

## Filme Interestelar e Sala de Aula Invertida: uma proposta para ensinar relatividade geral e buracos negros no Ensino Médio

Interstellar movie and Flipped Classroom: a proposal for teach general relativity and black holes in High School

Película Interestelar y Clase Invertida: una propuesta para enseñar relatividad general y agujeros negros en Secundaria

Recebido: 23/03/2022 | Revisado: 02/04/2022 | Aceito: 04/04/2022 | Publicado: 11/04/2022

**Jamila Rodrigues de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7666-7480>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [jamila.almeida@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:jamila.almeida@sou.unifal-mg.edu.br)

**Samuel Bueno Soltau**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7211-2533>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [samuel.soltau@unifal-mg.edu.br](mailto:samuel.soltau@unifal-mg.edu.br)

### Resumo

Considerando a presença do tema na mídia a partir da divulgação de imagens de buracos negros e da medição de ondas gravitacionais, tornou-se relevante abordar os conceitos da Física Contemporânea, ainda no Ensino Médio. No entanto, tais conceitos não são intuitivos como a maior parte dos conteúdos da Física Clássica e geralmente surgem nos capítulos finais dos livros didáticos do terceiro ano do Ensino Médio e, por vezes, é pouco explorado. Propõe-se neste artigo um plano de aula elaborado sob a perspectiva metodológica da Sala de Aula Invertida proposta por Bergmann e Sams (2018) e a utilização do filme Interestelar como ferramenta de ensino para abordar tópicos relacionados à Teoria da Relatividade Restrita e Geral e a temática em torno dos Buracos Negros. O plano de aula foi pensado para aplicação em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio e estruturado em três momentos: (i) antes da aula: assistir ao filme Interestelar, vídeos do *Youtube* selecionados pelo professor e leitura de capítulo do livro didático relacionado ao tema da aula, (ii) debate em sala de aula com a mediação do professor; e, (iii) realização de tarefas e avaliação. Trata-se de uma proposta flexível e adaptável a qualquer conteúdo que leva em conta o interesse dos estudantes, temas atuais no campo da Física e sua abordagem em diferentes contextos e aplicações científicas de fenômenos físicos nos filmes de ficção científica, como se verifica no filme Interestelar.

**Palavras-chave:** Ensino de física; Teoria da relatividade; Buracos negros; Sala de aula invertida; Filme interestelar.

### Abstract

Considering the presence of the theme in the media with dissemination of images of black holes and the measurement of gravitational waves, it became relevant to approach the concepts of Contemporary Physics, still in High School. However, such concepts are not intuitive like most of Classical Physics subjects and usually appear in the final chapters of textbooks for the third year of high school and, sometimes, it is little explored. This article proposes a lesson plan prepared from the methodological perspective of the flipped classroom proposed by Bergmann & Sams (2018) and the use of the Interstellar movie as a teaching tool to address topics related to the Special and General Theory of Relativity and the theme around black holes. The lesson plan was designed for application in a third year high school class and structured in three moments: (i) before class: watching the movie Interstellar, Youtube videos selected by the teacher and reading a chapter of the textbook related to the theme, (ii) classroom debate with the teacher's mediation; and, (iii) carrying out tasks and evaluation. It is a flexible proposal adaptable to any content that takes into account the interest of students, current topics in the field of Physics and its approach in different contexts and scientific applications of physical phenomena in science fiction films, as seen in the Interstellar movie.

**Keywords:** Teaching physics; Theory of relativity; Black holes; Flipped classroom; Interstellar movie.

### Resumen

Considerando la presencia del tema en los medios de comunicación con la difusión de imágenes de agujeros negros y la medición de ondas gravitatorias, se hizo relevante acercarse a los conceptos de la Física Contemporánea, aún en la Enseñanza Media. Sin embargo, tales conceptos no son intuitivos como la mayoría de los conceptos de Física Clásica y suelen aparecer en los capítulos finales de los libros de texto de tercer año de secundaria y, en ocasiones, son poco explorados. Este artículo propone un plan de clase elaborado desde la perspectiva metodológica del clase invertida

