



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**

**CARLOS EDUARDO SOUSA DE ARAÚJO**

**DESAFIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA EM CONJUNTO COM A ARTE:  
UMA PROPOSTA COM O USO DO FILME INTERESTELAR**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2024**

**CARLOS EDUARDO SOUSA DE ARAÚJO**

**DESAFIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA EM CONJUNTO COM A ARTE:  
UMA PROPOSTA COM O USO DO FILME INTERESTELAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física

**Orientador:** Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663d

Araujo, Carlos Eduardo Sousa de.

Desafios para o ensino da física em conjunto com a arte: uma proposta com o uso do filme Interestelar [manuscrito] / Carlos Eduardo Sousa de Araujo. - 2024.

44 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira, Departamento de Física - CCT".

1 . Ensino de Física. 2. Arte no ensino - Física. 3. Ficção Científica. I. Título

21 . ed. CDD 371.337

CARLOS EDUARDO SOUSA DE ARAUJO

DESAFIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA EM CONJUNTO COM A ARTE: UMA  
PROPOSTA COM O USO DO FILME INTERESTELAR

Monografia apresentado à  
Coordenação do Curso de Física da  
Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Licenciado em Física

Aprovada em: 21/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alessandro Frederico da Silveira** (\*\*\*.916.624-\*\*), em **25/11/2024 18:51:30** com chave **6df5310cab7711efa31e06adb0a3afce**.
- **Morgana Ligia de Farias Freire** (\*\*\*.350.644-\*\*), em **25/11/2024 21:18:25** com chave **f40fed0eab8b11efac1d06adb0a3afce**.
- **Bugley de Farias Ramos Junior** (\*\*\*.295.564-\*\*), em **25/11/2024 21:08:24** com chave **8d964bd2ab8a11efb60d06adb0a3afce**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Folha de Aprovação do Projeto Final

**Data da Emissão:** 04/02/2025

**Código de Autenticação:** f191a9



## RESUMO

Este estudo investiga o uso de filmes de ficção científica como ferramenta pedagógica no ensino de Física, com foco na obra *Interestelar*. A pesquisa é de natureza qualitativa, conduzida por meio de uma revisão bibliográfica e confecção de uma proposta didática, busca compreender como a integração de filmes no ambiente educacional pode ajudar a superar as dificuldades dos alunos em compreender conceitos físicos abstratos e complexos, como relatividade, gravidade e buracos negros. A análise do referencial teórico revela que os filmes podem tornar esses conceitos mais acessíveis e engajadores, ao proporcionar uma visualização concreta e contextualizada dos fenômenos físicos. Além disso, a narrativa trazida no filme *Interestelar* pode aumentar o interesse e a motivação dos alunos, promovendo uma vivência em sala de aula ativa e reflexiva. No entanto, destacamos os desafios associados ao uso de filmes no ensino, como a necessidade de mediação crítica por parte dos educadores para evitar mal-entendidos entre ciência e ficção. Com isso, percebemos que, embora os filmes de ficção científica ofereçam um recurso valioso para o ensino de Física, sua eficácia depende de uma implementação cuidadosa, equilibrada com outras metodologias tradicionais, e de um planejamento pedagógico que leve em consideração a precisão científica e a relevância dos conteúdos para os objetivos educacionais.

**Palavras-Chave:** ensino de física; cinema; ficção científica; relatividade.

## **ABSTRACT**

This study investigates the use of science fiction films as a pedagogical tool in teaching Physics, focusing on the work *Interstellar*. The research is qualitative in nature, conducted through a bibliographical review and creation of a didactic proposal, seeking to understand how the integration of films in the educational environment can help to overcome students' difficulties in understanding abstract and complex physical concepts, such as relativity, gravity and black holes. The analysis of the theoretical framework reveals that films can make these concepts more accessible and engaging, by providing a concrete and contextualized visualization of physical phenomena. Furthermore, the narrative presented in the *Interstellar* film can increase students' interest and motivation, promoting a more active and reflective classroom experience. However, we highlight the challenges associated with using films in teaching, such as the need for critical mediation on the part of educators to avoid misunderstandings between science and fiction. With this, we realize that, although science fiction films offer a valuable resource for teaching Physics, their effectiveness depends on careful implementation, balanced with other traditional methodologies, and on pedagogical planning that takes into account scientific precision and relevance of content to educational objectives.

**Keywords:** physics teaching; cinema; science fiction; relativity.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Ensino de Física e Métodos Tradicionais.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Inovações Pedagógicas no Ensino de Física.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Física no Cinema: Integração de Filmes no Ensino e Seus Benefícios.....</i></b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Conceitos de Física em Interestelar.....</i></b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Análise dos Conceitos Físicos Apresentados em Interestelar.....</i></b>	<b>18</b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Precisão Científica em Interestelar.....</i></b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Proposta Didática sobre o uso de Interestelar no Ensino de Física.....</i></b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
	<b>APÊNDICE A – EXPOSIÇÃO DE CONCEITOS (ENCONTRO 2).....</b>	<b>38</b>
	<b>APÊNDICE B – EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO (ENCONTRO 4).....</b>	<b>42</b>
	<b>ANEXO A – ILUSTRAÇÃO DE BURACO NEGRO (FIGURA 7).....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cinema tem encantado a população desde o final do século XIX, desempenhando um papel crucial não apenas como forma de entretenimento, mas também como ferramenta educacional. Documentários e filmes, sejam eles científicos ou não, possuem o poder de instruir e sensibilizar o público sobre questões relevantes, ao mesmo tempo em que inspiram a imaginação e a criatividade, transportando os espectadores para realidades desconhecidas e cenários extraordinários (Neves et al., 2019). No século XXI, o cinema se fortaleceu como meio artístico, impulsionado pelos avanços tecnológicos e pelo domínio da linguagem audiovisual nas sociedades contemporâneas, especialmente entre os jovens (Oosterbeek, 2021).

Neste cenário, o ensino de Física frequentemente enfrenta desafios relacionados à complexidade dos conceitos e à dificuldade dos alunos em compreendê-los completamente. A utilização da arte, particularmente de filmes de ficção científica, pode se revelar uma ferramenta útil e inovadora para facilitar a aprendizagem, tornando os conteúdos mais acessíveis e interessantes para os estudantes (De Almeida e Soltau, 2022; De Moura e Vianna, 2019). A união entre ciência e arte cinematográfica pode estimular a imaginação, despertar a curiosidade e promover uma abordagem criativa e interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem (Santos et al., 2019; Medeiros, 2021).

Passos (2005) destaca a expectativa de que a adoção de novas abordagens metodológicas possa ocasionar melhorias significativas no processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais motivador e resolvendo problemas identificados durante as aulas. Este pensamento corrobora a ideia de que uma mudança isolada nos procedimentos metodológicos não resulta em uma melhoria substancial na prática docente. A metodologia deve ser compreendida de forma holística, considerando-se todos os elementos que compõem a ação pedagógica, o que inclui a dimensão técnica-metodológica fundamentada em uma concepção teórica específica do ensino (Santos, 2020; Silva, 2019).

Diante desse contexto, surge a questão: como a integração de filmes de ficção

científica pode ajudar a superar os desafios no ensino da Física, tornando-o atraente e compreensível para os alunos? Com base nessa questão central, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar o potencial da arte cinematográfica como recurso didático no ensino de Física, explorando como a visualização de conceitos científicos em filmes pode auxiliar na compreensão e contextualização dos conteúdos.

A estrutura deste trabalho está dividida em três partes principais. Primeiramente, é apresentada uma revisão bibliográfica que contempla três capítulos: o primeiro discute o ensino de Física, abordando métodos tradicionais de ensino e suas limitações, bem como inovações pedagógicas (Teixeira et al., 2023); o segundo capítulo aborda a Física no cinema, explorando a integração de filmes no ensino para a explicação de conceitos complexos e os benefícios dessa abordagem cinematográfica (Arruda e Teixeira, 2022); e o terceiro capítulo analisa os conceitos de Física apresentados no filme "Interestelar", resumindo o filme e discutindo a precisão científica dos conceitos explorados (Borsekowsky et al., 2021; Dos Santos e Do Amaral Moreira, 2022). Posteriormente, consta também a metodologia, incluindo o tipo de pesquisa, a seleção de fontes, os procedimentos de análise e, finalmente, a descrição da proposta didática. A terceira e última parte principal do trabalho inclui a proposta didática, descrevendo o passo a passo dos encontros e das aulas as quais podem ser aplicadas em um futuro próximo.

Essa abordagem visa ampliar as possibilidades de ensino-aprendizagem da Física, incentivando a criatividade, o interesse dos alunos pelo componente e promovendo uma educação mais dinâmica e significativa (De Arruda e Teixeira, 2022; Oosterbeek, 2021).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### ***2.1 Ensino de Física e Métodos Tradicionais***

O ensino de Física em algumas instituições de educação básica tem historicamente seguido métodos tradicionais que privilegiam a transmissão de conhecimento de forma expositiva, geralmente centrada na figura do professor. Essa abordagem tem sido objeto de críticas devido à sua eficácia limitada em promover uma compreensão profunda dos conceitos físicos entre os alunos (Teixeira et al., 2023). A principal característica dos métodos tradicionais de ensino de Física é o foco em aulas teóricas, onde o professor desempenha o papel de principal disseminador de conteúdo, enquanto os alunos assumem uma postura passiva, recebendo e memorizando informações. Esse modelo, que se apoia fortemente na apresentação sequencial e linear dos conteúdos, tende a desconsiderar as necessidades individuais dos alunos e as complexidades envolvidas na aprendizagem de conceitos abstratos e muitas vezes contraintuitivos, como os encontrados na Física (Neves et al., 2019).

