assim como a verificação dos novos conceitos aprendidos.

Neste contexto, para demonstrar aos alunos a interdisciplinaridade deste tema, faz-se necessário apresentar durante as aulas como a Teoria de Einstein, publicada em 1905, teve um impacto significativo em outras áreas do conhecimento, como a filosofia e a história. Na filosofia, a Teoria da Relatividade desafia conceitos tradicionais como o espaço e o tempo impactando consideravelmente em áreas como a epistemologia (área que estuda o conhecimento) e a ontologia (área que estuda o ser).

Na história, a Teoria de Einstein está consideravelmente ligada ao contexto histórico da época. É importante que seja priorizado, durante as aulas do produto educacional, a relevância do impacto que as ideias de Einstein tiveram diante das questões não resolvidas da física clássica no início do século XX. A sociedade da época adotou a relatividade como uma metáfora cultural que descrevia o mundo em transformação no que dizia respeito a modernidade, a quebra de paradigmas. Esse fato ficou evidenciado quando artistas da época, como Salvador Dali e Marcel Proust, mostraram através de suas obras, como foram influenciados por essa nova forma de ver o espaço e o tempo.

A ideia é apresentar a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein através da exibição de filmes consagrados pela crítica de cinema, permitindo que os alunos tenham a percepção de alinhar os conhecimentos que já carregavam pelas suas experiências de vida com os conceitos apresentados na trama do filme. Essa prática possibilita que os espectadores consigam diferenciar a ciência da ficção depois de

adquirir conhecimentos suficientes durante as aulas da sequência didática. Trazer o cinema para a sala de aula significa buscar uma alternativa para apresentar os conceitos da física moderna de uma maneira mais acessível para aqueles que tem ainda enraizado ideias do senso comum difícil de serem percebidas de uma perspectiva mais voltada para a ciência. Esta proposta busca romper a barreira do ensino tradicional e trazer os alunos, não como meros espectadores capazes de resolver questões de uma forma mecanizada, mas sim como protagonistas na construção do saber, claro, com a mediação do professor, ou seja, o professor como mediador e um dos interlocutores no processo de construção de conhecimento.

Nessa perspectiva, o projeto não consiste em apenas trabalhar com o cinema em sala de aula, mas sim buscar levar o conhecimento da física moderna envolvida com a trama do filme. Por outro lado, é importante explorar bastante a parte emocional proporcionada pela trama do filme para que possamos alinhar com alguns conceitos da Teoria da Aprendizagem de Ausubel, buscando assim, uma maior atenção e interesse pela atividade pedagógica proposta. Além disso, a proposta deste projeto vai além do ensino de física, pode-se trabalhar bastante a interdisciplinaridade, tendo em vista que outros aspectos importantes para a formação dos alunos são abordados de uma forma contundente nos filmes, como, contextos sócio-histórico e político-cultural, contextos que envolvem a moral e ética, dentre outros. Assim o professor com o papel de mediador pode explorar bastante esses contextos confrontando com a complexidade dos conhecimentos e das sociedades contemporâneas, apresentando aos alunos o acesso a essas discussões.

Antes e durante a exibição do filme será aplicada uma transposição didática para apresentação dos conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, que é o objeto de conhecimento proposto para esse projeto.

Segundo Melo (2014) o termo Transposição didática existe foi atribuída ao sociólogo Michel Varret na publicação da sua tese defendida em 1975, na França, mas esse termo foi usado por Yves Chevallard no ensino de matemática (ALMEIDA, 2011 apud MELO, 2014). O termo transposição didática é apresentado no livro, *La transposition Didactique: du savoir savant au savoir enseigné*.

Almeida (2011), diz que nesse livro Chevallard acrescenta sobre a transposição didática

[...] *savoir savant* (saber do sábio), que no caso é o saber elaborado pelos cientistas; o *savoir a enseigner* (saber a ensinar), que no caso é a parte específica aos professores e que está diretamente relacionada à didática e à prática de condução de sala de aula; e por último o *savoir enseigné* (saber ensinado), aquele que foi absorvido pelo aluno mediante as adaptações e as transposições feitas pelos cientistas e pelos professores (ALMEIDA, 2011, p. 10).

Seguindo essa metodologia, a sequência didática proposta será composta de 8 aulas de 45 minutos cada. No primeiro momento da transposição didática, será feita uma sondagem, através da aplicação de um questionário, a fim de verificar o que os alunos sabem sobre a biografia de Albert Einstein, qual o interesse pela leitura e pelo cinema com obras de ficção científica e qual o grau de conhecimento prévio dos alunos sobre as transformações de Galileu e o conceito de referencial inercial. Logo após serão apresentados os postulados de Einstein e as Transformações de Lorentz. A partir daí, seguindo com nossa transposição didática, iniciaremos a exibição do primeiro filme que aborda a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, o filme *Interestelar* (INTERESTELAR, 2014). A exibição será dividida em quatro partes de 30 minutos cada, para que possa restar 15 minutos das aulas para apresentação de conceitos do tema proposto. Na 7ª aula serão exibidas cenas do filme *Planeta dos Macacos* (PLANETA, 1968) que abordam conceitos da dilatação do tempo, assim como a ideia de tempo próprio e tempo relativo. Vale ressaltar que todas as explicações serão de uma forma simples e ilustrativas, sendo usados recursos didáticos como animações e ilustrações para facilitar o entendimento dos alunos. Será de suma importância a interação entre os alunos nas discussões e ideias durante as dinâmicas aplicadas. Exploraremos a comparação dos conceitos físicos com as propostas apresentadas em dois filmes do gênero ficção científica que serão exibidos durante as aulas propostas na sequência didática, para que os estudantes possam perceber a diferença entre ficção e ciência. Na última aula será aplicado um questionário para avaliar o grau de entendimento do tema proposto e a satisfação dos alunos.

### **5.1 Metodologia de aplicação do produto educacional**

O produto educacional foi aplicado no Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas (CMPM 1), localizada na Av. Codajás, S/N, no bairro da Cachoeirinha, na cidade de Manaus. Apesar de ser uma escola administrada pela Polícia Militar do Amazonas e ter um regimento próprio, ela pertence a rede pública estadual do Estado do Amazonas. A escola se destaca das demais escolas da Seduc-Am pelos

resultados alcançados diante dos vestibulares para ingresso à Universidade pública. Tais resultados são consequência de uma aplicação de estudo diferenciado, com um material pedagógico diferente das demais escolas estaduais e pelo maior nível educacional proposto. Por esse fato e pelo conhecimento que eu tenho das diretrizes da escola, tendo em vista que já é realizado um trabalho nela a mais de 8 anos, é que a escola foi escolhida para a implementação do produto educacional.

A turma escolhida para a implementação do produto educacional foi uma turma da segunda série, com 27 alunos matriculados, com um nível de conhecimento homogêneo, porém com alguns alunos que tem um pouco mais dificuldades de assimilar conceitos físicos e principalmente da matemática. Mas a experiência com a realidade da comunidade escolar foi imprescindível para essa determinação, assim como o conhecimento do interesse e do excelente desempenho apresentado pelos alunos da turma.

O produto educacional foi aplicado no segundo semestre de 2023, utilizando duas aulas por semana, dentro dos tempos da disciplina Projetos Integradores do Novo Ensino Médio, em um total de oito aulas, sendo a primeira aula com duração de 60 minutos e oito aulas com duração de 45 minutos cada aula, divididas de forma que fosse possível apresentar todos os conceitos propostos e a exibição dos filmes de ficção científica para que os objetivos propostos por esse projeto fossem alcançados. As aulas aconteceram exatamente nas terça-feira e nas quinta-feira, dias que a turma tinha um tempo de aula destinado à disciplina Projetos Integradores do Novo Ensino Médio.

O Quadro 2 apresenta a organização da sequência didática apresentada para a implementação do produto de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel que foi amplamente explorada durante as aulas apresentadas e durante a exibição do filme proposto para destacar os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.

Quadro 2 – Apresentação da sequência didática aplicada

Aulas	Atividade	Dia da aula	Tempo de aula
1ª Aula	Aplicação do questionário para identificação dos conhecimentos prévios;	Terça-Feira	60

	Apresentação de uma breve biografia de Albert Einstein; Apresentação das Transformadas de Galileu.		minutos
2ª Aula	Apresentação dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Fator de Lorentz.	Quinta-feira	45 minutos
3ª Aula	Início da exibição do filme <i>Interstellar (2014)</i> ; Dilatação do tempo.	Terça-feira	45 minutos
4ª Aula	Continuação da exibição do filme <i>Interstellar (2014)</i> ; Dilatação do comprimento.	Quinta-feira	45 minutos
5ª aula	Continuação da exibição do filme <i>Interstellar (2014)</i> ; Quantidade de movimento relativístico.	Terça-feira	45 minutos
6ª Aula	Encerramento da exibição do filme <i>Interstellar (2014)</i> ; Rodas de discussões.	Quinta-feira	45 minutos
7ª Aula	Exibição de cenas do filme <i>Planeta dos Macacos (1968)</i> ; Conceito de tempo próprio e tempo relativo. Organização de equipes para debates sobre os conceitos da relatividade apresentadas nos filmes <i>Interstellar (2014)</i> e <i>Planeta dos Macacos (1968)</i> .	Quinta-feira	45 minutos
8ª Aula	Aplicação de um questionário de avaliação sobre os conceitos de relatividade explorados.	Terça-feira	45 minutos

## 5.2 Aplicação do produto educacional e análise dos resultados

A partir de agora, serão apresentadas as etapas do produto educacional juntamente com a análise dos resultados encontrados em cada etapa. É importante ressaltar que a análise foi feita exclusivamente sobre as respostas dos alunos e pelas observações feitas durante os debates nas rodas de discussão propostas nas etapas, assim como, sobre os comentários apresentados durante as aulas.

As etapas apresentadas foram as seguintes:

- ✓ Aplicação de um questionário para verificação do conhecimento prévio dos alunos:
- ✓ Exibição do filme *Interestelar (2014)* juntamente com apresentação de conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein.
- ✓ Exibição de cenas do filme *Planeta dos Macacos (1968)*.
- ✓ Formação de equipes para roda de discussões sobre os conceitos apresentados e observados durante as exibições dos filmes.
- ✓ Aplicação de questionário para verificação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos.

### 5.2.1 Apresentação da sequência didática

Este produto educacional consiste em uma sequência didática aplicada a alunos da segunda série através da disciplina Projetos Integradores do Novo Ensino Médio, com uma proposta diferente da que eles estão acostumados a serem submetidos, a ideia é trazer para os estudantes, uma visão diferente da física aplicada desde o final do ensino fundamental, algo mais aplicado no nosso cotidiano e um contexto histórico relacionado com a evolução da tecnologia. O conflito com os conhecimentos adquiridos através de suas experiências de vida e a nova realidade apresentada com os conceitos da Teoria da Relatividade é de suma importância para que seja alcançado nosso objetivo.

Antes do início da exibição do filme de ficção científica proposto, foi necessário aplicar um questionário para averiguar o conhecimento prévio dos alunos, assim como foi aplicado outro questionário no final da aplicação da sequência didática. Os questionários utilizados como instrumento de coleta de dados

e a análise de conteúdo foram baseados no método de Bardin (2011).

A elaboração do questionário foi exclusivamente voltada para o contexto da física moderna, a fim de verificar com o entendimento dentro do senso comum dos estudantes.

Todavia, GIL (2002) esclarece:

A elaboração de um questionário consiste basicamente em traduzir os objetivos específicos da pesquisa em itens bem redigidos. Naturalmente, não existem normas rígidas a respeito da elaboração do questionário. Todavia, é possível, com base na experiência de pesquisadores, definir algumas regras a esse respeito [...] (GIL, 2002, p.116).

Para Bardin (2011) a análise de conteúdo é representada por um conjunto de técnicas que busca descrever o conteúdo aplicado, através de forma oral ou na composição de texto. Esta técnica possibilita um levantamento de indicativos quantitativos ou não quantitativos possibilitando conclusões importantes para os dados coletados.