propuesta por Bergmann y Sams (2018) y el uso de la película *Interestelar* como herramienta didáctica para abordar temas relacionados con la Teoría Especial y General de la Relatividad y la temática en torno a los agujeros negros. El plan de clase fue diseñado para su aplicación en una clase de tercer año de secundaria y estructurado en tres momentos: (i) antes de la clase: visualización de la película *Interestelar*, videos de Youtube seleccionados por el docente y lectura de un capítulo del libro de texto relacionado con el tema, (ii) debate en el aula con la mediación del docente; y, (iii) realización de tareas y evaluación. Es una propuesta flexible adaptable a cualquier contenido que tiene en cuenta el interés de los estudiantes, temas de actualidad en el campo de la Física y su abordaje en diferentes contextos y aplicaciones científicas de los fenómenos físicos en películas de ciencia ficción, como se ve en la película *Interestelar*.

**Palabras clave:** Enseñanza de la física; Teoría de la relatividad; Agujeros negros; Clase invertida; Película *interestelar*.

## 1. Introdução

Nos últimos anos a divulgação de imagens de buracos negros obtidas pelo Consórcio *Event Horizon Telescope* (EHT) e da medição de ondas gravitacionais pelo *Laser Interferometer Gravitational – Wave Observatory* (LIGO), tem aguçado a curiosidade de muitos alunos acerca das novas descobertas e avanços tecnológicos na área da Física. Quando assuntos como estes estão em voga é muito comum para o professor receber uma “enxurrada” de questionamentos de como ou por quê e, algumas vezes até se deparar com concepções equivocadas ou pouco fundamentadas dos alunos a este respeito.

Por outro lado, devido a fatores como a redução da carga horária da disciplina de Física nas escolas públicas brasileiras, o ensino da Física Moderna e Contemporânea é por vezes prejudicado de forma que os alunos não tenham um contato mínimo com este campo da Física. Os conceitos da Teoria da Relatividade, por exemplo, fazem parte do currículo do terceiro ano do Ensino Médio e, em geral, aparecem nos capítulos finais dos livros didáticos. Consequentemente, com a carga horária reduzida, o ensino destes conceitos é comprometido, pouco explorado ou, em muitos casos, nem chegam a ser ministrados pelos professores (Moura & Vianna, 2019).

Neste caso, cabe ao professor estar atento e aproveitar o interesse dos alunos para abordar os conceitos da Física Moderna e Contemporânea, como a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) e Geral (TRG) e a temática em torno dos Buracos Negros (BN) à medida que as oportunidades surgem. Assim como Salomão, Araújo e Mackendanz (2020), defende-se aqui, que a introdução de tópicos relacionados à Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pode despertar/influenciar o interesse dos estudantes por conteúdos específicos da Física ou no ingresso em um curso de Física no Ensino Superior. Surge então a questão: Mas como?

Em uma breve revisão da literatura é possível perceber que é cada vez mais recorrente a publicação de trabalhos na área do Ensino de Física em que os pesquisadores sugerem que a utilização de diferentes métodos e recursos, como por exemplo, metodologias ativas (Fiasca et al., 2021), vídeos e filmes de ficção científica (Sorensen & Teixeira, 2021; Medeiros, 2021; Ribeiro, 2020), simulações (Pimenta; Pimenta & Soltau, 2020), entre outros recursos, podem ser implementados em sala de aula tanto para a introdução, motivação ou consolidação dos conceitos, quanto para ilustrar e despertar questionamentos.

No que diz respeito ao ensino de Física, ainda que existam dificuldades de aprendizado, o uso de metodologias ativas tem sido fortemente recomendado para complementar/substituir àquelas aulas ancoradas em memorização de fórmulas e resolução de exercícios, com vistas a tornar o aluno um participante ativo do processo de ensino e de aprendizagem, ou seja, protagonista e corresponsável por sua aprendizagem (Padilha, 2020).

Particularmente, a metodologia de “Sala de Aula Invertida” proposta por Bergmann e Sams (2018), caracterizada como uma metodologia ativa, possibilita ao professor a inserção de um conjunto de materiais alternativos como vídeos, textos que versem a respeito de algum conteúdo antes mesmo da aula em si. A ideia central é que os alunos sejam expostos aos conteúdos curriculares, assistindo ou lendo materiais disponibilizados pelo professor como um “dever de casa” de forma que,

ao retornarem à sala de aula comentem o que gostaram, o que entenderam, apresentem dúvidas e discutam os conceitos presentes no material com a mediação do professor.