Um dos problemas mais evidentes dos métodos tradicionais é a dificuldade em engajar os alunos em um aprendizado ativo. A ênfase na memorização e na repetição de exercícios padronizados não favorece o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas, essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos (De Moura e Vianna, 2019). Essa abordagem metodológica pode, em muitos casos, levar a uma aprendizagem superficial, em que os alunos conseguem reproduzir fórmulas e resolver problemas em contextos estritamente acadêmicos, mas falham em aplicar esse conhecimento em situações práticas ou em relacioná-lo a conceitos interdisciplinares. A Física, como ciência que explica os princípios fundamentais do universo, exige uma compreensão que vai além da simples reprodução de conceitos; ela demanda uma internalização dos princípios que permita aos alunos visualizar e aplicar o conhecimento de forma criativa e inovadora (Oosterbeek, 2021).

Além disso, a natureza abstrata de muitos conceitos físicos, como os que envolvem mecânica quântica, relatividade e eletromagnetismo, agrava as limitações dos

métodos tradicionais. A falta de recursos didáticos que tornem esses conceitos mais concretos, como experimentos práticos e simulações, frequentemente resulta em dificuldades de compreensão que se manifestam em baixos índices de desempenho acadêmico (Santos et al., 2019). Os métodos tradicionais, por sua vez, raramente incorporam tecnologias ou métodos de ensino variados que possam atender a essas necessidades. Embora as demonstrações experimentais sejam parte do currículo de Física, sua aplicação é frequentemente limitada pela infraestrutura inadequada de algumas escolas e pela falta de formação específica dos docentes para realizar tais atividades de maneira eficaz (Medeiros, 2021). Dessa forma, podemos afirmar que a dificuldade em entender esses temas, somada à falta de recursos didáticos práticos e à uma infraestrutura fragilizada das escolas, torna o aprendizado difícil. Repensar os métodos tradicionais e incluir novas tecnologias poderia tornar as aulas mais envolventes, investindo em recursos bem como na capacitação dos docentes os quais não só melhoraria o desempenho acadêmico, mas também poderia reacender o interesse dos alunos pela Física, mostrando como a ciência se conecta com o cotidiano.

A rigidez do currículo tradicional e a pressão para cobrir uma vasta quantidade de conteúdo em um curto período de tempo também podem ser fatores que contribuem para a ineficácia dos métodos tradicionais de ensino de Física. Os professores, muitas vezes, sentem-se compelidos a seguir estritamente apenas o cronograma estabelecido e deixam de lado a possibilidade de exploração aprofundada de tópicos ou de adaptação dos conteúdos às necessidades específicas de uma turma (Arruda e Teixeira, 2022). Essa abordagem não só parece limitar a oportunidade de um aprendizado dinâmico e contextualizado, mas também desconsidera as diferentes formas de aprendizagem dos alunos. Como resultado, muitos estudantes acabam perdendo o interesse pelo componente, o que reflete em altos índices de evasão e desempenho insatisfatório.

Outro ponto crítico dos métodos tradicionais é a avaliação do aprendizado, que geralmente se baseia em provas e testes padronizados. Essas formas de avaliação, centradas na capacidade de memorização e na reprodução de informações, não capturam adequadamente a compreensão conceitual ou a habilidade dos alunos de aplicar o conhecimento de forma prática (Santos, 2020). As provas tradicionais tendem

a valorizar respostas corretas em detrimento do processo de raciocínio, o que pode levar à formação de um entendimento fragmentado e desconectado dos conceitos físicos. Além disso, essa forma de avaliação pode gerar ansiedade e desmotivação entre os alunos, especialmente aqueles que enfrentam dificuldades em acompanhar o ritmo acelerado das aulas teóricas.

Os métodos tradicionais de ensino de Física, embora historicamente estabelecidos e utilizados, apresentam limitações que podem comprometer a eficácia do aprendizado. A ênfase na memorização e na reprodução de conteúdo, a falta de recursos didáticos que concretizem os conceitos abstratos e a rigidez do currículo são fatores que dificultam o desenvolvimento de uma compreensão profunda e integrada da Física. Para superar esses desafios, é essencial que os educadores considerem a adoção de abordagens pedagógicas dinâmicas e interativas, que promovam o engajamento ativo dos alunos e favoreçam a aprendizagem significativa (Silva, 2019).

### ***2.1.2 Inovações Pedagógicas no Ensino de Física***

Nos últimos anos, o ensino de Física tem experimentado uma transformação significativa com a introdução de inovações pedagógicas que visam superar as limitações dos métodos tradicionais. Entre as inovações mais promissoras está a incorporação de recursos multimídia, que tem se mostrado eficaz em facilitar a compreensão de conceitos complexos e em engajar os alunos de maneira mais dinâmica e interativa (De Moura e Vianna, 2019). A adoção de tecnologias digitais, como simulações computacionais, vídeos educacionais e animações, oferece aos professores ferramentas para ilustrar fenômenos físicos que, de outra forma, seriam difíceis de visualizar e entender em um ambiente de sala de aula tradicional (Medeiros, 2021).

A utilização de simulações computacionais, por exemplo, permite que os alunos explorem conceitos abstratos de Física, como o movimento de partículas subatômicas ou a curvatura do espaço-tempo, de maneira visual e interativa. Essas simulações não apenas tornam os fenômenos físicos mais acessíveis, mas também permitem aos alunos experimentar cenários que seriam impossíveis de reproduzir em um laboratório escolar devido a restrições de tempo, espaço ou recursos financeiros (Neves et al., 2019). Além

disso, a interatividade das simulações oferece uma oportunidade única para que os alunos ajustem parâmetros e observem os resultados em tempo real, promovendo uma compreensão mais profunda e personalizada dos conceitos.

Outra inovação importante é a integração de softwares educacionais no ensino de Física. Ferramentas como simuladores de laboratório, aplicativos de modelagem matemática e plataformas de aprendizagem adaptativa oferecem aos alunos um ambiente de aprendizado personalizado e interativo (Teixeira et al., 2023). Esses softwares permitem que os alunos progridam em seu próprio ritmo, revisando os conceitos conforme necessário e recebendo feedback imediato sobre seu desempenho. A personalização do aprendizado, facilitada por esses recursos tecnológicos, é especialmente benéfica para os alunos que apresentam dificuldades em acompanhar o ritmo da turma ou que necessitam de uma abordagem diferenciada para compreender certos conceitos (Arruda e Teixeira, 2022).

Além dos benefícios para os alunos, as inovações pedagógicas baseadas em recursos multimídia também oferecem vantagens para os professores. A tecnologia facilita a criação de ambientes de aprendizado diversificados e inclusivos, onde diferentes estilos de aprendizagem podem ser atendidos. Por exemplo, alunos com dificuldades visuais ou auditivas podem se beneficiar de recursos que incluem legendas, narração em áudio e gráficos táteis (Medeiros, 2021). Além disso, os professores podem utilizar plataformas digitais para monitorar o progresso dos alunos em tempo real, identificar áreas de dificuldade e ajustar suas estratégias de ensino de forma proativa.

Entretanto, a implementação dessas inovações pedagógicas também apresenta desafios. A necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a formação contínua dos professores são questões que precisam ser abordadas para garantir o sucesso dessas abordagens (Santos, 2020). Muitos professores ainda enfrentam dificuldades em integrar a tecnologia de forma eficaz em suas práticas pedagógicas, devido à falta de treinamento específico ou à resistência à mudança. Além disso, a desigualdade no acesso à tecnologia pode criar disparidades no aprendizado, especialmente em regiões onde os recursos digitais não estão prontamente disponíveis (Oosterbeek, 2021).

As inovações pedagógicas que incorporam recursos multimídia no ensino de Física

representam um avanço em direção a uma educação mais interativa, acessível e eficaz. Esses recursos têm o potencial de transformar a maneira como os conceitos físicos são ensinados e aprendidos, tornando o processo educacional envolvente e adaptado às necessidades dos alunos. No entanto, para que essas inovações alcancem todo o seu potencial, é fundamental que as escolas e os educadores invistam em infraestrutura adequada, formação profissional contínua e estratégias que garantam a equidade no acesso à tecnologia (De Almeida e Soltau, 2022).

Os vídeos educacionais também desempenham um papel crucial nas inovações pedagógicas no ensino de Física. Filmes, documentários e séries de televisão que abordam temas científicos têm sido cada vez mais utilizados como ferramentas didáticas para complementar o ensino teórico. Esses recursos multimídia capturam a atenção dos alunos e oferecem uma narrativa visual que facilita a compreensão de conceitos difíceis (Santos et al., 2019). Além disso, o uso de vídeos permite que os professores contextualizem o conhecimento científico em cenários do mundo real, tornando a aprendizagem relevante e motivadora para os alunos (Silva, 2019).