Desta forma, a análise do questionário para conhecimento prévio dos alunos foi feita baseada em conclusões apenas quantitativas.

### **5.2.2 Análise das respostas do questionário de conhecimento prévio dos alunos**

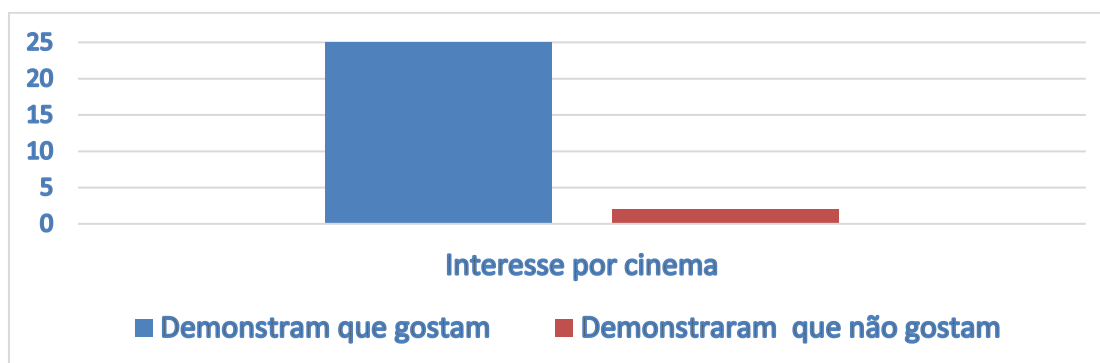
O primeiro momento da sequência didática foi destinado a explicação de como as aulas de daríam durante a implementação do produto educacional e à aplicação do questionário com o objetivo de buscar o conhecimento prévio dos alunos, de acordo com o seu senso comum, de conceitos da mecânica newtoniana e da mecânica relativística de Einstein, além disso, buscou-se também extrair dos alunos interesses sobre a metodologia proposta neste projeto, ou seja, qual a aceitação dos estudantes como forma de entretenimento.

O questionário contém dez perguntas, sendo duas para explorar o interesse por cinema e por filmes de ficção científica, levando em conta a metodologia aplicada neste projeto, quatro questões para exploração do conhecimento dos alunos referentes ao estudo do movimento dos corpos, tendo em vista que o produto foi aplicado em uma turma de segunda série do Ensino Médio, ou seja, subentende-se que este conteúdo já tenha sido explorado no ano anterior, e as últimas quatro questões relacionadas com o estudo da mecânica relativística. Todas as respostas

foram representadas por gráficos para que fosse feita uma análise quantitativa.

A primeira pergunta buscou analisar qual o nível de interesse por cinema. Como questionário foi aplicado individualmente para que fosse feita uma análise quantitativa, ou seja, buscou-se identificar os números de alunos que realmente gostavam e buscavam esse tipo de entretenimento, foi possível ter um dado preciso do perfil da turma para aplicação do projeto. Dos vinte e sete alunos, apenas dois alunos não mostraram interesse por cinema, assim concluiu-se que haveria uma grande aceitação pela principal proposta do produto que é de transformar a sala de aula numa sala de cinema para levar os alunos a terem acesso ao ensino da física moderna através da Teoria da Relativa de Einstein.

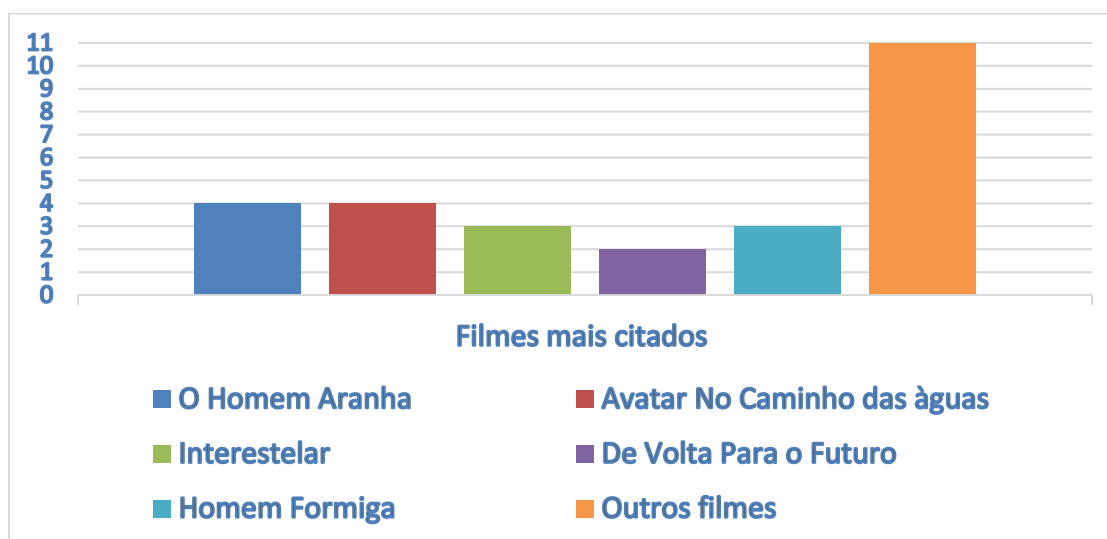
Gráfico 1: Respostas da primeira questão



Fonte: Dados da pesquisa

A questão dois teve como objetivo explorar o conhecimento sobre filmes de ficção científica, desta forma foi possível analisar a frequência que filmes desse gênero são procurados. Alguns filmes, pelo fato de estarem em exibição nos cinemas na época da aplicação do produto, foram mais lembrados. O filme *De Volta para o Futuro (1985)*, clássico do gênero, foi citado duas vezes, devido ao fato de ser mais antigo, porém é um filme procurado por pessoas que realmente gostam de ficção científica. Já o filme *Interestelar (2014)*, que é o principal filme deste produto, foi citado apenas três vezes. Este fato chamou a atenção, pois assim o longa metragem a ser explorado na proposta do produto didático é inédito para a grande maioria da turma. Os filmes mais citados foram as versões do *O Homem Aranha*, *Avatar No Caminho das Águas* e *O Homem Formiga*, mas todos com as características do gênero proposto.

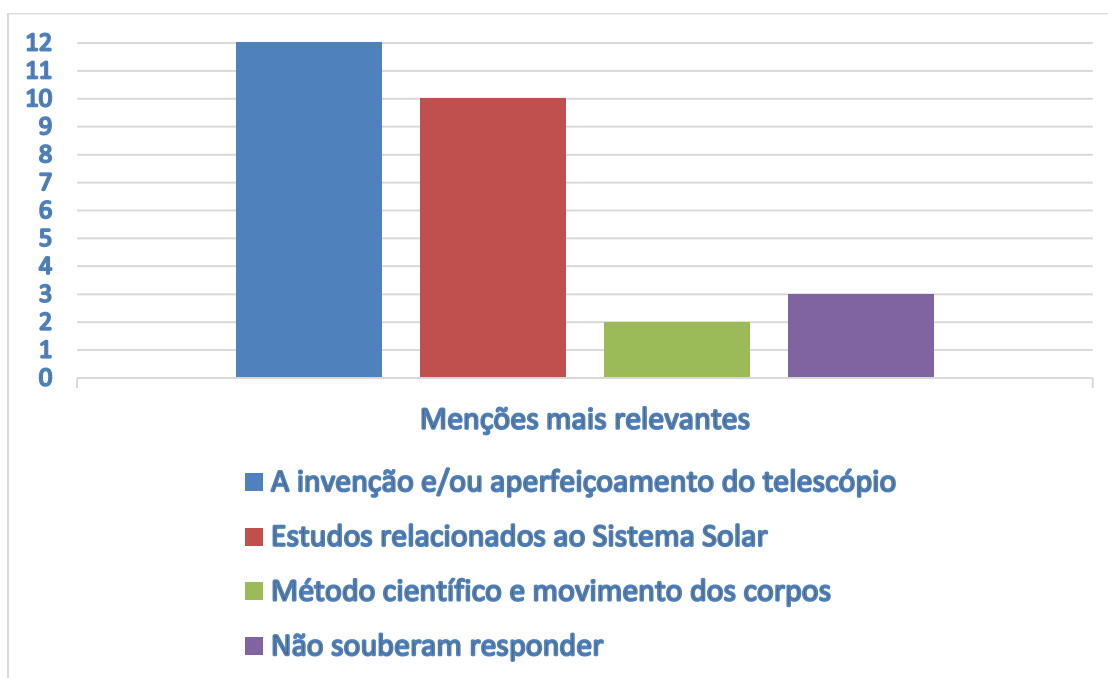
Gráfico 2: Respostas da segunda questão



Fonte: Dados da pesquisa

Na questão três começaram a ser abordados dos conceitos da mecânica clássica. Buscou-se explorar o conhecimento dos estudantes dentro de um contexto histórico, filosófico e científico, citando o nome de Galileu Galilei e sua importância para o desenvolvimento da física clássica. A questão consistia na contribuição científica de Galileu. As respostas ficaram divididas na citação da invenção e/ou aperfeiçoamento do telescópio e de estudos relacionados ao sistema solar. Nas rodas de discussões que aconteceram nas aulas seguintes, observou-se que os alunos estavam bem inteirados com a história da idade média, citando o caso da condenação de Galileu Galilei na inquisição imposta pela Igreja Católica. Em algumas respostas foram observados termos referentes ao movimento dos corpos falando sobre métodos experimentais, quando citado a invenção do telescópio foi citado também o estudo das luas de Júpiter. O termo heliocentrismo foi bastante explorado nas respostas. Apenas três alunos não souberam responder à questão.

Gráfico 3: Respostas da terceira questão



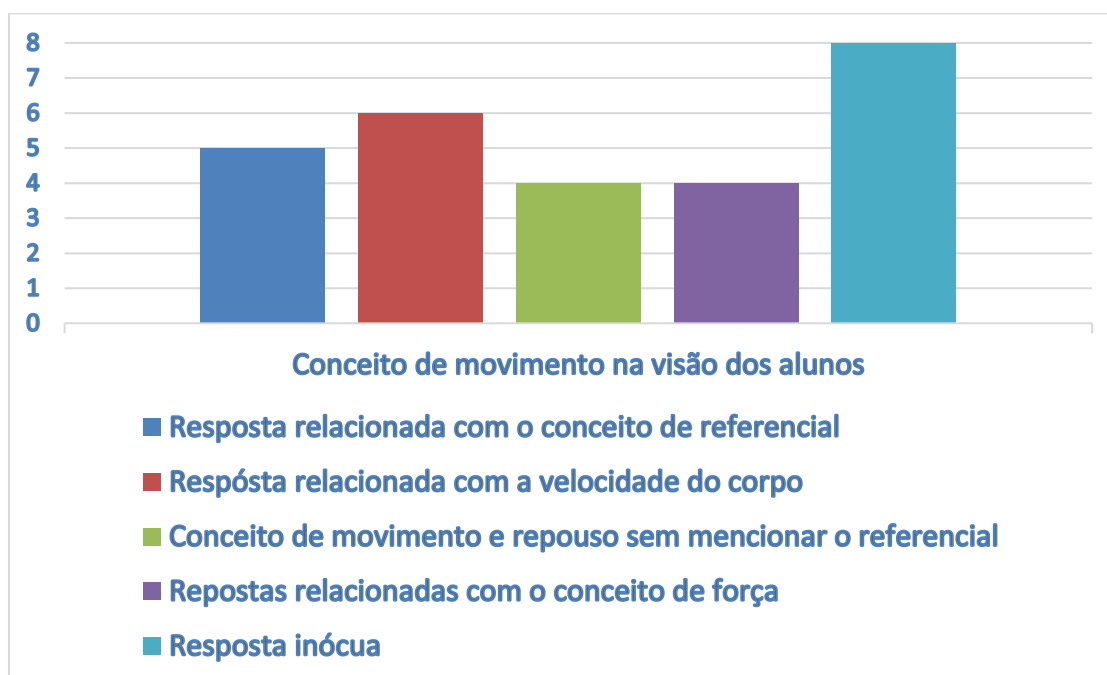
Fonte: Dados da pesquisa

A quarta questão trata-se especificamente do conceito de movimento na cinemática. Os alunos deveriam explicar a diferença entre movimento e repouso, esperando-se que as respostas trouxessem o conceito de referencial. Porém, alguns alunos relacionaram o conceito de movimento e repouso com a velocidade do corpo ou responderam de acordo com seu senso comum de conceito de repouso em movimento, mas sem mencionar o referencial. Outros alunos relacionaram sua resposta com o conceito de força. Alguns alunos deram uma resposta inócua, como por exemplo:

- *Corpo em repouso é quando está parado e em movimento é que está se mexendo ou em movimento.*
- *Um corpo em repouso é um corpo que está “parado” no seu próprio eixo (como uma linha reta) e o movimento é um corpo que se movimento fora do seu eixo.*

Vale ressaltar que somente algumas respostas foram escolhidas para serem citadas no texto deste trabalho, tendo em vista a relevância para a observação do perfil da turma e para mostrar como é a visão do aluno segundo sua percepção do mundo que o cerca.