Para Ribeiro (2020) quando são utilizados métodos alternativos ou complementares no processo de ensino de Física como filmes, o ganho conceitual dos alunos tende a ser maior do que nas aulas meramente expositivas. Este pensamento se alinha ao de Seixas, Santarosa e Ferrão (2020, p.21) quando argumentam que o “uso e a aplicação de diferentes métodos de ensino articulados podem ser o caminho para romper com um ensino descontextualizado, sem significado para o aprendiz ou focado na repetição e memorização de fórmulas”.

Autores como Sorensen e Teixeira (2021), Medeiros (2021), Santos, (2020), Ribeiro (2020), Paissi (2013) entre outros, sugerem a utilização de vídeos e obras cinematográficas no ensino de Física e Ciências, visto que além de uma fonte de inspiração, permite aproximar a sala de aula do cotidiano, contempla diferentes realidades e aplicações científicas de fenômenos físicos. De fato, uma das características das obras de ficção científica está na maneira própria de falar de Ciência seja por meio da linguagem verbal, não-verbal, ou seja, sensorial, visual, falada, musical, escrita e até educacional, visto que permite a apresentação de ideias e conceitos científicos direta e indiretamente em suas cenas (Morán, 1995; Oliveira, 2006; Piassi, 2013).

Diante do exposto, neste artigo propõe-se um plano de aula sob a perspectiva da Sala de Aula Invertida e a utilização do filme *Interestelar* como ferramenta de ensino para abordar a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) e Geral (TRG) e a temática em torno dos Buracos Negros (BN) para aplicação em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio com o objetivo de inserir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio e desenvolver com os alunos um estudo contextualizado que favoreça a compreensão dos conceitos relacionados à esta temática.

Quanto ao método, este trabalho possui características de um estudo bibliográfico, uma vez que se faz por meio de fontes já publicadas para seu desenvolvimento e elaboração das atividades (Gil, 2002) e, neste caso, centrado nos conceitos físicos relacionadas à TRR, TRG e BN presentes em um livro didático (Luz, Alvarenga & Guimarães, 2016) e no filme *Interestelar* (2014).

Assim, a primeira parte deste trabalho consiste na apresentação sucinta da Metodologia da Sala de Aula Invertida, do filme *Interestelar* e trabalhos que o utilizaram efetivamente como recurso de ensino em Física. Na segunda parte, descreve-se o plano de aula elaborado seguido das considerações finais.

## **2. A Metodologia da Sala de Aula Invertida**

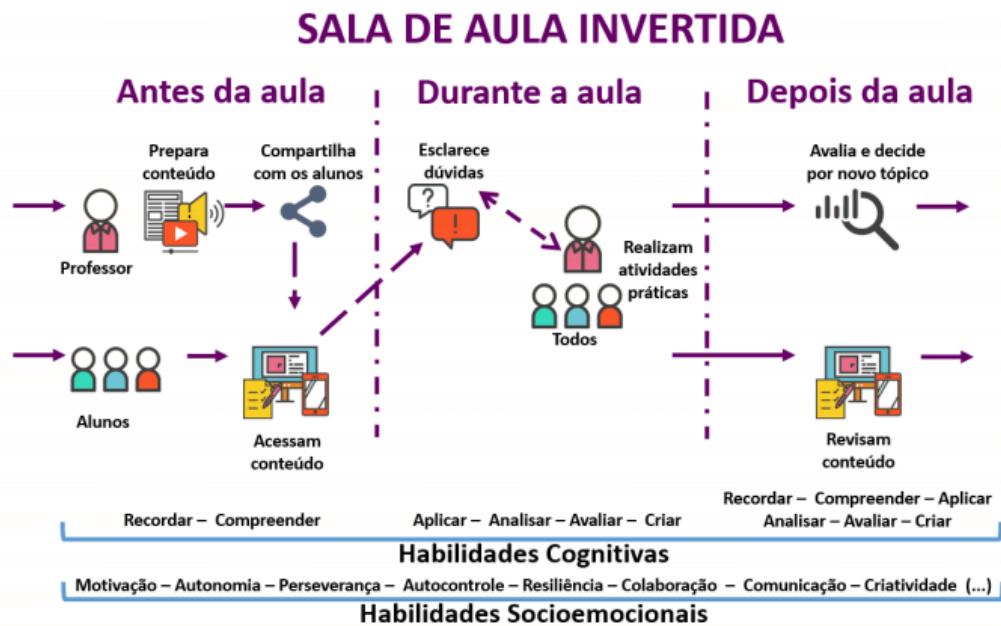
A metodologia da Sala de Aula Invertida foi proposta por Bergmann e Sams (2018) inicialmente com a finalidade de compartilhar com os alunos as aulas gravadas por seus professores para que eles assistissem antes do encontro na sala de aula e, usassem o restante do tempo para sanar dúvidas a respeito de conceitos que não foram compreendidos.