A abordagem conhecida como sala de aula invertida, que combina o uso de vídeos com atividades práticas, tem se destacado como uma inovação pedagógica eficaz no ensino de Física. Nesse modelo, os alunos assistem a vídeos educacionais em casa e utilizam o tempo de sala de aula para realizar experimentos, resolver problemas em grupo e discutir conceitos com o professor. Essa metodologia promove um aprendizado ativo, no qual os alunos são responsáveis por sua própria aprendizagem e o professor assume o papel de facilitador, guiando a exploração dos conceitos em profundidade (De Almeida e Soltau, 2022). A sala de aula invertida não apenas aumenta o engajamento dos alunos, mas também melhora a retenção do conhecimento, uma vez que os alunos têm a oportunidade de aplicar o que aprenderam de forma prática.

Sabendo disso, o uso de filmes no ensino de Física pode ser uma ferramenta poderosa que complementa abordagens inovadoras como a sala de aula invertida. Integrar filmes ao ensino de Física é uma maneira de tornar o aprendizado envolvente e preciso. Quando os alunos assistem a filmes que abordam temas científicos, eles não apenas se divertem, mas também conseguem ver como os conceitos que estão

aprendendo se aplicam à vida real. Isso ajuda a transformar ideias complexas em algo mais fácil de entender e memorizar.

Ao combinar o cinema com o aprendizado prático, conseguimos não só ensinar Física, mas também tornar o conhecimento relevante. No final das contas, essa abordagem ajuda os alunos a perceberem que a Física está em todos os lugares ao nosso redor, tornando a matéria não só interessante, mas também uma parte vibrante de suas vidas.

O uso de filmes como recurso educativo pode servir como uma alternativa eficaz para superar a pedagogia tradicional, que se concentra na exposição do professor e na aprendizagem passiva dos alunos. Para isso, os filmes devem atuar como mediadores em uma proposta pedagógica que inclua uma relação dialógica entre professor e aluno, estimule a curiosidade e a problematização, valorize o aluno como protagonista no processo de aprendizagem e relacione teoria e prática, contextualizando o conteúdo estudado (Silva e Oliveira, 2016).

Como ainda mencionam Silva e Oliveira (2016), trazer o cinema para a sala de aula é um convite a explorar novas possibilidades, desafiando o modo tradicional de ensinar. Essa mudança busca não apenas tornar o aprendizado mais interessante, mas também diminuir a distância entre o que o professor apresenta e o que o aluno realmente absorve, algo que muitos especialistas, especialmente no ensino da Física, já notaram (McDermott, 1991). No entanto, apenas reinventar a metodologia não é suficiente para transformar a forma como ensinamos. Se utilizarmos filmes para abordar a Física, mas continuarmos com a mesma postura do professor e não dermos espaço para que os alunos também participem ativamente, ainda estaremos presos ao modelo tradicional de ensino.

Portanto, sabemos que essa abordagem não só torna as aulas mais cativantes, mas também cria uma ponte entre a teoria e a prática, algo fundamental para entender conceitos que podem parecer complicados à primeira vista. Contudo, é importante lembrar que mudar a metodologia de ensino precisa vir acompanhada de uma nova postura por parte do professor. A verdadeira revolução no ensino de Física acontece quando os educadores se tornam facilitadores, criando um espaço onde os alunos se sintam confortáveis para explorar, fazer perguntas e se envolver ativamente no processo

de aprendizagem. Essa combinação de cinema e uma pedagogia inclusiva pode enriquecer a experiência educacional, ajudando os alunos a perceber a Física como uma ciência vibrante e relevante no dia a dia deles.

## ***2.2 Física no Cinema: Integração de Filmes no Ensino e Seus Benefícios***

O uso de filmes no ensino de Física tem emergido como uma estratégia pedagógica inovadora que busca tornar a aprendizagem de conceitos complexos acessível e envolvente. A integração de filmes de ficção científica, em particular, oferece uma plataforma visual poderosa para ilustrar princípios físicos que, de outra forma, seriam abstratos e difíceis de compreender para muitos estudantes. Esta abordagem didática não apenas facilita a visualização dos fenômenos físicos, mas também contextualiza o conhecimento científico dentro de narrativas cativantes, o que pode aumentar o interesse e a motivação dos alunos (De Almeida e Soltau, 2022).

A integração de filmes no ensino de Física pode ser realizada de diversas maneiras, desde a simples exibição de cenas selecionadas que exemplificam conceitos específicos, até a elaboração de atividades e discussões baseadas em enredos completos. Filmes como "Interestelar" têm sido amplamente utilizados para explorar temas como relatividade, gravidade e buracos negros. O impacto visual e narrativo desses filmes permite que os estudantes vejam a aplicação de teorias físicas em cenários fictícios, o que ajuda a concretizar ideias abstratas e a promover uma compreensão profunda (Medeiros, 2021). Além disso, filmes podem ser usados para introduzir tópicos, motivar discussões ou até mesmo servir como base para avaliações críticas da ciência apresentada, incentivando os alunos a distinguir entre a ficção cinematográfica e a realidade científica (Santos et al., 2019).

A abordagem cinematográfica também facilita a aprendizagem por meio da ligação emocional e cognitiva que os filmes criam com o público. Quando os alunos assistem a filmes que envolvem conceitos científicos, eles não estão apenas passivamente absorvendo informações, mas também experimentando uma narrativa que conecta esses conceitos a personagens e situações de vida, o que pode fortalecer a retenção do conhecimento. Esse tipo de aprendizagem experiencial é particularmente eficaz no

ensino de Física, onde a visualização dos efeitos de forças invisíveis, como a gravidade, pode ser difícil de ser compreendida através de métodos tradicionais de ensino (Neves et al., 2019).

Outro benefício importante da utilização de filmes no ensino de Física é o aumento do engajamento dos alunos. A Física é frequentemente vista como uma ciência árida e desafiadora, que requer altos níveis de abstração e pensamento matemático. No entanto, quando os conceitos são apresentados através de uma mídia que os alunos já associam ao entretenimento, como o cinema, a barreira de resistência ao aprendizado pode ser significativamente reduzida. Estudos indicam que alunos expostos a conteúdos científicos através de filmes demonstram maior interesse e estão mais dispostos a participar ativamente das aulas (Santos, 2020). Além disso, a abordagem cinematográfica permite que os professores abordem tópicos científicos de uma forma mais flexível e adaptada ao ritmo de aprendizagem dos alunos, o que pode resultar em um ambiente de ensino mais inclusivo e colaborativo (De Moura e Vianna, 2019). Com isso, podemos perceber a relação entre o entretenimento que o cinema oferece e a diminuição da resistência ao aprendizado, o que é essencial. Muitos alunos enxergam a Física como algo complicado e distante, o que pode ser intimidador. No entanto, quando os conceitos são apresentados de maneira envolvente, como em um filme, essa barreira começa a cair. Além disso, é animador saber que há estudos os quais mostram que, ao assistirem a esses conteúdos, os alunos se tornam interessados e se envolvem nas aulas. Isso dá um suporte valioso para a argumentação de que essa abordagem realmente funciona. Outro ponto positivo da utilização de filmes é sua flexibilidade; eles permitem que o professor se adapte ao ritmo e ao estilo de aprendizado de cada aluno. Isso não apenas enriquece a experiência de aprendizado, mas também demonstra uma preocupação genuína com a inclusão e a colaboração em sala de aula.

A utilização de filmes também proporciona uma oportunidade única para promover a interdisciplinaridade no ensino de Física. Ao explorar filmes que combinam elementos de ciência, tecnologia, história e ética, os professores podem ajudar os alunos a ver a Física não apenas como um conjunto de fórmulas e equações, mas como uma ciência que interage com diversas áreas do conhecimento humano. Esse enfoque interdisciplinar pode enriquecer a compreensão dos alunos sobre o papel da Física no mundo real, além

de desenvolver habilidades críticas e reflexivas que são essenciais para a formação de cidadãos informados sobre a ciência. (Oosterbeek, 2021).

Entretanto, o uso de filmes no ensino de Física não está isento de desafios. Um dos principais é a necessidade de garantir que o conteúdo científico retratado seja acurado e que os alunos sejam capazes de discernir entre os elementos ficcionais e os fatos científicos. Isso requer que os professores estejam bem preparados e capazes de guiar os alunos através de análises críticas, ajudando-os a identificar exageros ou simplificações que são comuns em produções cinematográficas. Além disso, a escolha dos filmes deve ser feita com cuidado, considerando não apenas a relevância científica, mas também a adequação ao nível de conhecimento dos alunos e aos objetivos educacionais específicos (Medeiros, 2021). Portanto, é fundamental estar atento aos exageros e simplificações que o cinema costuma trazer, pois isso pode causar confusão nos alunos. O papel do professor é essencial nesse processo, ajudando os alunos a analisar criticamente o que veem e a desenvolver um pensamento reflexivo. Além disso, escolher os filmes com cuidado, considerando sua relevância científica e o nível de entendimento dos alunos, é uma maneira de tornar as aulas ricas e envolventes. Essa abordagem permite que os alunos não sejam apenas espectadores passivos, mas sim participantes ativos que questionam e contextualizam o conteúdo, fortalecendo assim sua formação científica.

A integração de filmes no ensino de Física oferece uma abordagem pedagógica rica e multifacetada que pode transformar a maneira como os conceitos científicos são apresentados e compreendidos pelos alunos. Ao unir o poder visual e narrativo do cinema com o rigor da ciência, os educadores podem criar experiências de aprendizagem que são tanto educativas quanto envolventes. Essa estratégia não apenas facilita a compreensão de conceitos complexos, mas também desperta o interesse dos alunos pela Física, promovendo um ambiente de aprendizagem dinâmico e inclusivo (De Almeida e Soltau, 2022). No entanto, para que essa abordagem seja efetiva, é crucial que os professores possuam as ferramentas e o conhecimento necessário para utilizar os filmes de forma crítica e pedagógica, garantindo que o aprendizado seja significativo e alinhado aos objetivos educacionais.