Gráfico 4: Respostas da quarta questão



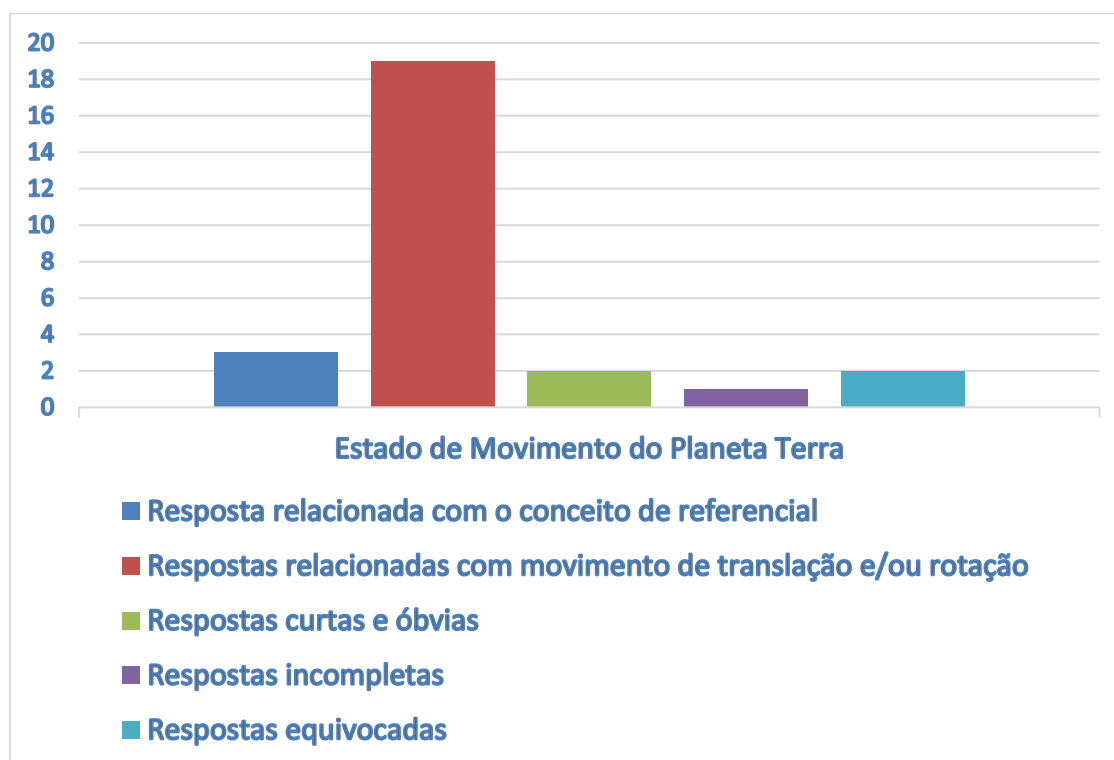
Fonte: Dados da pesquisa

A quinta questão está relacionada com a anterior, partindo da compreensão dos alunos quanto ao conceito de movimento, foi proposto que os estudantes justificassem o estado de movimento do Planeta Terra. As respostas apresentadas mostraram a falta de compreensão dos conteúdos de cinemática estudados na 1ª Série do Ensino Médio, os alunos se limitaram a responder de uma forma curta e óbvia, não se preocupando em buscar uma definição mais voltada aos conceitos da física clássica, seja por falta de conhecimento ou por falta de argumentação técnica. Apenas três respostas foram consideradas satisfatórias e a maioria das respostas justificaram o movimento da Terra com o movimento de rotação e/ou translação. Três respostas foram consideradas fora do eixo de compreensão da maioria dos alunos, duas delas totalmente equivocadas e uma incompleta, como segue:

- Em movimento, ela está caindo em direção ao Sol, rotacionando e sendo arremessado para longe.
- Movimento. (sem justificativa).
- Repouso, pois ela gira em torno do seu próprio eixo.

É perceptível a dificuldade dos alunos em compreender o conceito de referencial para determinar o estado de movimento de um corpo, esse problema já foi apresentado nas questões anteriores e ficou ainda mais evidente nesta questão.

Gráfico 5: Respostas da quinta questão



Fonte: Dados da pesquisa

Na sexta questão foi proposta uma situação para verificar a compreensão dos alunos a respeito da relatividade de Galileu. A clássica questão que consiste numa pessoa (João) dentro de um carro e deixa cair uma bola para fora do veículo e outra pessoa (Carlos) observando o carro passar na sua frente, também observa o mesmo objeto cair. Foram propostas quatro afirmativas que evidenciavam como os personagens observavam a trajetória da bola. Os alunos deveriam classificar como verdadeiro ou falso cada afirmativa. Somente cinco alunos classificaram corretamente todas as afirmativas. Ficou evidente a incoerência na maioria das respostas dos alunos, ou seja, eles não levaram em conta que, se a pessoa que estava dentro do carro observa a bola cair na direção vertical, a pessoa que está vendo o carro passar não pode ver a bola fazer a mesma trajetória.

Uma observação feita pelo aluno A<sup>1</sup>, escrita a lápis ao lado desta questão, como mostra a Figura 8, chamou a atenção, pois mostrou como a compreensão

<sup>1</sup> A identidade dos alunos não foi exigida no questionário, assim sendo, alguns estudantes serão identificados por letras maiúsculas.

apresenta uma certa confusão nessas situações que envolvem a relatividade. Daí a necessidade de simplificar as explicações de como observamos esses movimentos através de simulações e vídeos.

Figura 8: Observação feita por um aluno ao lado da oitava questão do questionário de conhecimento prévio

6) João está dentro de um carro em movimento em relação a Carlos que está parado na calçada observando o carro passar. João deixa cair uma bola de tênis pela janela. Diante da situação, assinale V para as afirmativas verdadeiras e F para as afirmativas falsas.

(V) João vê a bola cair na direção vertical.

(F) Carlos vê a bola cair na direção vertical.

(V) Carlos vê a bola fazer uma trajetória parabólica durante a queda.

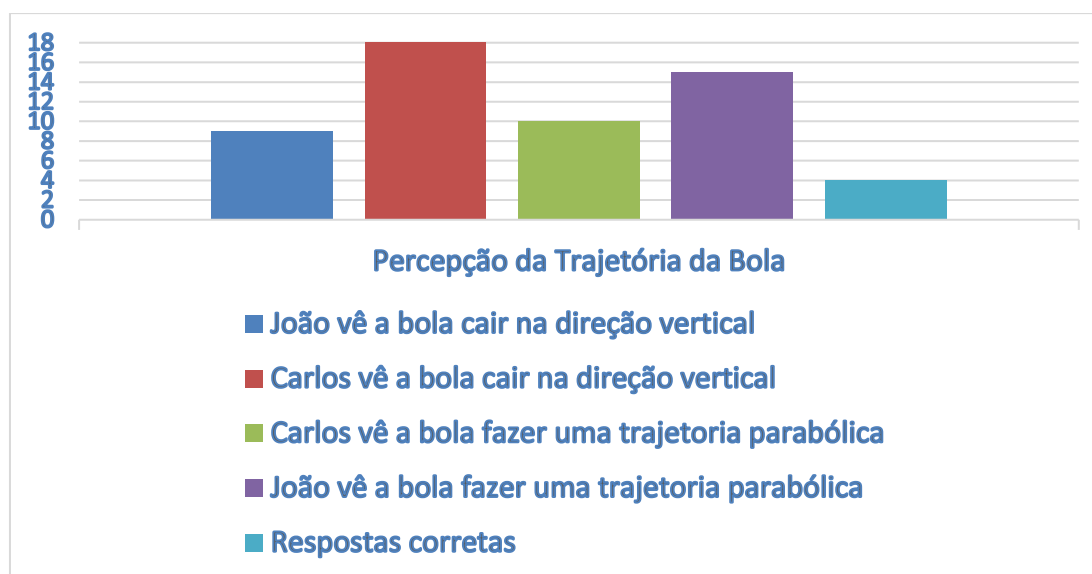
(F) João vê a bola fazer uma trajetória parabólica durante a queda.

*Não sei nenhum porque na minha cabeça não faz sentido.*

Fonte: Dados da pesquisa

No gráfico 6 fica evidenciado como a maioria das respostas foram equivocadas, ratificando assim a observação mostrada na figura 8. Podemos observar que muitos alunos consideraram como verdadeiras duas afirmativas diferentes, ou seja, afirmaram que os dois personagens da questão viram a bola fazer a mesma trajetória, independentemente da posição descrita na questão.

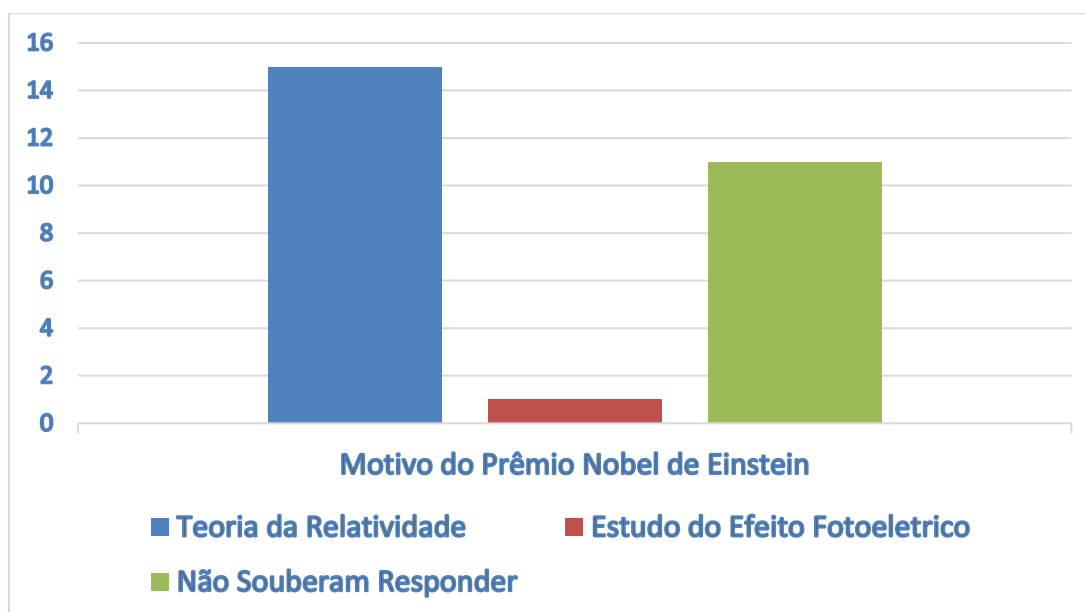
Gráfico 6: Resposta da sexta questão



Fonte: Dados da pesquisa

Na sétima questão foi explorado sobre as obras de Einstein e a sua conquista do Prêmio Nobel de Física em 1921. O Gráfico 7 mostra como as respostas evidenciaram a conclusão errônea da grande maioria dos alunos a respeito das obras do renomado cientista. Relacionaram a mais famosa obra científica com a conquista do prêmio Nobel, ou seja, a maioria não tem conhecimento do estudo do efeito fotoelétrico. Do total de vinte e sete alunos, quinze alunos acreditavam que o prêmio Nobel foi conquistado pelo estudo da teoria da relatividade, onze alunos não souberam responder e apenas um aluno respondeu corretamente. É interessante mencionar que, durante as rodas de discussões quando foi comentado a respeito, os alunos ficaram muito surpreendidos pela resposta correta a esse respeito. De fato, foi um ponto positivo, pois através desta resposta errônea, podemos trabalhar um pouco mais sobre as obras de Einstein, estimulando os alunos a buscar mais conhecimento acerca da sua biografia e a pesquisar sobre as suas obras científicas e como elas foram importantes para o desenvolvimento das atuais tecnologias.