A disseminação desta metodologia no meio acadêmico, culminou na expansão e diversidade dos materiais que poderiam ser disponibilizados como, textos de apoio, livros, filmes, vídeos do *Youtube*, *softwares*, experimentos etc. e, apesar de ser relativamente recente, tem ganhado espaço como método de ensino de diversas áreas do conhecimento pois, além de intuitiva pode ser aplicada no processo de ensino e de aprendizagem de qualquer conteúdo e em diferentes níveis de ensino (Moran, 2014).

A expressão invertida pode ser entendida como “o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula” (Bergmann & Sams, 2018, p.11). Bergmann e Sams (2018) deixam claro que há várias maneiras de inverter a sala de aula e isso vai depender, entre outros fatores, da realidade da turma, da proposta da aula, dos conteúdos, dos professores etc.

De modo geral, a sala de aula invertida pode ser estruturada em três etapas conforme esquematizado na Figura 1:

Figura 1: Esquema da metodologia de sala invertida.



Fonte: Schmitz (2016).

1. **Antes da aula:** Os alunos acessam um material disponibilizado pelo professor. Podem ser aulas gravadas, vídeos da internet, alguma sugestão de filmes e até mesmo textos que viabilizem o primeiro contato dos estudantes com um determinado assunto.
2. **Durante a aula.** Socialização de impressões e a discussão a respeito do material acessado antes da aula; e
3. **Depois da aula:** Revisão dos tópicos principais estudados e realização das tarefas do dia, que devem ser executadas na sala de aula. A tarefa pode ser um experimento, uma atividade de pesquisa, a solução de problemas ou testes escritos, ou seja, atividades que potencializam o entendimento do conteúdo.

Ressalta-se que a introdução de uma nova metodologia de ensino acarreta também na conscientização e orientação aos alunos sobre a importância de realizarem efetivamente as atividades propostas para fazerem em casa, anotando pontos que considerem importantes ou que despertou curiosidade, além das dúvidas que possam surgir e respondendo questões que tenham sido apontadas previamente (Pinheiro, 2021). Verifica-se que alunos que frequentemente fazem a lição de casa são, em geral, aqueles que mais contribuem com questões relevantes que possibilitam o debate e a abordagem de possíveis equívocos na compreensão dos conceitos apresentados no material.

A forma de avaliação das atividades não tem modelo específico e pode manter-se nos moldes convencionais adotados anteriormente pelo professor, embora o papel do professor em sala de aula mude à funções similares as de orientador e tutor da turma (Bergmann & Sams, 2018).

Assim, a sala de aula invertida retira a centralidade do professor e busca oferecer diversas ferramentas que acompanhem os avanços tecnológicos e levem o aluno a assumir uma postura ativa no processo de aprendizagem perante os desafios encontrados.

Levando em consideração o que foi descrito nesta seção, a seguir apresenta-se o filme Interestelar e os estudos que o utilizaram para o ensino de conceitos na área da Física.

### 3. O Filme Interestelar e sua Aplicação no Ensino de Física

O filme anglo-americano de ficção científica *Interestelar*, dirigido por Christopher Nolan de 2014, acontece num futuro próximo e narra a história do astronauta Cooper que junto com sua equipe parte em uma exploração espacial em busca de outro planeta habitável para salvar os habitantes da Terra que estão prestes a ficar sem recursos para sua sobrevivência. Para tanto, eles entram em um buraco de minhoca (*wormhole*) recém descoberto que conecta duas regiões distantes do universo (IMDB, 2021).