### **2.3 Conceitos de Física em *Interestelar***

O filme *Interestelar*, dirigido por Christopher Nolan e lançado em 2014, é uma obra de ficção científica que se destaca tanto por sua narrativa envolvente quanto pela complexidade dos conceitos físicos que aborda. A história se passa em um futuro próximo, onde a Terra enfrenta uma crise ambiental severa, com colheitas afetadas e tempestades de poeira tornando o planeta cada vez mais inóspito para a vida humana. Diante desse cenário apocalíptico, um grupo de exploradores espaciais, liderados pelo ex-piloto Cooper, da National Aeronautics and Space Administration (NASA), embarca em uma missão audaciosa para encontrar um novo lar para a humanidade em outra galáxia.

O enredo de *Interestelar* é impulsionado pela descoberta de um buraco de minhoca próximo a Saturno, que oferece uma possível rota para sistemas estelares distantes, onde planetas potencialmente habitáveis podem ser encontrados. Cooper e sua equipe são encarregados de atravessar esse buraco de minhoca e explorar três planetas específicos, orbitando um buraco negro supermassivo chamado Gargântua. Cada um desses planetas apresenta desafios únicos, fortemente influenciados pelas condições extremas do espaço ao redor do buraco negro.

Ao longo da jornada, *Interestelar* explora vários conceitos científicos complexos, que vão desde a relatividade do tempo, conforme descrito pela Teoria da Relatividade de Einstein, até a dilatação do tempo causada pela gravidade intensa de Gargântua. Um dos temas centrais do filme é como o tempo pode se comportar de maneira não linear em regiões de forte campo gravitacional, resultando em grandes disparidades na passagem do tempo entre diferentes locais, uma ideia que é fundamental para a trama e que tem profundas implicações para os personagens (De Almeida e Soltau, 2022).

Além disso, o filme aborda a noção de buracos negros, com uma representação visual impressionante do horizonte de eventos de Gargântua, o ponto sem retorno para qualquer objeto que se aproxime. A representação visual de Gargântua foi criada em colaboração com o físico teórico Kip Thorne, que serviu como consultor científico do filme, garantindo que as representações fossem tão precisas quanto possível dentro dos limites do conhecimento atual (Santos et al., 2019).

Outro tema importante explorado em *Interestelar* é o conceito de dimensões extras e a possível existência de realidades além das três dimensões espaciais familiares. Isso é dramatizado no filme quando Cooper, após cair no buraco negro, experimenta uma realidade quadridimensional, onde o tempo é percebido como uma dimensão Física que pode ser manipulada. Essa sequência, embora altamente especulativa, baseia-se em teorias físicas que sugerem a possibilidade de tais dimensões além da nossa percepção normal (Medeiros, 2021).

O filme também toca em temas como a sobrevivência da espécie humana e a ética das decisões tomadas em situações extremas. Enquanto os personagens lutam contra as adversidades do espaço profundo, eles são constantemente confrontados com dilemas morais sobre o valor da vida individual em contraste com a necessidade de salvar a humanidade como um todo. Esses temas, embora não estritamente científicos, estão entrelaçados com as realidades físicas que os personagens enfrentam, criando uma narrativa rica que desafia tanto o intelecto quanto as emoções dos espectadores (Oosterbeek, 2021).

*Interestelar* é, portanto, um filme que, além de entreter, serve como uma plataforma para introduzir conceitos avançados de Física ao público em geral. Ao apresentar ideias como relatividade, buracos negros e a possibilidade de viagens interestelares, o filme convida os espectadores a refletirem sobre o universo de maneiras novas e estimulantes, demonstrando como a ficção científica pode ser uma ferramenta eficaz para popularizar a ciência e inspirar futuras gerações de cientistas e engenheiros (Neves et al., 2019). *Interestelar* não é apenas uma obra cinematográfica de grande impacto visual e emocional, mas também um veículo para explorar e ilustrar conceitos físicos complexos, que são fundamentais tanto para a narrativa do filme quanto para o entendimento científico moderno.

### **2.3.1 Análise dos Conceitos Físicos Apresentados em *Interestelar***

O filme *Interestelar* é amplamente reconhecido por sua ambição em explorar conceitos físicos complexos e, ao mesmo tempo, mantê-los acessíveis ao público em geral. A colaboração entre o diretor Christopher Nolan e o físico teórico Kip Thorne

resultou em uma obra que não apenas cativa pela narrativa, mas também educa ao introduzir e ilustrar fenômenos científicos de maneira visualmente impressionante e cientificamente informada.

Um dos conceitos centrais explorados em *Interestelar* é a Teoria da Relatividade Geral de Einstein, especialmente no que diz respeito à dilatação do tempo em campos gravitacionais intensos. A Teoria da Relatividade Geral postula que a gravidade é uma curvatura do espaço-tempo causada pela presença de massa. No filme, isso é exemplificado de maneira particularmente dramática durante a passagem da tripulação pelo planeta Miller, que está localizado nas proximidades do buraco negro Gargântua. Devido à proximidade com o buraco negro, a intensa gravidade de Gargântua provoca uma dilatação temporal significativa, onde uma hora na superfície do planeta equivale a sete anos na Terra. Este conceito é uma aplicação direta da Relatividade Geral, onde o tempo passa mais lentamente em campos gravitacionais mais fortes, um fenômeno conhecido como dilatação gravitacional do tempo (De Almeida e Soltau, 2022).

Outro conceito fundamental que *Interestelar* explora é a natureza dos buracos negros. Um buraco negro é uma região do espaço onde a gravidade é tão forte que nada, nem mesmo a luz, pode escapar de sua atração. O filme apresenta Gargântua, um buraco negro supermassivo, como um elemento chave da trama. A representação visual de Gargântua no filme, que mostra a distorção do espaço ao redor do buraco negro, foi desenvolvida com base em cálculos científicos reais, fornecidos por Kip Thorne. Essa representação visual ajuda a concretizar a ideia abstrata do horizonte de eventos, o limite além do qual nada pode retornar. A precisão da representação de Gargântua é um dos aspectos mais elogiados do filme, mostrando como a ficção científica pode ser usada para ilustrar conceitos teóricos complexos de forma compreensível (Medeiros, 2021).

A gravidade, como um conceito físico, desempenha um papel crucial em todo o enredo de *Interestelar*. A gravidade não apenas influencia a passagem do tempo, como mencionado anteriormente, mas também é central na explicação de como os buracos negros afetam o espaço-tempo. No filme, a equipe de cientistas discute a gravidade como uma das forças fundamentais do universo, capaz de atravessar dimensões e influenciar eventos a grandes distâncias. Este conceito é expresso de maneira

especulativa quando a personagem de Anne Hathaway sugere que a gravidade pode ser uma das chaves para a compreensão de dimensões superiores e a manipulação do tempo (Santos et al., 2019). Embora essa ideia seja mais fictícia do que científica, ela está enraizada em discussões teóricas sobre a gravidade e sua relação com outras forças fundamentais.

Além disso, *Interestelar* explora o conceito de singularidade, que é o ponto no centro de um buraco negro onde a densidade se torna infinita e as leis conhecidas da Física deixam de se aplicar. No clímax do filme, Cooper entra em Gargântua e experimenta a singularidade, que é representada como uma dimensão extra onde o tempo é percebido como uma série de eventos simultâneos que podem ser manipulados. Embora esta representação seja altamente especulativa e uma construção narrativa do que uma representação científica precisa, ela oferece uma visualização intrigante das possíveis consequências da Relatividade Geral e da Mecânica Quântica em condições extremas (Oosterbeek, 2021).

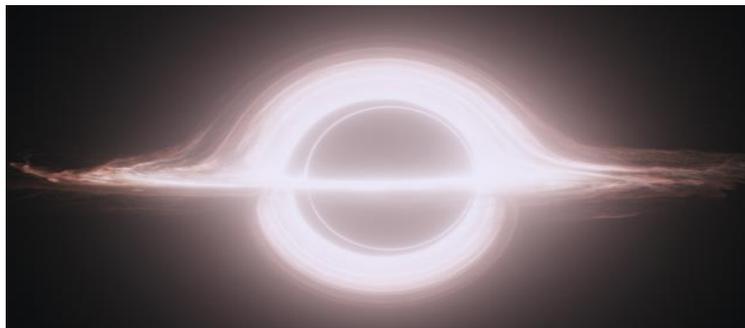
A dilatação do tempo é outro conceito chave em *Interestelar*, não apenas como uma manifestação da Relatividade Geral, mas também como um elemento central na trama emocional do filme. A diferença na passagem do tempo entre a Terra e os planetas próximos a Gargântua cria um senso de urgência e perda, pois os personagens enfrentam as consequências da dilatação do tempo em suas relações pessoais. Este conceito, que é cientificamente fundamentado, é utilizado de maneira eficaz para explorar as implicações emocionais e filosóficas da relatividade do tempo (Santos, 2020). *Interestelar* oferece uma exploração rica e visualmente deslumbrante de conceitos físicos avançados. A abordagem do filme para explicar a relatividade, a gravidade, os buracos negros e a dilatação do tempo não apenas respeita a precisão científica, na medida do possível dentro do contexto de uma obra de ficção, mas também usa esses conceitos para enriquecer a narrativa e engajar o público em uma reflexão profunda sobre a natureza do universo. Ao fazer isso, *Interestelar* demonstra o poder do cinema como uma ferramenta para a educação científica, popularizando ideias complexas e inspirando novas gerações de cientistas e entusiastas da ciência (Neves et al., 2019).