Gráfico 7: Respostas da sétima questão



Fonte: Dados da pesquisa

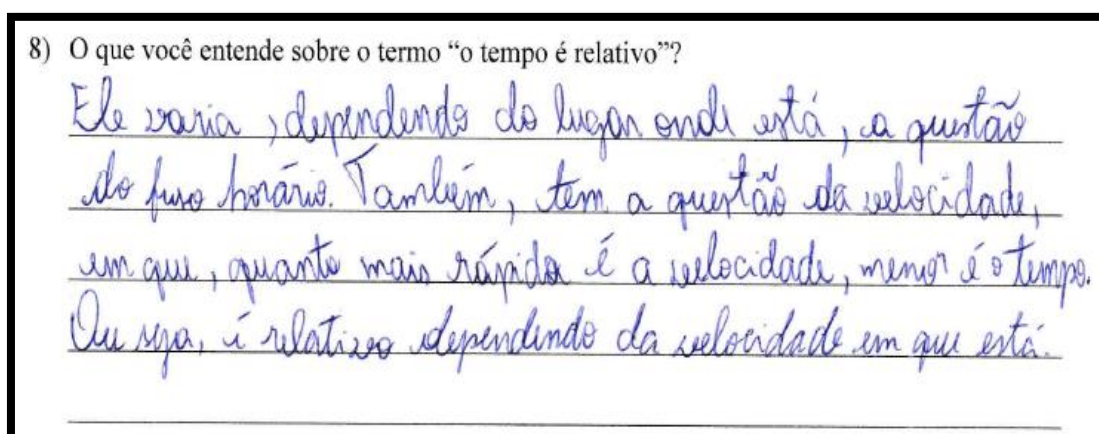
Na oitava questão foi explorado o conhecimento acerca da relatividade do tempo, dentro do senso comum dos alunos. As respostas dadas têm uma análise mais complexa a ser feita devido a grande variedade de ideias relativas a esse tema. Algumas que explicações foram meio confusas pela falta de conhecimento o que ocasionou numa dificuldade de acompanhar uma linha de raciocínio coerente. Os alunos demonstraram estar diante da mesma barreira que a maioria das pessoas,

barreira esta que impede a compreensão da ciência moderna diante do que acreditam que acontece no dia a dia. O termo “tempo relativo” é compreendido de forma bastante abstrata, daí a dificuldade de expressar suas ideias e conclusões capazes de explicar dentro de um contexto que envolve suas experiências diariamente. Algumas respostas foram bastante controversas, que gerariam muitos argumentos diferentes e conseqüentemente muito tempo para discussão afim de se chegar numa resposta mais compreensível do tema.

Sendo assim, essa questão não foi analisada através de um gráfico, mas através de imagens de respostas interessantes e inusitadas dadas por alguns alunos.

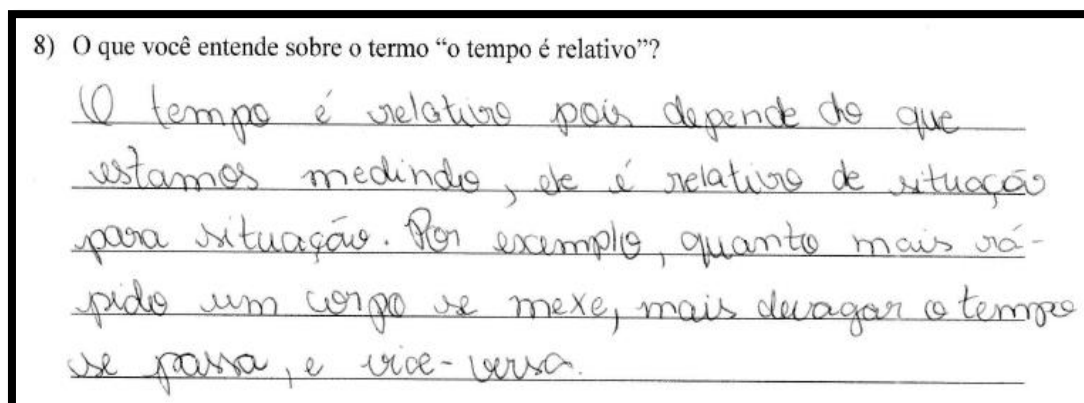
Os alunos B e C expressaram suas respostas com uma relação com a velocidade do corpo, como mostram as Figuras 9 e 10.

Figura 9: Resposta da oitava questão dada pelo aluno B



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 10: Resposta da oitava questão dada pelo aluno C



Fonte: Dados da pesquisa

A figura 11 mostra como o aluno D relacionou sua resposta com o conceito de referencial, provavelmente para justificar com as mesmas ideias apresentadas quando respondeu sobre o conceito de repouso e movimento na quarta questão.

Figura 11: Resposta da oitava questão dada pelo aluno D

8) O que você entende sobre o termo "o tempo é relativo"?

*Que ele depende do referencial do qual o medimos.*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fonte: Dados da pesquisa

Algumas respostas foram bem inusitadas, porém de grande importância para analisar o pensamento da maioria e a partir daí traçar um perfil para a turma com o objetivo de buscar meios metodológicos e didáticos para explicar um conceito tão complexo para eles. A Figura 12 mostra o ponto de vista do estudante E através de sua resposta a questão proposta.

Figura 12: Resposta da oitava questão dada pelo aluno E

8) O que você entende sobre o termo "o tempo é relativo"?

*Que sempre está mudando ou que não existe de fato.*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

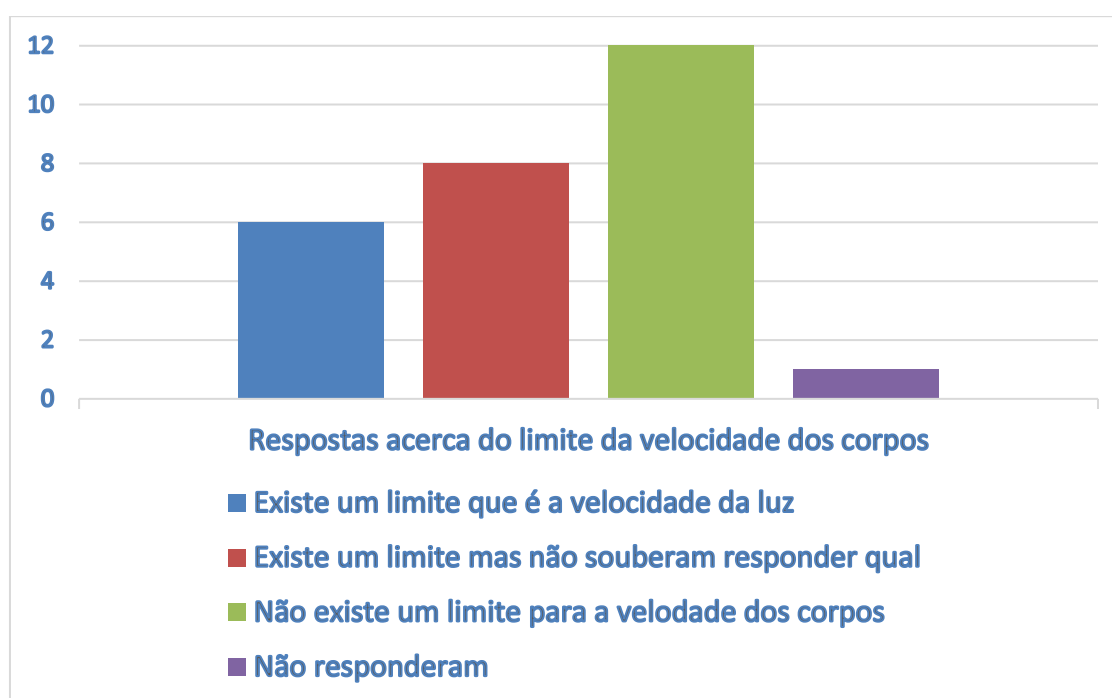
\_\_\_\_\_

Fonte: Dados da pesquisa

Na nona questão foi explorado o conhecimento prévio dos alunos acerca da velocidade dos corpos. Considerando que o conceito de velocidade já é de conhecimento através do estudo da cinemática na Primeira Série e acompanhado ao longo do período de preparação para o vestibular, esperava-se que a resposta a esta questão estivesse mais de acordo com o estudo da física moderna, porém a análise mostrou que o conhecimento prévio dos alunos a respeito ao estudo do limite da velocidade dos corpos está muito abaixo da expectativa. Apenas seis alunos responderam corretamente, oito alunos responderam que a velocidade tem um

limite, mas não souberam responder qual seria esse limite. No Gráfico 8 podemos verificar que somente um aluno não soube responder e, gerando uma certa preocupação, verificou-se que a maioria dos alunos, mais precisamente 12 alunos, responderam que não existe uma velocidade limite para os corpos.

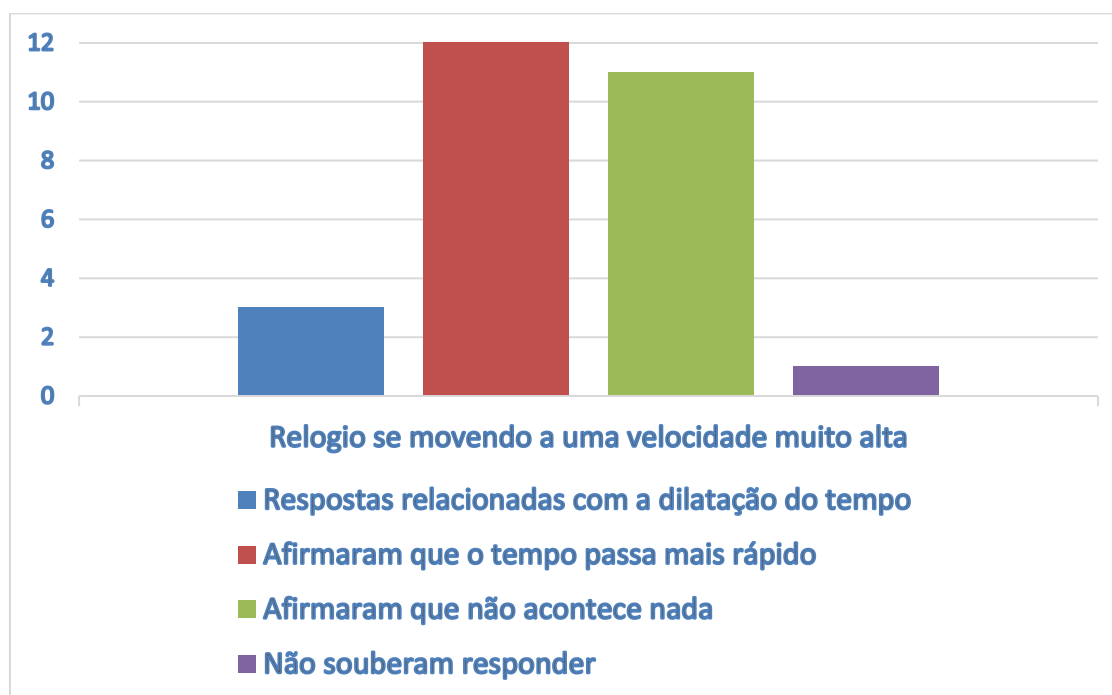
Gráfico 8: Respostas da nona questão



Fonte: Dados da pesquisa

A décima e última questão do questionário de conhecimento prévio dos alunos foi formulada exatamente para explorar o conhecimento envolvido no conceito de tempo relativo presente no principal tema de envolvimento emocional da trama do filme *Interestelar* (2014), exibido para o desenvolvimento deste produto educacional. O propósito é de analisar se os alunos já tinham conhecimento deste conteúdo para que durante a exibição do filme eles fossem capazes de identificar e correlacionar com a trama. Para que não fosse dada a resposta da questão anterior, a pergunta referiu-se a uma velocidade muito alta e não a uma velocidade próxima a velocidade da luz. Apenas três alunos acertaram a resposta citando a dilatação temporal, um aluno não arriscou em responder e a maioria ficou dividida em afirmar que o relógio marcará um tempo mais rápido ou que não acontece nada com o relógio, ou seja, o tempo se apresentará invariável.