Nolan contou com a consultoria científica de físicos, matemáticos, engenheiros para a produção do filme. Entre eles, destaca-se o apoio do físico teórico Kip Thorne que além de consultor científico, produtor executivo do filme, reuniu todo o trabalho e experiência na produção do filme de longa-metragem na escrita do livro “*The Science of Interstellar*” (Thorne, 2014) e dois artigos em coautoria com outros pesquisadores (James, et al., 2015a; 2015b).

De fato, o que difere *Interestelar*, de outros filmes de ficção científica é a preocupação de seus produtores com fidelidade à ciência que permeia todo o enredo e o cuidado dos autores, diretores em construir um roteiro que respeitasse, dentro do possível, as leis físicas vigentes e os conhecimentos que temos atualmente a respeito do Universo, como os relacionados à buracos negros, horizontes de eventos, gravidade, dilatação temporal etc. Por este motivo, o filme *Interestelar* tem gerado inúmeros estudos que exploram os conceitos físicos mais evidentes na trama (Ribeiro, 2020; Moura & Vianna; Ferreira & Barbosa, 2018; Ghizoni & Neves, 2018) sem se restringir ao ensino de Física, mas à Ciências de modo geral (Jaramillo, 2021) e foi escolhido para compor o plano de aula proposto neste trabalho.

Ribeiro (2020), por exemplo, utilizou entre outros recursos o Filme *Interestelar* para a construção de conceitos físicos básicos da Mecânica como força, atrito, aceleração, velocidade, tempo, posição e movimento em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio. Concluiu que quando integrado às aulas de Física, os filmes são ferramentas didáticas eficazes tanto para estimular a curiosidade, o debate, o aprendizado dos estudantes quanto à compreensão dos conceitos.

Já Moura e Vianna (2019) propuseram a articulação entre tópicos da Astrofísica, Relatividade e Mecânica Quântica de forma interativa tendo por aporte o filme *Interestelar* com a finalidade de criar em elo entre a apresentação cinematográfica de fenômenos físicos e o conhecimento teórico estudado em sala. Para eles, após exibição do filme e debate “foi possível analisar o entendimento dos alunos sobre o assunto através das dúvidas que surgiram, revelando uma quebra de apatia dos alunos em relação ao tema, pois agora já tinham visto no filme, a prática do que tinham ouvido em sala”. (Moura & Vianna, 2019, p. 9). A escolha do *Interestelar*, segundo Moura e Vianna (2019), deve-se ao fato de ser um filme que busca ser fiel aos conceitos físicos e, por este motivo, permitir elaborar um itinerário de aulas em que os alunos possam aprender os significados dos conceitos de Física Moderna apresentados no filme e não usassem apenas para realizar cálculos matemáticos.

Ferreira e Barbosa (2018) usam os filmes “*Interestelar*” e “*Perdido em Marte*<sup>1</sup>”, outro filme de ficção científica, para analisar os discursos que abrangem este gênero cinematográfico. A escolha se deu principalmente pelo fato do enredo retratar a Ciência real sobre ambiente, disciplinaridade, neutralidade e salvacionismo da Ciência além de instigar o senso crítico do seu público.

A título de exemplo na área de Ciências, Jaramillo (2021) em seu estudo examina o longa-metragem como um documento cultural que por meio de suas narrativas diferentes exhibe sistemas de valores em conflito em circunstâncias ambientais extremas. Observa também o papel da humanidade no que diz respeito ao seu meio ambiente e a percepção do futuro, assim como a romantização na busca de novos mundos que possam ser conquistados e colonizados.

Como se pode observar, o filme *Interestelar* abre ampla gama de possibilidades de pesquisa e discussão em sala de aula. Neste viés, a seguir, apresenta-se a proposta de plano de aula elaborado sob a perspectiva da Sala de Aula Invertida que

---

<sup>1</sup> Ver mais em <https://www.imdb.com/title/tt3659388/>. Acesso em 02/04/2022.

utiliza o filme Interestelar como ferramenta de ensino para abordar tópicos da TRR e TRG e a temática em torno dos Buracos Negros para uma turma do terceiro ano do Ensino Médio.