### 2.3.2 Precisão Científica em *Interestelar*

O filme *Interestelar* é amplamente elogiado por seu esforço em retratar conceitos científicos complexos de maneira precisa e visualmente impressionante. A colaboração com o físico teórico Kip Thorne, que atuou como consultor científico, foi crucial para garantir que as representações de fenômenos físicos como a relatividade, buracos negros e dilatação do tempo fossem baseadas em teorias científicas reconhecidas. Contudo, apesar desse compromisso com a precisão científica, o filme também incorpora elementos especulativos e algumas simplificações, necessárias para adequar as teorias à narrativa cinematográfica.

Um dos aspectos mais destacados de *Interestelar* é sua representação do buraco negro supermassivo Gargântua. A representação visual de Gargântua foi baseada em cálculos científicos detalhados e na Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

Figura 1: Gargântua (uma variante do disco de acreção do buraco negro)



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

O filme mostra o buraco negro como uma esfera escura circundada por um disco de acreção brilhante, que é o material orbitando-o. A forma distorcida do disco, que parece se curvar ao redor do buraco negro, é uma representação visual da curvatura extrema do espaço-tempo causada pela imensa gravidade. Esta representação é notavelmente precisa e foi criada com base em simulações de computador que utilizaram as equações da Relatividade Geral (De Almeida e Soltau, 2022).

Outro conceito central em *Interestelar* é a dilatação do tempo. No filme, isso é ilustrado de maneira dramática quando a tripulação visita o planeta Miller, que está em órbita próxima a Gargântua. Devido à extrema gravidade do buraco negro, uma hora no

planeta equivale a sete anos na Terra. Embora esse conceito seja cientificamente sólido, a magnitude do efeito retratado no filme é debatida. Alguns críticos apontam que a intensidade da dilatação do tempo mostrada pode ser exagerada para fins dramáticos, considerando a distância do planeta em relação ao buraco negro (Medeiros, 2021). No entanto, dentro dos parâmetros definidos pela narrativa, a representação permanece fiel aos princípios da Física relativística.

Figura 2: Miller orbitando Gargântua



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

Figura 3: Chegada ao planeta Miller



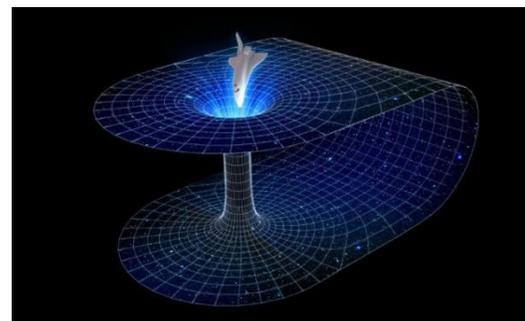
Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

A representação dos buracos de minhoca em *Interstellar* também levanta questões sobre precisão científica. No filme, o buraco de minhoca é retratado como uma esfera que conecta dois pontos distantes no espaço, permitindo viagens interestelares que seriam impossíveis através de métodos convencionais. Embora os buracos de minhoca sejam uma solução teórica possível das equações de Einstein, sua existência prática e estabilidade são especulativas. A ciência atual não tem evidências de que buracos de minhoca possam existir ou serem utilizados da maneira descrita no filme.

Figura 4: Ilustração do Buraco de Minhoca    Figura 5: Ilustração do Buraco de Minhoca



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

Portanto, essa parte do filme, embora baseada em conceitos teóricos, deve ser vista mais como uma extrapolação ficcional do que uma representação rigorosa da ciência (Santos et al., 2019).

O filme também aborda a questão da singularidade dentro de um buraco negro, o ponto onde a densidade se torna infinita e as leis da Física, como as conhecemos, não se aplicam. Quando o personagem Cooper atravessa o horizonte de eventos de Gargântua e entra na singularidade, ele experimenta uma dimensão quadridimensional, onde o tempo é percebido como uma dimensão Física que pode ser manipulada. Esta representação especulativa serve mais ao propósito narrativo do filme do que a um rigor científico. A verdadeira natureza da singularidade em um buraco negro é um dos maiores mistérios da Física e qualquer representação dela, como a mostrada em *Interestelar*, deve ser vista como uma conjectura criativa baseada em extrapolações teóricas (Oosterbeek, 2021).

Figura 6: Ilustração da passagem de Cooper pelo horizonte de eventos



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

Além disso, *Interestelar* explora a ideia de que a gravidade pode atravessar dimensões e influenciar eventos em outras realidades, o que é uma extrapolação de teorias sobre gravidade quântica e a teoria das cordas. Essas teorias sugerem que forças fundamentais, como a gravidade, podem operar em dimensões adicionais além das que experimentamos. No entanto, essas ideias permanecem especulativas e não foram

confirmadas experimentalmente. A representação dessas ideias no filme é, portanto, uma fusão de ciência e ficção, usada para explorar temas filosóficos e narrativos amplos (Santos, 2020). *Interestelar* oferece uma representação notavelmente precisa de vários conceitos físicos, especialmente em relação à relatividade e à representação visual de buracos negros. No entanto, o filme também incorpora elementos especulativos e extrapolações teóricas que, embora fascinantes e visualmente impactantes, se afastam da ciência estabelecida para servir à narrativa. Esta combinação de precisão científica com licença artística é uma das razões pelas quais *Interestelar* é celebrado tanto como uma obra cinematográfica quanto como uma ferramenta para popularizar a ciência, estimulando o interesse público em temas complexos da Física (Neves et al., 2019).

O filme é uma excelente ponte entre ciência real e a imaginação, oferecendo oportunidades educativas ao explorar conceitos complexos de Física teórica de forma acessível e visualmente impactante. Embora algumas ideias em *Interestelar* sejam especulativas, o filme tem valor por popularizar conceitos de Física avançada como buracos negros, dilatação temporal e buracos de minhoca. Ele desperta o interesse em Física e pode ajudar a trazer discussões científicas complexas também para um público mais amplo. O mesmo funciona como uma ferramenta para introduzir esses conceitos em sala de aula, mesmo que eles estejam parcialmente no reino da ficção. O papel de filmes como *Interestelar* é fazer essas fronteiras da ciência teórica visíveis e compreensíveis. Ou seja, mesmo que algumas situações sejam especulações, elas são baseadas em teorias científicas legítimas. O próprio físico Kip Thorne destacou que uma das funções de *Interestelar* é incentivar o pensamento sobre os limites da Física e da exploração espacial.

A precisão científica serve como ponto de partida para discussões em sala de aula, e as especulações abrem portas para diálogos mais amplos sobre o que é ciência, o que ainda não foi descoberto, e como a arte pode ajudar a imaginar o futuro. A arte, nesse caso, não está separada da ciência, mas trabalhando junto com ela para expandir o conhecimento e a imaginação (Thorne, K. 2014).

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia deste trabalho baseia-se primeiramente em uma revisão bibliográfica, que, segundo Gil (2008), é um método de pesquisa que visa reunir e analisar criticamente as contribuições teóricas e empíricas de diferentes autores sobre o tema abordado. A revisão bibliográfica tem como objetivo principal identificar, selecionar e sintetizar as informações relevantes já publicadas em fontes acadêmicas e científicas, permitindo um aprofundamento teórico sobre o assunto em estudo e a construção de um embasamento sólido para a pesquisa.

Para a realização desta revisão, utilizou-se como principal fonte de pesquisa o Google Acadêmico, uma ferramenta amplamente reconhecida e acessível para a busca de artigos científicos, teses, dissertações, livros e outros materiais acadêmicos. A escolha do Google Acadêmico como base de dados deve-se à sua abrangência e facilidade de acesso a uma vasta quantidade de publicações de diversas áreas do conhecimento, incluindo Física e Educação, que são centrais para este estudo.

A busca foi realizada utilizando palavras-chave específicas relacionadas ao tema, como "ensino de Física", "filmes no ensino", "relatividade em filmes", entre outras, com o objetivo de encontrar publicações que tratassem de conceitos científicos abordados em filmes de ficção científica e sua aplicação pedagógica. Os critérios de inclusão dos materiais na revisão foram a relevância para o tema, a credibilidade das fontes e o alinhamento com os objetivos da pesquisa. Foram excluídas as publicações que não apresentavam uma relação direta com o tema ou que não possuíam rigor acadêmico.

Ao longo do processo de revisão, os textos selecionados foram analisados, buscando identificar padrões, práticas recomendadas, desafios e lacunas na literatura existente. A análise dos textos permitiu a construção de um panorama abrangente sobre o uso de filmes como recurso didático no ensino de Física, além de possibilitar a identificação de diferentes abordagens pedagógicas e suas implicações para o processo de ensino-aprendizagem.

Conforme destacado por Gil (2008), a revisão bibliográfica é fundamental para a compreensão do estado da arte de um campo de estudo, sendo essencial para

fundamentar teoricamente a pesquisa e direcionar as discussões subsequentes. Portanto, este trabalho se apoia na revisão bibliográfica como metodologia central, buscando construir uma base sólida e crítica para a análise dos conceitos de Física apresentados em filmes e suas aplicações pedagógicas.