Gráfico 9: Respostas da décima questão



Fonte: Dados da pesquisa

Verificou-se ao longo da análise das respostas deste questionário que algumas afirmações apresentadas foram consideradas sem nexos. Porém, como já foi mencionado anteriormente, essas respostas serviram de base para um planejamento mais assistido das aulas da sequência didática proposta neste projeto.

### 5.3 Aplicação da Sequência Didática

A partir de agora será apresentada a aplicação da sequência didática proposta neste produto educacional que foi composta por nove aulas de quarenta e cinco minutos cada aula, sendo que, a primeira aula teve duração de 60 minutos, tendo em vista a duração da aplicação do questionário de conhecimento prévio dos alunos.

#### 5.3.1 Primeira Aula

A primeira aula da implementação do produto educacional foi destinada a orientar os alunos como ocorreria a sequência didática. Para tanto a aula teve duração de 60 minutos, dos quais 30 minutos foram destinados para aplicação do questionário de averiguação do conhecimento prévio inerentes aos conceitos da mecânica clássica e relativística (Apêndice B), e os 30 minutos restantes para uma

breve apresentação da biografia de Albert Einstein e para a apresentação das transformadas de Galileu.

No início da aula foi explicado a importância do estudo da física moderna para a sociedade e como iria ser transmitido os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein através da metodologia proposta, buscando despertar nos alunos curiosidades sobre a evolução de tecnologias presentes no cotidiano. Os alunos foram orientados a responder o questionário baseados apenas no que acreditavam ser a resposta correta de acordo com o senso comum e com as suas experiências vividas no dia a dia. Neste momento já foi iniciada uma conversa mais descontraída para verificar qual o nível de conhecimento da turma em relação a fatos históricos envolvendo a figura de alguns filósofos e cientistas como Pitágoras, Galileu Galilei, Isaac Newton, Hendrik Lorentz e Albert Einstein. Outro ponto explorado nesta conversa inicial foi o interesse dos alunos pelo cinema, quais os gêneros de filmes que mais chamavam a atenção e a frequência com que procuravam essa forma de entretenimento. Com o intuito de preparar a apresentação, foi sugerido que fosse citado os melhores filmes já assistidos.

Figura 13: Aplicação da primeira aula



Fonte: Arquivo próprio

### 5.3.2 Segunda Aula

A segunda aula teve uma duração de 45 minutos. Foi realizada uma explanação sobre a origem da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein e a seguir foram apresentados os postulados de Einstein de uma forma bastante simplificada, assim como as consequências que os postulados trouxeram para o estudo da física moderna. Foram apresentados ainda alguns exemplos de como o avanço de algumas tecnologias muito presentes no nosso cotidiano só foi possível devido ao estudo da teoria da relatividade.

A partir deste momento, foi comentado, também dentro de um contexto histórico, a importância das pesquisas de Hendrik Lorentz para o estudo da física contemporânea. A relevância da sua contribuição para o estudo da Teoria da Relatividade e o desenvolvimento matemático para determinar o fator que levou o seu nome.

O fato de eu trabalhar com a turma desde o início deste ano letivo trouxe a possibilidade de conhecer as limitações da turma no estudo da matemática. Entretanto, foi apresentada, nesta aula, apesar da complexibilidade para o nível dos alunos, a demonstração matemática para a obtenção do fator de Lorentz, com a finalidade de impressioná-los com a beleza e a forma envolvente que a matemática foi aplicada. Claro que não foi cobrado um entendimento mais aprofundado devido às limitações mencionadas acima. Por outro lado, esse desenvolvimento para se chegar ao Fator de Lorentz foi feito na terceira aula utilizando o conhecimento dos alunos de conceitos matemáticos aprendidos no Ensino Fundamental, como o Teorema de Pitágoras e o desenvolvimento com fatorações. Na ocasião, o entendimento dos alunos foi satisfatório na medida que eles conseguiram entender o conceito físico porque existe por traz das deduções matemáticas no que diz respeito ao cálculo do tempo de corpos em movimento com baixas velocidades e com velocidades próximas à velocidade da luz. Assim, o conceito do fator de Lorentz ficou evidenciado na apresentação desta distinção. Vale ressaltar que foi alertado aos alunos durante a aula que o conceito do fator de Lorentz não aparece de forma efetiva nos filmes de ficção científica, daí a necessidade da demonstração apresentada para que se possa perceber e compreender a mensagem passada no enredo do filme exibido.

### 5.3.3 Terceira Aula

Esta aula teve a duração de 45 minutos. A Figura 14 mostra como o ambiente escolar foi transformado numa sala de cinema. Uma caixa amplificadora foi utilizada juntamente com um notebook e um datashow, e com as luzes apagadas foi iniciada a exibição do filme *Interestelar* (2014). Antes da exibição, os alunos foram orientados a observar quais momentos do filme eles acreditavam que estava sendo explicado conceitos da Teoria da Relatividade.

A primeira parte da exibição do filme proposta para essa aula durou 30 minutos para que os 15 restantes fossem reservados para a explicação do conceito da dilatação do tempo. Foram utilizadas muitas figuras para facilitar o entendimento quanto ao conteúdo matemático aplicado para determinar a equação para definir o tempo próprio e o tempo relativo. Logo após essa dedução, alguns exemplos envolvendo dados numéricos foram apresentados para a comprovação do estudo, ou seja, foi realizada uma atividade em sala de aula, em equipe, fixação do conteúdo e discussão entre os alunos para assimilar o conceito dado sobre a dilatação do tempo.

Figura 14: Início da exibição do filme *Interestelar* (2014)



Fonte: Arquivo próprio

#### 5.3.4 Quarta Aula

Os primeiros 30 minutos desta aula foram reservados para a continuação da exibição do filme. Neste momento, muitos alunos relataram que decidiram assistir ao filme completo juntamente com a família, pois ficaram totalmente envolvidos pela história descrita no enredo do filme. Este fato foi muito importante devido a demonstração de interesse pela proposta apresentada, além de que proporcionou momentos de descontração em família e, com certeza, alguns comentários inerentes aos conceitos da física moderna feitos pelos alunos para explicar algumas cenas. Assim, para esses estudantes, ficou mais fácil de visualizar e entender os conteúdos aplicados durante a sequência.

Nesta aula, os 15 minutos restantes foram destinados a uma aula expositiva, com a utilização de todo o aparato tecnológico já apresentado, para a explicação do conceito de dilatação do comprimento. Da mesma maneira da aula anterior, a dedução proposta foi apresentada através de slides do power point para facilitar a compreensão da apresentação passo a passo das equações que comprovam a dilatação do comprimento. Alguns exemplos foram apresentados envolvendo valores numéricos para um melhor entendimento.

#### 5.3.5 Quinta Aula

Nesta etapa a exibição do filme foi retomada nos primeiros 30 minutos. Com os conteúdos da Teoria da Relatividade Restrita já mencionados nas quatro primeiras aulas, os alunos já conseguiram relacionar os conceitos apresentados na trama do filme, fazendo alguns comentários pertinentes durante algumas cenas. A evolução do conhecimento dos estudantes era perceptível, não só no campo da física moderna, mas também em fenômenos estudados em outras áreas da física. Essas observações foram anotadas para serem evidenciadas durante as rodas de discussão propostas nas aulas subsequentes.

Nos quinze minutos restantes da aula foram introduzidos conteúdos sobre a massa relativística. Considerando as respostas da nona questão do questionário a qual perguntava sobre o limite da velocidade dos corpos, foi baseada a didática para essa aula. Foi feita uma contextualização histórica da mecânica newtoniana e suas limitações em altas velocidades e uma breve revisão da definição clássica de quantidade de movimento e sua importância para a física. A partir daí, foi feita, com

muita cautela, a transição destes conceitos para a Relatividade Especial, para que fosse compreendido o conceito de massa relativística. Foi mostrado como esses conceitos transformam a maneira como entendemos o espaço, o tempo e o movimento, especialmente em velocidade muito altas e qual a importância para a compreensão de fenômenos físicos em escalas relativísticas, como os encontrados em físicas das partículas, astrofísica e cosmologia.

### **5.3.6 Sexta Aula**

Nesta aula a exibição do filme *Interestelar* (2014) foi concluída nos trinta e cinco minutos iniciais. Nos dez minutos restantes foi organizada uma roda de discussão para avaliar como foi a experiência de assistir a um filme e buscar conciliar com conceitos da física moderna. Foi observado um grande impacto emocional devido a principal trama apresentada no filme que é o amor demonstrado entre pai e filha. Neste contexto, é interessante mencionar a observação feita por alguns alunos que justificaram algumas situações com os conceitos que aprenderam durante as aulas. O tempo destinado para essas discussões se tornou pequeno pelo volume de ideias apresentadas, mas foi informado aos alunos que na aula seguinte haveria um tempo maior para debates sobre todos os conceitos apresentados no filme.

### **5.3.7 Sétima Aula**

Nesta aula foi exibida uma cena do filme *Planeta dos Macacos* (1968) em que mostrava exatamente o conceito de tempo relativo e tempo próprio de maneira poderosa. Para o personagem que passou relativamente pouco tempo viajando em sua nave espacial com uma velocidade próxima a velocidade da luz, centenas de anos se passaram na Terra. Isso ficou evidenciado como a passagem do tempo pode ser percebida de forma diferente por observadores em movimentos em relação a observadores em repouso. Essa cena icônica não surpreendeu apenas os alunos, mas também levantou questões profundas sobre a natureza do tempo e a relatividade do espaço-tempo. Esta apresentação foi importante para demonstrar para os estudantes que apesar dos filmes *Planeta dos Macacos* (1968) e *Interestelar* (2014) terem sido lançados no cinema com uma diferença de 46 anos, eles fizeram alusão aos conceitos da Relatividade Restrita de Einstein através da ficção científica.

Nos trinta minutos restantes da aula as cadeiras foram arranjadas em forma de círculo para criar um ambiente de igualdade e facilitar a comunicação entre os estudantes para um debate através de uma roda de discussões. O objetivo da aula era buscar identificar nas cenas dos filmes os conceitos estudados durante a aplicação da sequência didática. Foi garantido que todos os alunos tivessem oportunidade de participar através de perguntas abertas para estimular o pensamento crítico e provocar reflexões mais profundas sobre o tema principal da trama do filme que era exatamente a dilatação do tempo. Algumas perguntas foram feitas para estimular a discussão:

- Como os conceitos da relatividade foram retratadas no filme?
- Qual foi o impacto emocional da dilatação do tempo na narrativa?
- Como a invariância da velocidade da luz influenciou as viagens espaciais nos filmes *Interestelar (2014)* e *Planeta dos Macacos (1968)*?