#### 4. Proposta de Plano de aula

<b>Disciplina:</b> Física
<b>Público Alvo:</b> Alunos do 3º Ano do Ensino Médio
<b>Tema:</b> Teoria da Relatividade Geral
<b>Objetivos:</b> Inserir os tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e desenvolver com os alunos do terceiro ano um estudo contextualizado sobre a Teoria da Relatividade Geral e suas consequências, além dos aspectos relacionados a Buracos Negros.
<b>Conteúdo a serem abordados:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Postulados da TRR</li><li>• Noções de espaço-tempo;</li><li>• Teoria da Relatividade Geral;</li><li>• Princípio da equivalência;</li><li>• Dilatação do tempo;</li><li>• Contração do comprimento;</li><li>• Tipos de Buracos Negros (BN);</li><li>• Formação de BN;</li><li>• Horizonte de eventos;</li><li>• Efeitos da Relatividade Geral nas proximidades de um BN.</li></ul>
<b>Duração:</b> 2 aulas de 50 min cada.
<b>Recursos didáticos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sala de aula virtual (<i>Classroom</i>)</li><li>• Acesso à internet</li><li>• Sala de vídeo ou <i>Datashow</i>.</li><li>• Notebook ou computador.</li><li>• Quadro e pincel.</li></ul>
<b>Desenvolvimento:</b> <p>A aula será dividida em três momentos, segundo a metodologia da Sala de Aula Invertida desenvolvida por Bergmann e Sams (2018).</p> <p><u>Antes da Aula:</u> Criar uma atividade no espaço da sala virtual, <i>Classroom</i>, com as seguintes orientações e materiais:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>a. Solicitar que os alunos assistam ao filme Interestelar;</li><li>b. Disponibilizar material complementar como vídeos selecionados do <i>Youtube</i> que abordam e expliquem os conceitos que considerados imprescindíveis sobre TRR, TRG e BN. Sugestão:<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Além do Cosmos:</b> O Espaço (Dublado) Documentário National Geographic, Youtube, 2015, 1 vídeo (44min53s). Publicado pelo canal Clube dos Documentários. Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=nJJGZny5un0">https://www.youtube.com/watch?v=nJJGZny5un0</a>. Acesso em: 21 de dezembro de 2021.</li><li>• <b>A Relatividade Geral Explicada</b>, Youtube, 2021, 1 vídeo (10min48s). Publicado pelo canal Ciência Todo Dia. Disponível em: <a href="https://youtube.com/watch?v=jYlr3G9yB8s">https://youtube.com/watch?v=jYlr3G9yB8s</a>. Acesso em: 21 de dezembro de 2021.</li><li>• <b>O Espaço-Tempo Explicado</b>, Youtube, 2020, 1 vídeo (11min59s). Publicado pelo canal Ciência Todo Dia. Disponível em: <a href="https://youtube.com/watch?v=kJ5xNaSleTI">https://youtube.com/watch?v=kJ5xNaSleTI</a>. Acesso em: 21 de dezembro de 2021.</li><li>• <b>O Paradoxo dos Gêmeos Explicado</b>, Youtube, 2019, 1 vídeo (11min05s). Publicado pelo canal Ciência Todo Dia. Disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=98OvQpOkOIU">https://www.youtube.com/watch?v=98OvQpOkOIU</a>. Acesso em: 21 de dezembro de 2021.</li></ul></li></ol>

- c. Disponibilizar e solicitar a leitura do Capítulo 4 do livro didático do Ensino Médio de Luz, Alvarenga & Guimarães (2016) relativo ao tema Física Contemporânea.

Durante a aula: A aula se inicia com uma “roda de conversa” a respeito do material disponibilizado na sala virtual. O professor atuará como mediador do debate, sempre atento para reforçar tópicos importantes, esclarecer o que não foi compreendido e acrescentar aspectos que não tenham emergido na discussão entre os alunos.

Num segundo momento, os estudantes realizarão tarefas relacionadas aos conceitos estudados anteriormente. Para tanto, o professor separa e apresenta seis cenas específicas do filme que retratam as implicações das Teorias da Relatividade, conforme especificadas no Quadro 1 com o objetivo de retomar e formalizar os conceitos presentes em cada cena.