Quanto a descrição da proposta deste trabalho, para o planejamento de aulas para uma turma do 3º ano do ensino médio, foram considerados os objetivos de aprendizagem voltados para a integração da Física com elementos da arte cinematográfica. Partindo da análise de filmes como "Interestelar", buscou-se alinhar os conceitos científicos presentes na narrativa com o conteúdo curricular previsto para o ensino de Física, especificamente em temas como relatividade e viagem espacial. A proposta inclui a definição clara dos conteúdos a serem envolvidos, a organização das atividades, o tempo estimado para cada aula e os recursos didáticos, como trechos de filmes e discussões em grupo. Cada aula está estruturada de maneira a promover uma experiência inovadora e interdisciplinar

A elaboração do plano de aulas e sequências propostas envolve uma abordagem progressiva, começando com a introdução dos conceitos físicos básicos através de cenas específicas do filme selecionado. Posteriormente, devem ser aplicadas atividades práticas que relacionam esses conceitos de forma simples e acessível aos estudantes. Cada sequência foi planejada para garantir a conexão entre teoria e prática, incentivando a reflexão dos estudantes sobre o uso da Física na produção cinematográfica. As atividades foram ajustadas de acordo com o nível de dificuldade e o ritmo da turma, conforto, facilidade e suporte contínuo durante o processo de ensino-aprendizagem.

### ***3.1 Proposta Didática sobre o uso de Interestelar no Ensino de Física***

A Tabela 1 apresenta um plano de aulas que inclui os conteúdos relacionados ao tema de Relatividade Geral, que deve ser explorado por meio da ferramenta audiovisual e cinematográfica de trechos do filme "Interestelar".

Tabela 1 – Quadro demonstrativo das aulas a serem desenvolvidas através da ferramenta audiovisual (cinema/filme):

<b>ENCONTRO</b>	<b>CONTEÚDO</b>	<b>TEMPO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>
1	Relatividade Geral (Interestelar)	90 minutos	Datashow/Notebook (Trechos do filme)  Lousa/Lápis.  (Exposição)	Contínua durante as discussões.
2	Buraco de Minhoca  Gravidade  Buraco Negro  Dilatação do Tempo	45 minutos	Datashow/Notebook (Slides)  Lousa/Lápis  (Exposição)	Contínua durante as discussões.
3	Dilatação do Tempo  Buraco Negro	90 minutos	Cartolinas/Canetas Coloridas  Celular/Notebook	Produção do material proposto.
4	Buraco de Minhocas  Dilatação do Tempo  Buraco Negro  Horizonte de Eventos	45 minutos	Materiais Produzidos	Apresentação do material produzido.

Fonte: Elaborado por (ARAÚJO, Carlos, 2024)

A tabela indica um planejamento de aulas que envolve um conteúdo a ser abordado durante 4 encontros, os quais dois deles é composto por duas aulas seguidas de 45 minutos cada, o que totaliza 90 minutos em cada encontro e os outros dois são compostos de uma aula isolada de 45 minutos para cada um. Essas aulas propõe abordar diretamente situações e conceitos da Teoria da Relatividade Geral de Einstein através do filme Interestelar. Como critérios de avaliação teremos em dois encontros avaliação contínua durante toda a aula e nos outros dois encontros a produção e apresentação de alguns materiais.

A seguir encontra-se o detalhamento de como devem ocorrer todas as aulas que foram programadas.

### **1° Encontro (90 min) – Relatividade de Interestelar**

Neste primeiro encontro, deve ser apresentado o objetivo das aulas desse dia que é conhecer e aprender alguns conceitos avançados de Física, especificamente sobre a Relatividade Geral mediante estudos dos buracos negros, gravidade e dilatação do tempo através de algumas cenas ou trechos do filme interestelar, o qual aborda situações físicas fascinantes.

Em seguida, é sugerido que seja dada uma explicação inicial referente a trama do filme que conta a história de um grupo de astronautas que viajam através de um buraco de minhoca em busca de um novo lar para a humanidade.

Após o relato dessa trama e levando em consideração alguns conhecimentos prévios dos alunos e também a visualização do filme por completo fora do ambiente escolar, colocando-se assim em prática a ideia de sala de aula invertida, deve ser problematizado com os estudantes algumas indagações em sala como: “o que é ou qual a ideia que vocês têm sobre buracos negros, gravidade e a teoria da relatividade?” “Já chegaram a pesquisar autonomamente sobre alguns conceitos envolvidos?” “E depois de assistir ao filme completo em casa vocês acham que seria possível ocorrer na prática as teorias inclusas nele?”.

Posterior a esta problematização e discussão com a turma, devem ser expostas três cenas do filme, uma a uma, podendo haver assim outras indagações e discussões para o aprofundamento dos conceitos. A primeira cena é o momento da descoberta e a entrada no buraco de minhocas que resulta no conceito da distorção do espaço-tempo, o que poderia gerar questionamentos do que seria esse buraco e como se comportaria a nave e os personagens ao adentrar nele; a segunda cena é a visualização do planeta Miller, onde uma hora no mesmo equivaleria a sete anos na Terra, resultado dos efeitos gravitacionais sobre o tempo, o que geraria algumas curiosidades e indagações sobre o porquê e o que estaria envolvido para ocorrer essa diferença temporal em relação ao nosso planeta; a terceira e última cena é a aproximação dos personagens que se encontram na aeronave próximo ao buraco negro Gargântua, o que será notório a gravidade extrema e a curiosidade dos estudantes sobre o porquê isso ocorre.

Após todas essas exposições, discussões prévias e esclarecimentos, o encontro é encerrado.

## **2° Encontro (45 min) – Relatividade de Interestelar**

Para este segundo encontro, que ocorrerá através de slides, deve ser colocado em execução uma aula mais conceitual e expositiva dialogada, a qual é essencial para aprofundar um pouco os conceitos envolvidos por trás das cenas visualizadas em questão. Lembrando que se for necessário, mediante a solicitação dos alunos, pode ser feita novamente a reprodução dos trechos do filme.

Com isso, pode-se dar início a exposição e discussão do buraco de minhocas, que é uma forma de túnel que conecta dois pontos diferentes no espaço-tempo, o que permitiria viagens entre eles mais rapidamente em comparação com a normalidade do tempo do nosso planeta. E para ilustrar tal conceito pode ser feito um diagrama na lousa (Figura A), que se encontra a seguir.

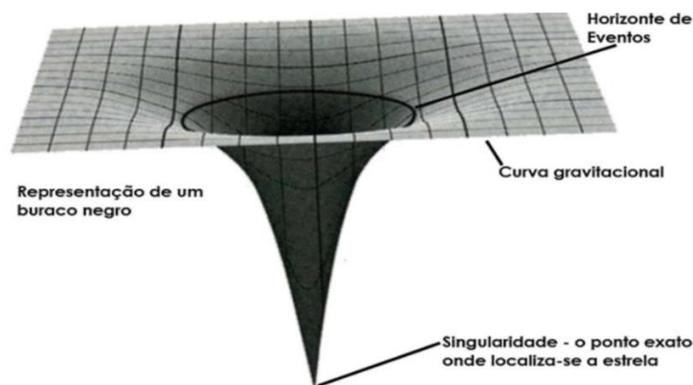
Figura A: (Esquemática conceitual de um Buraco de Minhoca)



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

Posteriormente, abordaremos o conceito básico de gravidade que os alunos podem até ter uma ideia e também a gravidade envolvida na Relatividade Geral que pode ser definida como uma alteração na geometria espacial o que ocasiona uma curvatura em sua dimensão. Outro conceito a ser tratado refere-se aos buracos negros e o horizonte de eventos, o primeiro é uma região do espaço onde a gravidade é tão forte que nada pode escapar dele, nem mesmo a luz, o segundo é uma fronteira de eventos no espaço da qual nada pode retornar ao passar por ela. Em seguida apresentaremos na lousa outro diagrama (Figura B), que se encontra a seguir, ilustrando de forma básica como o buraco negro distorce o espaço-tempo.

Figura B: (Representação gráfica de um Buraco Negro e sua Singularidade)



Fonte: (THORNE, Kip S, 2014)

Finalmente, deve ser abordado o conceito de dilatação temporal, onde a gravidade afeta o tempo. Ou seja, próximo a um corpo muito massivo, como um buraco negro, o tempo passa mais devagar que o normal. Isso a todo tempo exemplificando com possíveis situações envolvendo uma comparação com nosso planeta para facilitar o entendimento dos alunos. Uma situação que pode ser integralizada nesta explicação pode ser o retorno de Cooper a Terra ao reencontrar sua filha, analisando é claro as extrapolações que o filme traz em tal situação.

Após todas essas explanações, discussões e esclarecimentos, é solicitado aos alunos no final do encontro que eles tragam para a sala de aula no próximo encontro algumas cartolinas e canetas coloridas, folhas de ofício A4, bem como seus aparelhos celulares ou notebooks (se possuírem), para utilizarmos na atividade que será proposta.

### **3° Encontro (90 min) – Relatividade de Interestelar**

Nesta ocasião, levando também em consideração os encontros anteriores, a turma deve ser dividida em grupos de 4 ou 5 pessoas. A ideia desse primeiro momento é a criação de um modelo visual mais próximo a de um buraco negro por cada um dos grupos utilizando a cartolina e as canetas coloridas. Os grupos poderão discutir entre si, fazendo indagações sobre detalhes do modelo e podem também buscar outras fontes confiáveis para ajuda-los na produção dos desenhos.