Assim, os alunos foram encorajados a fazerem conexões entre os conceitos da relatividade restrita e cenas específicas dos filmes. Desta forma, o debate aconteceu de forma aberta e respeitosa entre eles, discutindo e complementando as ideias uns dos outros. Ao final do debate, foi resumido os principais pontos abordados e destacando as diferentes interpretações.

Para alguns estudantes, o ponto forte do filme *Interestelar (2014)* foi a relação de amor paternal demonstrado entre o protagonista e sua filha. As alunas JL<sup>2</sup> e EC citaram o seguinte:

- *Os dois tem mostraram um vínculo muito próximo e amoroso desde o início do filme, principalmente na cena que ele fala para a filha buscar sempre o conhecimento, isso foi marcante!*

O aluno JG fez questão de enfatizar a relação do conteúdo assimilado nas aulas com essa questão:

- *Apesar da distância e pelo tempo dilatado causado pela viagem no espaço, já que enquanto o pai estava viajando, o*

---

<sup>2</sup> A identidade dos alunos será preservada, para isso, optamos por usar as iniciais dos nomes.

*tempo passava mais devagar em comparação com a Terra, os dois nunca deixaram de se comunicar. Isso foi incrível!*

Outro ponto importante citado em uma das cenas foi a representação da contração do espaço. O aluno GC mencionou como percebeu esse fenômeno durante a exibição do filme:

*- Quando a nave espacial chegou perto de Gargantua, foi possível ver a distorção do espaço-tempo ao redor do buraco negro com efeitos visuais muito bonitos. Essa cena ficou gravada na minha mente. Fiquei pensando se um dia isso seria possível.*

Apesar de todos os efeitos especiais para representar os fenômenos da teoria da relatividade no filme, os alunos sempre indagavam o que era possível ou não, demonstrando assim uma grande curiosidade sobre esse tema. Desta forma, foi proporcionada aos alunos uma compreensão mais vívida e intuitiva dos conceitos complexos da relatividade.

Muitos comentários foram feitos pelos estudantes nesta roda de discussão, envolvendo temas filosóficos, científicos e, inclusive, éticos. Observações importantes, não só para o estudo da física, mas também em outros campos do conhecimento. Os alunos puderam refletir sobre as consequências dos fenômenos da relatividade apresentados no filme e discutir questões como viagens no tempo, o destino da humanidade e a natureza do universo. Além de explorar tais conceitos, os alunos demonstraram também interesse em desenvolver habilidades cinematográficas, como análise de personagens, enredo e estilo de direção, ou de desenvolver suas próprias histórias. A aluna IM afirmou o seguinte:

*- Com essa experiência vivida, fiquei motivada em produzir minha própria história de ficção científica, mas com uma história em quadrinhos.*

Em resumo desta aula, a roda de discussão proporcionou aos alunos a oportunidade de demonstrar como a experiência de aprendizado foi importante para buscar conhecimento de uma forma multifacetada que vai além dos livros didáticos e que permite a exploração de conceitos científicos de maneira mais rica e significativa.

### 5.3.8 Oitava Aula

Nesta aula, acatando a sugestão dos alunos, a turma foi dividida em cinco equipes de até seis alunos, para que pudessem discutir e responder o questionário de avaliação dos conceitos estudados.

Para aplicação da avaliação, foram estipulados quarenta minutos para que os alunos pudessem conversar entre si e expressar suas ideias e conclusões de maneira sucinta de questões relacionadas com os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein e de questões relacionadas com as suas percepções de como os conceitos estudados foram apresentados no enredo do filme.

Figura 15: Representação dos alunos respondendo ao questionário final



Fonte: Arquivo próprio

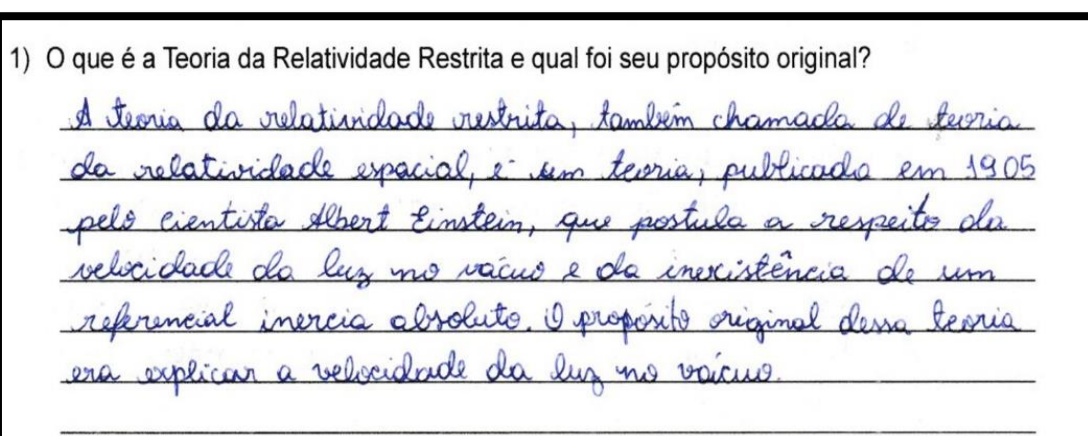
### 5.4 Análise das aprendizagens através do questionário de assimilação dos assuntos abordados

Nesta etapa, foram analisadas as respostas do questionário (Apêndice E) proposto para identificar a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos apresentados durante a implementação da sequência didática. Tal questionário foi composto de dez questões com abordagem mais aprofundada dos conceitos da Relatividade Restrita de Einstein e respondido em consenso pelos integrantes das equipes formadas. As respostas de cada questão foram discutidas entre os alunos da equipe, buscando uma integração entre aqueles que tinham mais dificuldade de assimilação com os que tinham uma facilidade de compreensão e pesquisa dos assuntos abordados. Essa prática foi observada positivamente durante a execução

da atividade. Por isso, a análise feita levou em conta uma análise de conteúdo qualitativa das respostas elaboradas pelas equipes.

A primeira questão buscou verificar o grau de conhecimento a respeito da teoria da relatividade de Einstein e seu propósito original. Foi observado que as equipes dos alunos AB<sup>3</sup>, GO e AL conseguiram assimilar corretamente a relação da teoria da relatividade com corpos próximos a velocidade da luz. A Figura 16 mostra como a equipe do aluno GO desenvolveu sua ideia. A equipe do aluno IM apresentou uma explicação coerente para a teoria de relatividade, porém não mencionou o seu objetivo original, como mostra a Figura 17.

Figura 16: Resposta da equipe do aluno GO para a primeira questão



Fonte: Dados da pesquisa

---

<sup>3</sup> As equipes foram identificadas por um aluno ou aluna responsável por escrever as respostas no questionário.

Figura 17: Resposta da equipe do aluno IM para a primeira questão

1) O que é a Teoria da Relatividade Restrita e qual foi seu propósito original?

Diz que a velocidade da luz é constante, e afirma que sua velocidade é sempre a mesma para qualquer observador em movimento ou não.

Fonte: Dados da pesquisa

A segunda questão teve por objetivo explorar o conhecimento dos alunos acerca dos postulados de Einstein, mais precisamente o segundo postulado que fundamenta a velocidade da luz. Todas as equipes responderam corretamente, mostrando assim que assimilaram perfeitamente a constância da velocidade da luz, evidenciado na Figura 18 que mostra a resposta da equipe do aluno AL, assim como, na Figura 19 que mostra a resposta da equipe da aluna MP. Vale ressaltar que esse conceito foi muito explorado nas narrativas relacionadas com a teoria da relatividade apresentadas no filme.

Figura 18: Resposta da equipe do aluno AL para a segunda questão

2) Qual o segundo postulado fundamental da Teoria da Relatividade Restrita?

A velocidade da luz no vácuo é igual para todos os sistemas de referência inerciais.

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 19: Resposta da equipe do aluno MP para a segunda questão

2) Qual o segundo postulado fundamental da Teoria da Relatividade Restrita?  
 o segundo postulodo afirma que a velocidade da luz no vácuo  
 é invariável e que nenhuma partícula (com massa não nula)  
 ou entidade transportadora de energia ou informação  
 consegue exceder a velocidade da luz.

Fonte: Dados da pesquisa

A terceira questão foi proposta com o objetivo de identificar a compreensão acerca do conceito da dilatação do tempo. A maioria das repostas relacionou a dilatação com uma comparação entre dois relógios previamente sincronizados. Todavia, a equipe da aluna IM não relacionou essa diferença temporal com a velocidade do corpo em relação a outro referencial, ficando claro uma falha no entendimento do conteúdo:

*- Dilatação do tempo é a diferença da medida do tempo por dois relógios idênticos e perfeitamente sincronizados.*

A equipe da aluna AL procurou demonstrar sua explicação através de um cálculo simples, porém, um tanto confusa, relacionando a passagem do tempo com a velocidade do corpo:

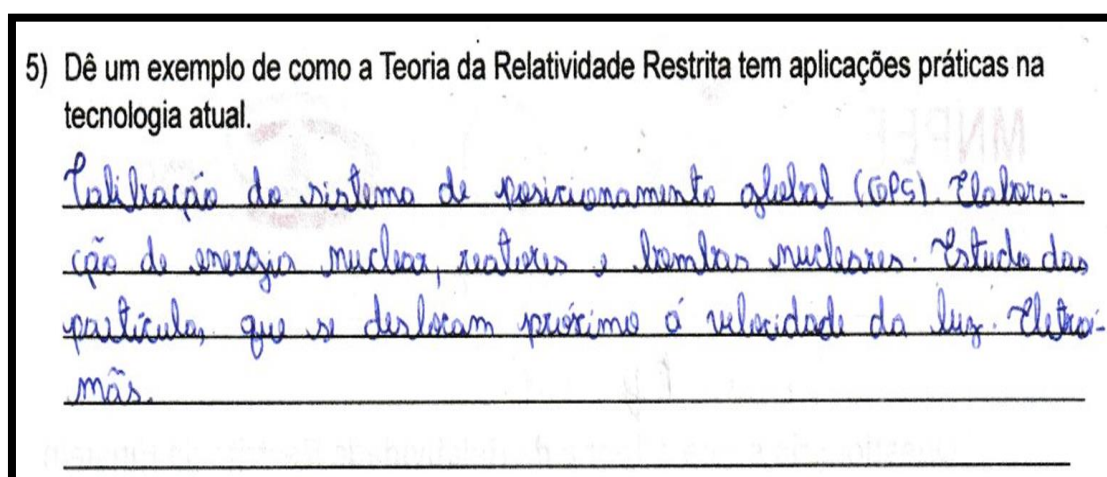
*- Que o tempo flui mais lentamente com o aumento da velocidade. Exemplo, um corpo com 87% da velocidade da luz, algo em torno de 260.819.438 m/s, dobra seu fluxo temporal.*

Com o mesmo objetivo que a questão anterior, a quarta questão buscou uma resposta de acordo com um conteúdo específico dado durante as aulas. Enquanto a terceira questão buscou evidenciar o conhecimento adquirido sobre a dilatação do tempo, esta questão tratou sobre a contração do comprimento. Todas as equipes formularam suas repostas provavelmente baseadas numa pesquisa da internet, esse fato tirou um pouco o foco do questionário, tendo em vista que as repostas deveriam ter sido baseadas no conhecimento adquirido para que pudesse ser feita uma análise de resultado mais qualitativa. A resposta dada pelas equipes foi a seguinte:

- A contração do comprimento é um fenômeno relativístico que consiste na diminuição do comprimento de um objeto medido por um observador com velocidade diferente do referencial do objeto.

A quinta questão levou os alunos a refletirem um pouco sobre a importância do estudo da relatividade aplicado na inovação das tecnologias. A ideia era verificar se os estudantes assimilaram as observações acerca desse assunto feitas durante a segunda aula e nas rodas de discussão. Todas as respostas foram baseadas na inovação do GPS e de outras áreas, como a energia nuclear. A equipe do aluno GO enfatizou muito bem como o estudo da teoria é aplicado nas pesquisas com partículas que se movem próximo a velocidade da luz, como mostra a Figura 20.