**Quadro 1:** Cenas do filme Interestelar como sugestão para o ensino de conteúdos da TRR, TRG e BN

Cena	Intervalo	Descrição	Conteúdos
1	23min40s - 35min42s;	Cooper e Murphy encontram localização da NASA a partir das coordenadas provocadas pela anomalia gravitacional e Cooper é convidado para pilotar a nave na jornada em busca de um outro planeta onde a humanidade possa sobreviver.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anomalia Gravitacional</li> <li>Exploração espacial</li> <li>Buraco de Minhoca.</li> <li>Sobrevivência da humanidade</li> </ul>
2	37min30s – 41min01s;	Conversa entre Cooper e Murphy quando ele decide ir para o espaço	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempo não é absoluto</li> </ul>
3	46min30s – 48min48s;	Os tripulantes começam a flutuar dentro da espaçonave quando a ela está escapando do campo gravitacional da Terra e quando são acoplados a um dispositivo giratório que produz aceleração semelhante à da aceleração da gravidade na Terra eles param de flutuar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Princípio da equivalência</li> </ul>
4	1h02min03s - 01h05min20s;	Dr. Romilly explica para Cooper, Brand e Doyle sobre os efeitos da relatividade sobre o planeta que está orbitando próximo ao buraco negro Gargantua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buraco Negro</li> <li>Horizonte de eventos</li> <li>Lente gravitacional</li> <li>Tempo e gravidade</li> </ul>
5	1h16min36s - 01h18min40s;	Cooper e Brand retornam a nave e encontram o Romilly mais velho.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dilatação temporal</li> </ul>
6	2h39min43s - 02h42min02s.	Cooper reencontra sua filha Murphy na Estação Cooper.	

Fonte: Autoria Própria

Depois da Aula: Finaliza-se com uma atividade avaliativa em sala de aula.

#### **Avaliação:**

A avaliação será contínua e contemplará aspectos referentes participação do aluno na aula por meio de exposição de ideias e adequação dos questionamentos, bem como da realização da atividade solicitada pelo professor.

#### **Referências:**

- Bergmann, J., & Sams, A. (2018). *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem* (1st ed.). LTC - Livros Técnicos e Científicos.
- Interestelar* (2014). Direção de Christopher Nolan. Estados Unidos: Warner Bros., 2014, 1 DVD (2h 49min).
- Luz, A. M. R.; Alvarenga, B. A.; Guimarães, C. C. (2016). *Física: contexto & aplicações: ensino médio. vol.3. 2. ed.* São Paulo: Scipione.

## **5. Considerações Finais**

Este trabalho teve por principal objetivo apresentar uma proposta que permitam inserir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio com o objetivo de desenvolver com os alunos um estudo contextualizado que favoreça a compreensão dos conceitos relacionados à TRR, TRG e a temática em torno dos Buracos Negros.

Para tanto, elaborou-se um plano de aula a partir da proposta de Bergmann e Sams (2018) para uma Sala de Aula Invertida que utiliza o filme Interestelar, entre outros recursos, tais como vídeos e textos, como ferramenta de ensino para abordar a temática proposta em turmas do terceiro ano do Ensino Médio.

Mais especificamente, a ideia central articulada aqui é que os estudantes tenham um primeiro contato com os assuntos relacionados com TRR, TRG e BN antes mesmo da aula propriamente dita e cheguem à sala de aula com uma bagagem de

informações, conhecimentos e questionamentos que possibilite o diálogo e a discussão dos temas apontados. Além disso, o plano de aula proposto é flexível e permite adaptações de modo a se adequar às necessidades docentes, ao conteúdo a ser trabalhado e à realidade e os conhecimentos prévios da turma.

Neste aspecto, a metodologia da Sala de Aula Invertida se mostrou adequada e compatível com o objetivo desta proposta e, em especial, o filme *Interestelar* atende às expectativas de introdução aos conceitos da Relatividade, mais que outras obras cinematográficas de ficção científica tendo em vista o cuidado dos produtores, diretores e consultores com a fidelidade à Ciência em seu enredo graças à supervisão e assessoria direta do físico e Prêmio Nobel Kip Thorne.

A elaboração do plano de aula constitui os primeiros passos de uma pesquisa do Mestrado Profissional na área de Ensino de Física que, como próxima etapa, prevê sua aplicação em três turmas presenciais de duas escolas públicas da cidade de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais. Nesta ocasião, poderão ser evidenciadas e corrigidas limitações que surjam na proposta.