Na sequência serão desafiados a debaterem em grupo sobre a dilatação do tempo em algumas situações físicas, a exemplo da relação que a gravidade tem nesse conceito. Eles poderão criar situações hipotéticas e utilizar analogias para explicar a dilatação temporal da melhor forma possível.

No último momento deste encontro, com seus celulares ou notebook, os grupos darão início a criação de pequenos pôsteres que expliquem as principais características de um buraco negro. Os estudantes discutirão e decidirão quais as informações mais importantes para constituir os pôsteres.

A ideia é que os componentes de cada grupo trabalhem em conjunto,

compartilhando ideias para completarem as tarefas. Nosso papel como professor nesse momento é de auxiliar e esclarecer qualquer dúvida apresentada por ambos e assim finalizar tal produção.

#### **4° Encontro (45 min) – Relatividade de Interestelar**

Este último encontro é destinado aos alunos para apresentarem o material que foi produzido no encontro anterior. Ambos deverão explicar o que fizeram e como interpretaram os conceitos.

A fim de proporcionar algo mais dinâmico e objetivo, um grupo apresentará um modelo de um buraco de minhoca, explicando como ele pode conectar dois pontos no espaço-tempo; outro grupo mostrará também seu modelo ilustrado do buraco de minhoca e explicará como a dilatação do tempo pode ser compreendida através de exemplificações e analogias hipotéticas; um terceiro grupo apresentará um pôster detalhado sobre os buracos negros, explicando e destacando o horizonte de eventos e a gravidade extrema. Tal pôster deverá conter informações e ilustrações que facilitem o entendimento de toda a turma.

Após as apresentações, é aberto o momento de debate e esclarecimentos uns com os outros, em que eles poderão fazer perguntas e também complementarem as falas dos colegas, fazendo um ambiente de sala aula interativo e colaborativo.

Ao final do encontro, será distribuído aos alunos uma proposta de atividade composta por algumas questões (ver o apêndice B) para responderem em casa de forma individual.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou explorar o potencial dos filmes de ficção científica, especificamente *Interestelar*, como ferramenta pedagógica no ensino de Física, com o objetivo de investigar o potencial da arte cinematográfica como recurso didático no ensino de Física. A revisão realizada permitiu uma análise detalhada das vantagens e desafios associados à integração de filmes no ambiente educacional, evidenciando que essa abordagem pode trazer contribuições significativas para o processo de ensino-aprendizagem, desde que aplicada de maneira crítica e contextualizada.

A contextualização dessa pesquisa indicou que a utilização de filmes como recurso didático pode ter o potencial de tornar conceitos abstratos e complexos acessíveis e compreensíveis para os alunos. A visualização de fenômenos físicos em um contexto cinematográfico pode permitir que os estudantes estabeleçam conexões entre a teoria e a prática, facilitando a internalização dos conceitos. Além disso, a narrativa envolvente do filme com uma abordagem leve, dinâmica, interativa e participativa pode ajudar a superar os desafios no ensino de Física e aumentar o engajamento dos alunos, tornando a aula uma experiência mais dinâmica e participativa, bem como atraente e compreensível para eles.

Por outro lado, o nosso estudo indicou que uma proposta de filmes no ensino de Física não está isenta de desafios. A ficção científica, por sua natureza, tende a misturar elementos de realidade com especulação, o que pode levar a mal-entendidos se os conceitos científicos não forem cuidadosamente contextualizados. Portanto, é essencial que os educadores desempenhem um papel ativo na mediação com uso de filmes, guiando os alunos na análise crítica dos conteúdos apresentados e esclarecendo as distinções entre ciência e ficção. Isso exige dos professores não apenas um conhecimento sólido dos conceitos físicos, mas também uma habilidade pedagógica para facilitar discussões que promovam o pensamento crítico e a reflexão entre os alunos.

Outro ponto importante a ser considerado é a possibilidade de equilibrar a utilização de filmes com outras metodologias de ensino. Embora os filmes possam ser

uma ferramenta poderosa para ilustrar e contextualizar conceitos, eles não devem substituir totalmente as abordagens tradicionais de ensino, como aulas teóricas e experimentos práticos. Ao invés disso, os filmes devem ser integrados como um complemento, enriquecendo as aulas e oferecendo diferentes perspectivas sobre os temas estudados.

A implementação dessa estratégia também requer um planejamento cuidadoso por parte dos professores. A escolha dos filmes deve ser criteriosa, levando em conta a relevância dos conceitos abordados, a precisão científica e a adequação ao nível de conhecimento dos alunos. Além disso, é importante que os professores disponham de recursos adequados para explorar ao máximo o potencial pedagógico dos filmes. Isso inclui não apenas a capacidade de selecionar e exibir filmes, mas também de criar atividades e discussões que estimulem a participação ativa dos alunos e aprofundem a compreensão dos conceitos apresentados.

Em termos de impacto pedagógico, a utilização de filmes de ficção científica pode contribuir para um ensino interdisciplinar, conectando a Física a outras áreas do conhecimento, como a Filosofia, a Arte e a História. Essa abordagem interdisciplinar pode enriquecer a formação dos alunos, proporcionando-lhes uma visão ampla e integrada do mundo ao seu redor. Ao incorporar elementos culturais e tecnológicos contemporâneos, como os filmes, no processo de ensino, os educadores podem tornar a Física relevante e atrativa para as novas gerações, que estão cada vez mais imersas em um ambiente dominado pela mídia audiovisual.

Por fim, reforçamos a ideia de que a educação deve ser adaptada às demandas e características do mundo contemporâneo. A integração de filmes no ensino de Física é um exemplo de como as práticas pedagógicas podem evoluir para atender às necessidades dos alunos, utilizando as ferramentas e recursos disponíveis na era digital. No entanto, para que essa integração seja bem-sucedida, é fundamental que os educadores estejam preparados para enfrentar os desafios que ela impõe, garantindo que os alunos não apenas adquiram conhecimento, mas também desenvolvam habilidades críticas e reflexivas que os preparem para os desafios do futuro.

Defendemos que a utilização de filmes de ficção científica, como *Interestelar*, no ensino de Física, pode ser uma estratégia pedagógica eficaz, desde que implementada com cuidado e reflexão. Ao proporcionar uma experiência de ensino envolvente e interdisciplinar, os filmes podem ajudar a superar alguns dos desafios difíceis no ensino de conceitos complexos, ao mesmo tempo em que promovem uma vivência em sala de aula significativa e até conectada à realidade dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- BORSEKOWSKY, Alana Rafaela et al. A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE ASTRONOMIA NAS ESCOLAS PÚBLICAS: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO PERÍODO REMOTO. **Encontro sobre Investigação na Escola**, v. 17, n. 1, 2021.
- DE ALMEIDA, Jamila Rodrigues; SOLTAU, Samuel Bueno. Filme Interestelar e Sala de Aula Invertida: uma proposta para ensinar relatividade geral e buracos negros no Ensino Médio. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e40911528437-e40911528437, 2022.
- DE ARRUDA, Higor Felipe Gonçalves; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. Ensino de Física e escalas de distâncias astronômicas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 2, p. 1-22, 2022.
- DE MOURA, Fábio Andrade; VIANNA, Pedro Oliveira. O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 3, p. 01-16, 2019.
- DOS SANTOS, Kremmellin Barbosa; DO AMARAL MOREIRA, Maria Cristina. A utilização das histórias do Homem Formiga como contexto para o Ensino de Física. **Olhar de Professor**, v. 25, p. 1-25, 2022.
- DOS SANTOS, Lucio José Braga. A inserção da Teoria da Relatividade Geral aplicada em filmes de ficção científica. 2020.
- Endereço Eletrônico: [brasilecola.uol.com.br/fisica/dilatacao-tempo.htm](http://brasilecola.uol.com.br/fisica/dilatacao-tempo.htm)
- Endereço Eletrônico: [revistagalileu.globo.com/amp/Ciencia/Espaco/noticia/2019/04/foto-de-um-buraco-negro-e-revelada-pela-primeira-vez-na-historia.html](http://revistagalileu.globo.com/amp/Ciencia/Espaco/noticia/2019/04/foto-de-um-buraco-negro-e-revelada-pela-primeira-vez-na-historia.html)
- Endereço Eletrônico: [socientifica.com.br/enciclopedia/gravidade/](http://socientifica.com.br/enciclopedia/gravidade/)
- Hayward, “Black holes and traversible wormholes: a synthesis,” Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea.
- MEDEIROS, Larissa Eduarda Mariano. Uma proposta metodológica para o uso de séries de televisão no ensino de Física Moderna e Contemporânea aplicada ao ensino médio. 2021.
- MOURA, Gilson Yuri Silva. **A física no cinema: recortes de filmes como recurso didático articulado a demonstrações experimentais com suporte arduíno**. 2019. Tese de Doutorado. Dissertação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- NEVES, Juan Carlos Rocha et al. O uso de séries e filmes no ensino de física moderna no ensino médio. 2019.
- OOSTERBEEK, Ivo Simão da Cruz. **Contributos do cinema de ficção científica na formação da cultura científica**. 2021. Tese de Doutorado.

PILLING, Sergio. Física e a Química do Meio Interestelar. **Notas de aula, Mestrado e Doutorado em Física e Astronomia, Universidade do Vale do Paraíba, São Paulo.** Disponível em: [https://www1.univap.br/spilling/FQMI/05\\_Nuvens\\_Moleculares](https://www1.univap.br/spilling/FQMI/05_Nuvens_Moleculares).