Figura 20: Resposta da equipe do aluno GO para a quinta questão



Fonte: Dados da pesquisa

A fundamentação teórica proposta para nortear este projeto foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Sendo assim, foram explorados conceitos da teoria que serviram como base para a análise de algumas respostas do questionário. Segundo Moreira e Masini (1982), a teoria de Ausubel identifica um tipo de aprendizagem, a afetiva, a qual é processada pelo estudante através de sinais internos que podem ser identificadas como prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e ansiedade. É nesse aspecto que foi amplamente explorado o interesse dos alunos por cinema e, mais precisamente, por filmes do gênero ficção científica, a fim de buscar conciliar esses sentimentos com a aprendizagem apresentada. Na esteira dessa ideia, buscou-se verificar como os alunos conseguiram interpretar os conceitos da teoria estudada com os sinais

internos supracitados. A demonstração de sentimentos como ansiedade, tristeza, satisfação, dentre outros, ficou muito evidente durante a apresentação do filme, esse fato mostrou a eficácia da teoria de Ausubel na aprendizagem dos estudantes. Essas análises foram feitas a partir das respostas das cinco últimas questões do questionário. A sexta questão, por exemplo, buscou relacionar a trama do filme com a teoria da relatividade, ou seja, a parte emocional explorada no enredo do filme relacionada com os conceitos estudados. Três equipes relacionaram muito bem o conceito da dilatação do tempo com a história dos personagens. A equipe da aluna MP resumiu essa relação, como mostra a Figura 21.

Figura 21: Resposta da equipe do aluno GO para a sexta questão

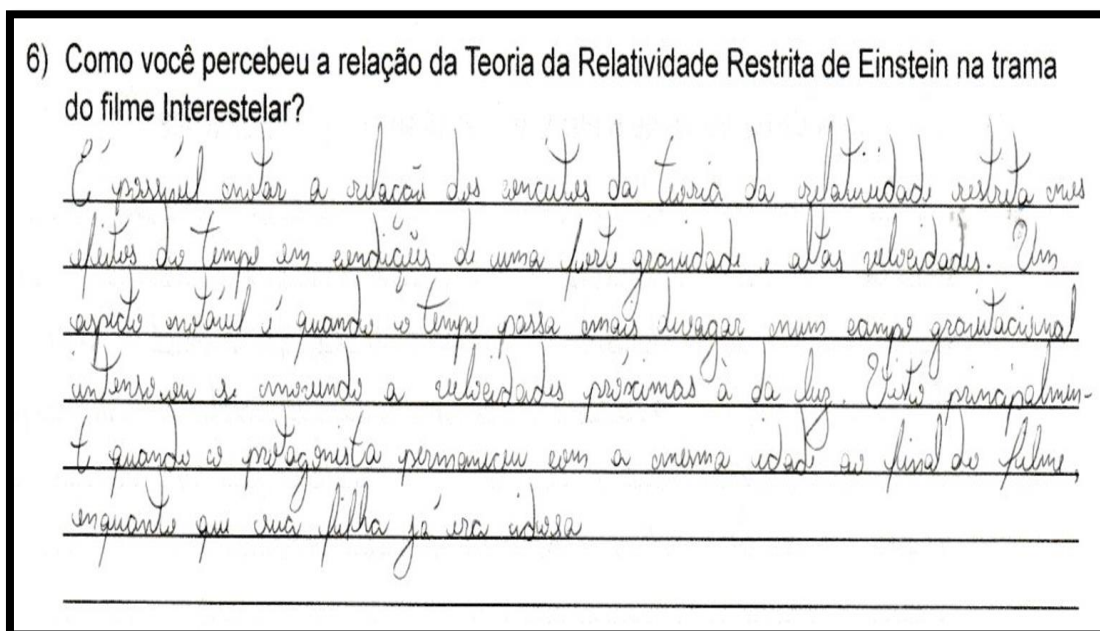
6) Como você percebeu a relação da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein na trama do filme Interestelar?

É devido a dilatação do tempo, pois para a Murphy que fica na terra, o tempo acaba passando mais rápido, já para seu pai passa devagar e em relação a Murphy.

Fonte: Dados da pesquisa

Entretanto, mesmo buscando atingir mais a parte emocional dos alunos através desta pergunta, equipe do aluno AB demonstrou através de sua resposta uma análise mais técnica da mensagem do filme, evidenciada na Figura 21. A equipe buscou enfatizar os efeitos da gravidade no que diz respeito a dilatação do tempo, mostrada na visão do protagonista.

Figura 22: Resposta da equipe do aluno AB para a sexta questão



Fonte: Dados da pesquisa

Aproveitando a oportunidade de citar os efeitos da gravidade na questão anterior, a questão sete buscou enfatizar o papel da gravidade na teoria de Einstein. A equipe do aluno AB complementou a resposta da questão anterior com a resposta desta questão, como segue:

*- A teoria é explorada em relação à gravidade ao abordar os efeitos do tempo dilatado próximo a um objeto massivo, como um buraco negro. Significa que o tempo passa mais devagar em regiões com maior gravidade.*

Essa linha de raciocínio foi seguida nas respostas da equipe da aluna MP e do aluno GO. Já a equipe da aluna IM foi muito sucinta na sua resposta, como mostra a Figura 23. Entretanto, a equipe da aluna AL buscou explicar o papel da gravidade apresentada no filme de uma forma mais detalhada e específica no enredo, como mostra a Figura 24. Nesses casos fica evidente que, enquanto uma equipe tem a necessidade de detalhar sua resposta sinalizando como foi importante a atenção dada na exibição do longa-metragem, outra equipe demonstra pouco interesse em argumentar suas ideias diante da proposta da questão.

Figura 23: Resposta da equipe da aluna IM para a sétima questão

7) Qual é o papel da gravidade em relação a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein no filme?

uma alteração na geometria no espaço, como curvatura em seu formato.

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 24: Resposta da equipe da aluna AL para a sétima questão

7) Qual é o papel da gravidade em relação a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein no filme?

Os efeitos da gravidade zero no espaço são extremamente nocivos para a estrutura corporal dos seres humanos. Para combater esse problema, cientistas criaram uma espécie de gravidade artificial em espaçonaves. Uma forma é gerar um movimento de rotação na estação espacial. A empurrão age de forma similar ao efeito da gravidade, mas em direção oposta. Nesse caso, o que seria no terra a parede do espaçonave se torna o chão.

Fonte: Dados da pesquisa

Na oitava questão buscou-se estreitar o laço entre a teoria de Einstein com o enredo do filme. A pergunta foi direcionada especificamente para os papéis dos personagens na trama, explorando os desafios encontrados por eles diante dos fenômenos estudados. Algumas respostas demonstraram um aspecto emocional muito forte em relação ao papel do homem diante dos problemas enfrentados para manter a vida na Terra. Um dos desafios centrais é a escolha entre o bem-estar e a vida pessoal em prol de uma causa justa que é a sobrevivência da humanidade. Foi citado como os personagens enfrentam decisões difíceis ao longo do filme, como abandonar suas famílias em busca de um novo lar para humanidade. Ficou evidente que essas questões levantam questões éticas sobre prioridades, sacrifício pessoal e responsabilidade com as futuras gerações. Todas essas observações foram feitas levando em conta de como os efeitos da teoria da relatividade foi o ponto central no enredo do filme. A equipe da aluna AL demonstrou esse sentimento através de uma resposta objetiva, como mostra a Figura 25.

Figura 25: Resposta da equipe da aluna AL para a oitava questão

8) Quais desafios específicos os personagens do filme enfrentam devido os efeitos da relatividade restrita durante a missão?

O principal desafio é que Murphy terá de crescer sem o pai, pois o tempo no espaço é diferente do tempo na terra, de acordo com a teoria da relatividade.

Fonte: Dados da pesquisa

A equipe da aluna IM, como já foi mencionado anteriormente a respeito da forma sucinta de como respondeu suas questões, demonstrou sua ideia com uma resposta curta, porém, emblemática, mostrada na Figura 26.

Figura 26: Resposta da equipe da aluna IM para a oitava questão

8) Quais desafios específicos os personagens do filme enfrentam devido os efeitos da relatividade restrita durante a missão?

a dúvida sobre se irão morrer

Fonte: Dados da pesquisa

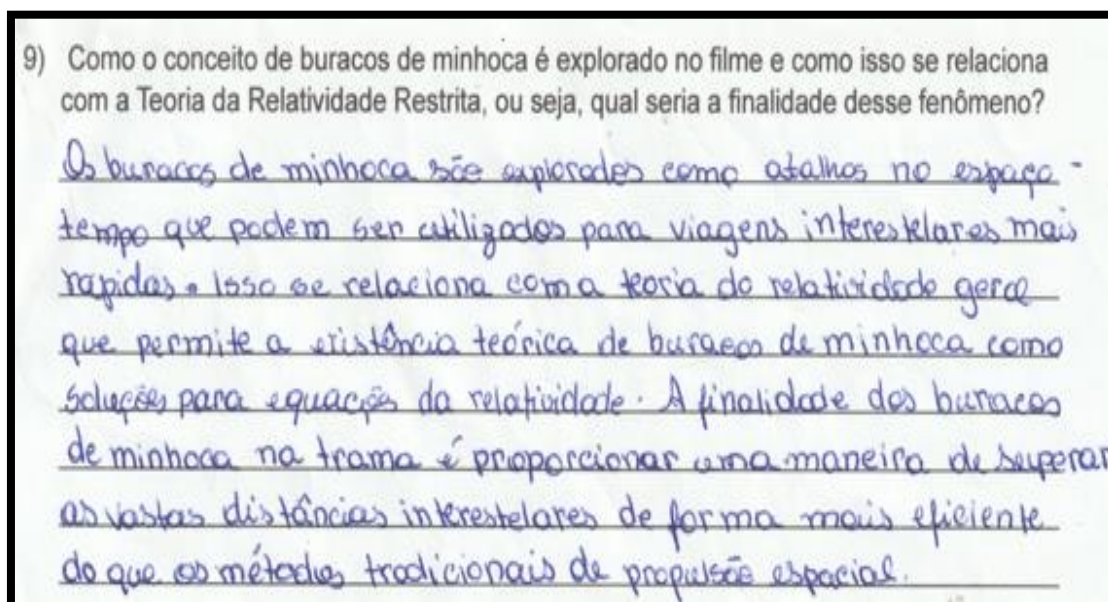
O diretor do filme *Interestelar* (2014), Christopher Nolan, com a finalidade de deixar o enredo do filme o mais próximo dos conceitos físicos estudados, buscou a assessoria científica de Kip Thorne, físico teórico especialista em relatividade geral, buracos negros e outros fenômenos cósmicos. A preocupação do diretor era garantir que os conceitos científicos abordados no filme fossem o mais precisos possível dentro do contexto da ficção científica. Seguindo essa linha, foram apresentados no filme alguns desses fenômenos cósmicos, como o buraco de minhoca. Assim, a questão nove do questionário buscou explorar a concepção da finalidade desse

fenômeno relacionado com a teoria da relatividade. O objetivo dessa questão era de explorar a importância da apresentação do fenômeno buraco de minhoca como um dispositivo crucial para a trama do filme, ampliando a escala de narrativas sobre o problema de percorrer grandes distâncias no espaço mesmo próximos à velocidade da luz e possibilitando o debate de ideias sobre espaço-tempo, gravidade e a existência de possibilidades futuras da exploração espacial humana. Todas as equipes indicaram nas respostas a concepção que um buraco de minhoca é uma espécie de atalho no espaço cósmico. A equipe da aluna MP procurou relacionar a existência desse atalho com a teoria da relatividade:

*- A finalidade desse fenômeno é possibilitar que os personagens ultrapassem grandes distâncias no universo de maneira eficiente, contornando as limitações impostas pela velocidade da luz.*

Seguindo a mesma linha de raciocínio, a equipe do aluno GO, procurou responder a questão nove de uma maneira mais detalhada, como mostra a Figura 27.