## Referências

- Bergmann, J., & Sams, A. (2018). *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. LTC - Livros Técnicos e Científicos.
- Ferreira, J. C. D.; & Barbosa, R. G. (2018). Os discursos nos filmes de ficção científica: ensino de ciências e a produção de sentidos na perspectiva socioambiental. *Actio: Docência em Ciências*, 3 (2), 80-97. Recuperado de <https://periodicos.utfrpr.edu.br/actio/article/view/7484>.
- Fiasca, A. B. A., Belmonte, V. N., Tavares, B. M., & Batista, M. C. (2021). A Utilização de Metodologias Ativas no Ensino de Física: uma possibilidade para o ensino de Relatividade Restrita na Educação Básica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(2), 367-383.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4a ed.), Atlas.
- Ghizoni, H. S., & Neves, M. C. D. (2018). *Interestelar: q relatividade na ficção científica e o ensino de Física*. *Olhar de Professor*, 21(2), 289-310.
- Interestelar* (2014). Direção de Christopher Nolan. Estados Unidos: Warner Bros., 2014, 1 DVD (2h 49min).
- IMDB. (2021) *Interestelar*. [https://www.imdb.com/title/tt0816692/?ref\\_=fn\\_al\\_tt\\_1](https://www.imdb.com/title/tt0816692/?ref_=fn_al_tt_1)
- James, O., et al. (2015a). Gravitational lensing by spinning black holes in astrophysics, and in the movie *Interstellar*. *Classical and Quantum Gravity*, 32(6), 065001.
- James, O., et al. (2015). Visualizing *Interstellar's* wormhole. *American Journal of Physics*, 83(6), 486-499.
- Jaramillo, J. Á. (2021). Ficción, crisis y futuro: el caso de *Interestelar*. *Comunicación*, (45), 51-63.
- Luz, A. M. R.; Alvarenga, B. A.; Guimarães, C. C. (2016). *Física: contexto & aplicações: ensino médio*. vol.3. (2a ed.), Scipione.
- Medeiros, L. E. M. (2021). *Uma proposta metodológica para o uso de séries de televisão no ensino de Física Moderna e Contemporânea aplicada ao ensino médio*. 2021. 62 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Moran, J. (2014). *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. Campinas: Papyrus.
- Morán, J. M. (1995). O vídeo na sala de aula. *Comunicação & Educação*, (2), 27-35. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i2p27-35>
- Moura, F. A. de, & Vianna, P. O. (2019). O Ensino de Física Moderna baseado no filme *Interestelar*: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. *Research, Society and Development*, 8(3), e1583823. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.823>
- Oliveira, B. J. (2006). Cinema e imaginário científico. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*. 13: 133-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702006000500009>
- Padilha P. A. (2020). *Sala de aula invertida: uma proposta de metodologia ativa para o ensino da disciplina de Física no ensino médio*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação do Campo) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Piassi, L. P. D. C. (2013). *Interfaces didáticas entre cinema e ciência: um estudo a partir de 2001 uma odisseia no espaço*. Editora Livraria da Física.
- Pinheiro, A. G. S. (2021) *Metodologia de sala de aula invertida no ensino de Física: uma revisão de literatura*. 2021. 33 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Ribeiro, J. P. M. (2020). Filmes e softwares educacionais no ensino de Física: Uma análise bivariada. *Research, Society and Development*, 9(8), e36984998. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4998>
- Salomão, J. P. Q. C., de Araujo, R. R., & Mackedanz, L. F. (2020). Um estudo bibliográfico sobre metodologias no ensino de Física Moderna e Contemporânea. *Arquivos do Mudi*, 24(3), 233-243. Recuperado de <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55481>



Santos, L. J. B. (2020). A inserção da Teoria da Relatividade Geral aplicada em filmes de ficção científica. *Anais do VII Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, Maceió.

Schmitz, E. X. S. (2016). *Sala de Aula Invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem*. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede. Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação (Mestrado).

Seixas, G. dos S., Santarosa, M. C. P., & Ferrão, N. S. (2020). Educação Financeira na EJA: proposta de uma sequência didática à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. *Research, Society and Development*, 9(11), e3739119803. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9803>.

Sorensen, R. do N., & Teixeira, R. (2021). Possibilidades do uso de obras de ficção científica no ensino de Física. *Revista Do Professor De Física*, 5(2), 31–43. <https://doi.org/10.26512/rpf.v5i2.36153>.

Thorne, K. (2014). *The science of Interstellar*. W.W. Norton & Company.