SANTOS, Lucio José Braga dos et al. Ensino de Física e Cinema de Ficção Científica: possibilidades didático-pedagógicas de ensino e aprendizagens. 2019.

SILVA, D. F.; SOUZA, A. C. **O uso do cinema para o ensino de física no ensino médio.** *Revista Eletrônica de Ensino de Física*, v. 5, n. 1, p. 36-44, 2022.

SILVA, H. C. A textualização cinematográfica do espaço-tempo curvo da Teoria Geral de Relatividade no filme Interestelar. **Ciência em Tela (Rio de Janeiro)**, v. 12, n. 2, p. 1-20, 2019.

TEIXEIRA, Pedro; RODRIGUES, André; DIAS, Valéria. Currículo do curso de Física: satisfação, avaliação e retenção no ensino superior. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 35, p. 283-289, 2023.

THORNE, Kip S. **The Science of Interstellar.** Nova York: W. W. Norton & Company, 2014.

## APÊNDICE A

### Exposições de Conceitos – Encontro 2

- Definição de Buraco de Minhoca:

Um buraco de minhoca é como um atalho no espaço-tempo que conecta diretamente dois universos ou regiões distantes dentro do mesmo universo. Esse conceito é também conhecido como “Ponte de Einstein-Rosen”. Segundo a teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, o espaço-tempo não é plano, mas sim “curvo”. Para imaginar essa curvatura, pense em um lençol. Se você colocar um objeto pesado no meio do lençol, ele se afunda e forma uma curva ao redor do peso. Assim como há várias formas de contorcer um lençol, os físicos também pensam em maneiras de dobrar nosso universo. Um dos resultados dessa ideia é o buraco de minhoca. Usando a analogia do lençol, imagine que você dobra a folha ao meio e cria um pequeno túnel de um lado para o outro. Com isso, para ir de um lado ao outro do lençol, você só precisa atravessar esse túnel, em vez de percorrer toda a extensão da folha.

Assim, podemos dizer que um buraco de minhoca tem três componentes principais:

- Dois “buracos” formados por uma deformação gravitacional, que existem no que chamamos de espaço convencional.
- Um túnel ou garganta que conecta os dois lados, situado em uma sub-região de nosso universo, que pode ser chamada de subespaço ou hiperespaço.

- Conceito de Gravidade:

Newton explicou a gravidade como uma força que faz com que dois corpos se atraiam. É o que faz as frutas caírem das árvores e mantém os planetas girando ao redor do Sol. A gravidade é também o que dá peso aos objetos. Por exemplo, quando você sobe em uma balança, o número que aparece é a medida dessa força agindo sobre seu corpo. Quanto mais massivo um objeto, maior a atração gravitacional que ele exerce.

Essa visão de Newton prevaleceu até 1915, quando Albert Einstein revolucionou a forma como entendemos o universo. Na teoria da relatividade geral, Einstein disse que a gravidade não é exatamente uma força, mas o efeito da distorção que a matéria causa no tecido do espaço-tempo. Uma das implicações dessa teoria é que a luz pode se curvar ao passar perto de objetos muito massivos.

Curiosamente, na Lua, a gravidade é apenas 16% da que sentimos aqui na Terra, enquanto em Marte é cerca de 38%, e em Júpiter, o maior planeta do sistema solar, a gravidade é 2,5 vezes maior que a da Terra.

- Definição de Buraco Negro:

Um buraco negro é uma área do espaço com uma gravidade tão intensa que até mesmo a luz não consegue escapar. Essa força gravitacional é extremamente poderosa porque a matéria ali presente foi compactada em um espaço diminuto. Buracos negros podem se formar durante a "morte" de algumas estrelas, em momentos críticos de suas vidas. Como a luz não consegue sair, esses buracos negros se tornam invisíveis para nós. No entanto, telescópios espaciais com tecnologias avançadas conseguem detectar buracos negros ao observar como as estrelas próximas a eles se comportam de maneira diferente das outras. Em 2019, foi capturada a primeira imagem de um buraco negro, usando radiotelescópios que "montaram" essa imagem a partir de ondas eletromagnéticas fora do espectro visível. (Ver figura 7 em Anexo)

Existem diferentes tamanhos de buracos negros, que podem ser classificados em três categorias principais:

- **Buracos negros primordiais:** Esses são os menores, do tamanho de um único átomo, mas com uma massa equivalente à de uma grande montanha.
- **Buracos negros estelares:** Este é o tipo mais comum, com uma massa que pode chegar a 20 vezes a do Sol, ocupando um espaço que caberia em uma esfera com diâmetro de 16 quilômetros. É bem possível que nossa galáxia, a Via Láctea, tenha dezenas de buracos negros estelares.

– **Buracos negros supermassivos:** Esses são gigantes, com massas que ultrapassam um milhão de sóis combinados, e poderiam caber dentro de uma esfera do tamanho do Sistema Solar. Pesquisas sugerem que cada grande galáxia abriga um buraco negro supermassivo em seu centro. O buraco negro supermassivo que está no coração da Via Láctea é conhecido como Sagitário A, e possui uma massa equivalente a cerca de quatro milhões de sóis, cabendo em uma esfera do tamanho do Sol.

Em uma situação hipotética de queda de um ser humano em um buraco negro, ao chegar ao horizonte de eventos, você passaria por uma experiência chamada "espaguetificação". Isso acontece porque a gravidade lá é tão intensa que, conforme você se aproxima do buraco negro, a força gravitacional muda rapidamente. Assim, sua cabeça e seus pés estariam em ambientes com gravidade completamente diferentes, fazendo você se esticar como um espaguete

- Conceito de Dilatação do Tempo:

A dilatação do tempo acontece quando há uma diferença na percepção do tempo entre dois observadores que inicialmente tinham seus relógios sincronizados. Isso pode ocorrer em duas situações principais: a primeira, quando um dos observadores se move a uma velocidade muito alta, próxima à velocidade da luz, que é cerca de 300 mil km/s. A segunda situação ocorre quando um dos observadores está em um lugar com um campo gravitacional diferente do outro.

No dia a dia, isso significa que os relógios pareceriam "andar mais devagar", como se o tempo, seja de um segundo ou de um minuto, estivesse levemente esticado. Quando a dilatação é causada por velocidade, ambos os observadores, ao olharem um para o outro, perceberiam o tempo do outro passando de forma mais lenta. Mas, se a dilatação do tempo for causada por gravidade, só o observador que estiver em uma região com uma gravidade diferente vai perceber essa mudança no tempo. Essa dilatação de tempo já foi testada e medida em alguns experimentos, a exemplo dos aceleradores de partículas e relógios atômicos.

O cálculo de tal dilatação é feito de acordo com as transformações de Lorentz. Temos assim:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde:

**$\Delta t_0$** : tempo medido pelo observador em repouso;

**$\Delta t$** : tempo medido pelo observador em movimento;

**v**: velocidade do observador em movimento

**c**: velocidade da luz"

Ainda é possível simplificar a equação adicionando o fator de Lorentz que tem função de correção relativística, com isso:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \Delta t = \gamma \Delta t_0$$

## APÊNDICE B

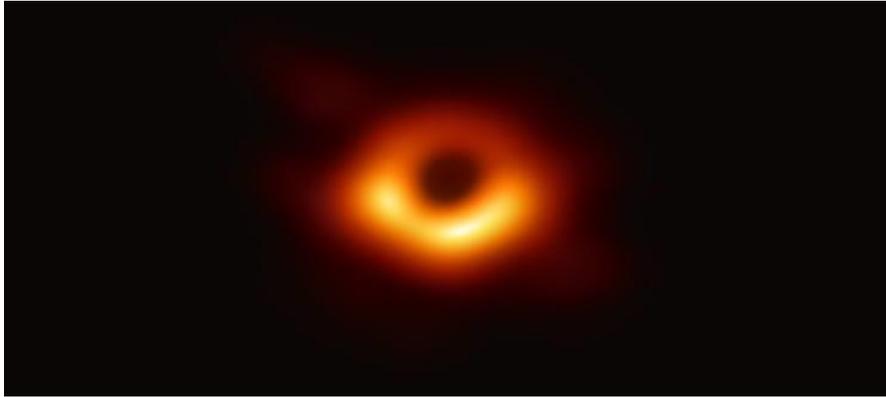
### Exercício de Fixação – Encontro 4

- 1) Explique de forma geral as principais ideias ou conceitos sobre a Teoria da Relatividade Geral de Einstein.
- 2) De acordo com o que foi estudado, explique o que é o conceito da dilatação do tempo e porque no filme ela ocorre dependendo da intensidade gravitacional.
- 3) O que são os buracos negros e por que eles têm a capacidade de absorver grande os corpos espaciais que se aproximam deles?
- 4) O buraco de minhoca exposto no filme é fisicamente comprovado? Explique.
- 5) Por que ao reencontrar a filha, Cooper tem praticamente sua idade após ter passado certo tempo viajando por certos locais do universo?
- 6) Quais outros aspectos físicos você consegue identificar no filme e que eventualmente não foi citado nas aulas, caso haja?

## ANEXO A

### ILUSTRAÇÃO DE BURACO NEGRO

Figura 7: (Buraco Negro através de Radiotelescópios)



Fonte: Revista Galileu – Globo