Figura 27: Resposta da equipe do aluno GO para a nona questão



Fonte: Dados da pesquisa

Finalmente, na décima e última questão, buscou-se explorar profundamente a parte emocional do filme, através da aprendizagem efetiva estudada por David Ausubel. Essa questão proporcionou um amplo debate ético e moral sobre as

mensagens do filme, concretizando a importância da trama através do gênero ficção científica, diante de grandes discussões sobre o nosso lugar no cosmos. As respostas dadas foram sugeriram uma maior reflexão filosófica sobre a nossa importância diante do futuro da humanidade.

As equipes dos alunos AL e AB demonstraram muito bem esses sentimentos, como mostram as Figuras 28 e 29, respectivamente.

Figura 28: Resposta da equipe da aluna AL para a décima questão

10) Qual a principal mensagem passada para todos nós através do enredo do filme Interestelar?

Ele nos relembra de que a perseverança humana, a busca pelo conhecimento e a conexão emocional são fundamentais para superar desafios interplanetários, destacando a importância do amor e da ciência para solucionar os problemas vigentes.

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 29: Resposta da equipe do aluno AB para a décima questão

10) Qual a principal mensagem passada para todos nós através do enredo do filme Interestelar?

A mensagem é sobre a forma de como obter um possível cenário futuro, caso não tenhamos mais recursos ao utilizar os recursos naturais que temos na planeta em questão.

Fonte: Dados da pesquisa

## Capítulo 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou explorar profundamente a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein como uma ponte para compreender os complexos conceitos da física moderna e contemporânea.

É importante destacar que existem inúmeros desafios encontrados pelos professores na utilização de métodos inovadores para o ensino de física moderna para alunos do ensino médio como o proposto neste projeto. Sem dúvida, o tempo oferecido para a disciplina é insuficiente para que se possa trabalhar todos os tópicos, além disso, muitos professores não possuem uma formação adequada em tópicos mais avançados da física moderna, como por exemplo, a relatividade. A maioria dos professores se prendem no estudo da física clássica pela falta de oportunidade de estudar métodos pedagógicos inovadores para o ensino de uma física mais atualizada, limitando a capacidade e a confiança em introduzir esse de forma eficaz. A oferta de cursos de formação continuada e workshops específicos sobre física moderna assim como suas metodologias pedagógicas aplicadas, certamente ajudariam a reduzir esse desafio. Outro desafio considerável é a falta de recursos tecnológicos nas escolas, com tais recursos seria possível preparar aulas mais interessantes como simulações computacionais e experimentos interativos. A falta de laboratórios equipados ou acesso a software educacionais dificulta a implementação de uma metodologia moderna de ensino da física. A parceria com universidades e instituições de pesquisas que possam fornecer recursos para o desenvolvimento de projetos de baixo custo, como kits de experimento de física moderna adaptados para o ensino médio poderia ajudar na superação dos obstáculos encontrados no processo de ensino da física. Além disso, ainda encontramos muita resistência à mudança por muitos educadores e instituições que seguem um currículo tradicional e um método de avaliação antiquado que não medem de forma adequada o entendimento conceitual dos alunos acerca do estudo da física moderna. Isso causa um desestímulo muito grande em professores que desejam implementar algo diferente adotando métodos de ensino inovadores que enfatizam uma compreensão mais profunda e qualitativa dos conceitos da física moderna.

Diante disto, este projeto propõe uma metodologia inovadora utilizando a

ficção científica como uma maneira atraente para apresentar os conceitos da física mais difíceis de serem compreendidos diante de nosso senso comum, buscou-se aproximar o sentimento de entretenimento com a necessidade de conhecimento de novos conceitos quase que inacessíveis aos alunos do ensino básico. A escolha do filme *Interestelar* (2014) como recurso pedagógico mostrou-se consideravelmente eficaz ao ilustrar conceitos abstratos como a dilatação do tempo e a distorção gravitacional de maneira visual e emocionalmente impactante. O enredo do filme cativou os alunos de maneira envolvente ao ponto de desafiá-los a explorar além dos limites do conhecido para uma compreensão do universo e uma reflexão acerca de nossa existência. Assim, este trabalho procurou analisar o conhecimento prévio dos alunos referentes aos conceitos apresentados e abordar a Teoria da Relatividade através de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O produto educacional foi elaborado de modo a viabilizar a inserção dos conceitos da Teoria da Relatividade Restrita a partir da verificação dos conhecimentos prévios dos alunos. Para isso foi proposto um questionário com a finalidade de identificar qual o conhecimento que os alunos já traziam como experiência de vida sobre a relatividade e, a partir daí, foi possível desenvolver um planejamento baseado nos saberes demonstrados pelos alunos. Com a exibição do filme *Interestelar* (2014), aclamado pela crítica como um dos mais espetaculares dentro do gênero de ficção científica, foi possível conectar a teoria e prática através de análises críticas das representações científicas do enredo do filme, incentivando o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de comparar conceitos da ciência e aplicá-los em contextos do mundo real. Foi apresentada a possibilidade de analisar como a ciência e a ficção estão entrelaçadas, despertando um interesse renovado pelo avanço do conhecimento humano e até mesmo pela exploração do espaço. As aulas ministradas logo após a exibição de cada parte do filme, foram essenciais para que os alunos fizessem essa comparação, assim como as rodas de discussões propostas para a análise de como esses conceitos eram apresentados, trouxeram à tona questões éticas importantes no nosso cotidiano, responsabilidade e o impacto da ciência na sociedade, buscou-se não apenas educar, mas também cultivar cidadãos conscientes e informados. Através da mensagem do filme, refletimos sobre o papel da ciência na moldagem de nosso futuro coletivo,

incentivando os alunos a considerarem a importância da busca pelo conhecimento.

Como já era esperado, encontramos alguns desafios para a implementação deste projeto. Primeiramente houve a dificuldade de encaixar as aulas do produto educacional no currículo da disciplina aplicada na escola. Porém, com a implementação no Novo Ensino Médio, houve a chance de se aproveitar a disciplina Projetos Integradores para utilizar seus tempos de aula para que fosse aplicado este projeto. Outro desafio que vale ser ressaltado foi a resistência de alguns alunos que não estavam interessados com o tema proposto, até porque não gostavam de cinema e muito menos de filmes de ficção científica. Mas durante o desenvolvimento do projeto, a interação com o restante da turma trouxe a proximidade desses alunos nos debates em sala de aula, alcançando certamente um dos objetivos deste projeto que é exatamente oferecer o acesso às teorias da física moderna.

Portanto, mais do que aplicação de um produto educacional para levar aos alunos a possibilidade de conhecer e estudar a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, este trabalho representou de forma significativa uma jornada de descobertas e aprendizado compartilhado através das rodas de discussões propostas. Assim, é esperado que cada aluno tenha sido inspirado pelo envolvente contexto da física moderna e pelo potencial ilimitado da mente humana para buscar sempre mais conhecimento nesse campo. O filme *Interestelar* (2014) não é apenas um filme aclamado pela crítica do gênero ficção científica, mas uma ferramenta pedagógica poderosa que nos convidou a explorar os mistérios do universo e a desafiar os limites de nossos próprios conhecimentos quando apresentou na sua narrativa alguns conceitos da física moderna. A resposta dada pelos alunos a essa metodologia inovadora apresentada na forma de filmes de ficção científica para o ensino da relatividade foi bastante satisfatória, pela forma de como demonstraram interesse pelas aulas e pelos temas abordados, além de demonstrarem um profundo interesse em buscar novas informações sobre esse universo da física ainda pouco explorada. Acredita-se que através deste trabalho plantamos sementes de curiosidades e investigação, incentivando nossos alunos a buscarem e enfrentarem os desafios da ciência do século XXI.

## REFERÊNCIAS

- ADORNO, Theodor W, HORKHEIMER, Max. **A dialética do esclarecimento**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1995.
- ALMEIDA, Geraldo Peçanha de. **Transposição Didática: por onde começar? 2. ed.** São Paulo: Cortez, 71 p, 2011.
- ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. **Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna**. Scientific Eletronic Archives, v. 10, n. 4, p. 50-57, 2017.
- AUSUBEL, D. P. (1980). **Psicologia educacional**. Interamericana.
- AUSUBEL, D. P. **Biografia**. Disponível em: <https://davidausubel.org> . Acesso em: 21 fev 2023.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARNETT, M. et al. The Impact of Science Fiction Film on Student Understanding of Science. *Journal of Science Education and Technology*, v. 15, n. 2, p. 179–191, 25 set. 2006.
- BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nos 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e o Decreto-Lei no 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei no 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF, 17 fev. 2017. Disponível em:< [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm)> Acesso em: 06 abr. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CP n. 2 de 20 de dezembro de 2019.
- DILATAÇÃO do tempo. Só Física, Porto Alegre, 2019. Disponível em: [https://www.sofisica.com.br/conteudos/fisicamoderna/Relatividade/dil\\_tempo.php](https://www.sofisica.com.br/conteudos/fisicamoderna/Relatividade/dil_tempo.php) . Acesso em: 04 abr. 2024.
- FRAKNOI, Andrew. **Teaching Astrnomy With Science Fiction**. A Resource Guide. *Astronomy Education Review*, Jan 2003.
- FREIRE, L.A.; CARIBÉ, A.L. **O filme em sala de aula: como usar**. Disponível em : [www.oohodahistoria.ufba.br-artigos](http://www.oohodahistoria.ufba.br-artigos). Acesso em 26 de março de 2024.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000

GOMES, E. F.; PIASSI, L. P. C. **Tempo e espaço: aspectos sócio-históricos e culturais da teoria especial da relatividade e sua interface com as artes, a literatura e a filosofia**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 2, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8139>. Acesso em: 06 de novembro de 2024.

INTERESTELAR. Direção: Christopher Nolan. Estados Unidos, 2014.

LOPES, G. **Leituras em aulas de Física na educação de jovens e adultos no ensino médio**. 2009, 225 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2009. P. 45.

MELO, Jose Fernando de, **TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS MODELOS ATÔMICOS**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MORAN, J.M. **O vídeo na sala de aula. Comunicação e Educação**, São Paulo, (2): 27 a 35. Jan/abr, 1995.

MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a01v29n2.pdf> . Acesso em: 05 de fevereiro de 2023.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

OLIVEIRA, F. F. O.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [S.l.], v. 29, n. p. 447-454, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/rh5x6dG35fJrV87r99L5PmK/> . Acesso em: 26 de outubro de 2024.

OLIVEIRA, J.B.A. (org). **Perspectivas da Tecnologia Educacional**. São Paulo: Pioneira, 1977.

OLIVEIRA, Rodrigo. **Saga de Volta para o Futuro**. Papo de Cinema. Disponível em: <https://papodecinema.com.br/especiais/saga-de-volta-para-o-futuro>. Acesso em: 25 de março de 2024.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, p.23-48, mar. 2000. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5\\_n1\\_a2.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm) . Acesso em: 9 de março de 2023.

PIASSI, Luís Paulo de Carvalho. **Contatos: A ficção científica no ensino de ciências em um contexto sociocultural**. 2007. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007

PLANETA dos macacos. Direção: Franklin J. Schaffner. Estados Unidos, 1968

RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO. **Os Fundamentos da Física, Vol.3, 7ª Ed.** Editora Moderna, 2012.

SANTOS, Andrios Benfica dos. **A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COM USO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional) – Campus Litoral Norte, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2019

SANTOS, Lucio Jose Braga dos. **A INSERÇÃO DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL APLICADA EM FILMES DE FICÇÃO CIENTÍFICA,** 2020.

SILVA, L. de M. da; OLIVEIRA, C. S. de. **O Uso de Filmes como Ferramenta Pedagógica no Ensino de Biologia e Ciências.** Revista Aproximação, [S.l.], v. 01, n. p. 61-71, 2019. Disponível em:  
<https://revistas.unicentro.br/index.php/aproximacao/article/viewFile/6249/4344>.  
Acesso em: 06 de novembro de 2024.