



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

Brenno Pinheiro Costa Alexandrino

COMO A FICÇÃO TORNOU INTERESTELAR POSSÍVEL:
Momentos fictícios criados pelo diretor Christopher Nolan no filme Interestelar

Rio de Janeiro

2023

COMO A FICÇÃO TORNOU INTERESTELAR POSSÍVEL

Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Orientador(a): David Andrade Marques da Silva (EPSJV-Fiocruz)

Rio de Janeiro

2023

Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Aprovado em __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

[Nome do/a Professor/a Orientador/a]
EPSJV/FIOCRUZ

[Nome do/a Professor/a Convidado/a]
[Instituição do convidado]

[Nome do/a Professor/a Convidado/a]
[Instituição do convidado]

Rio de Janeiro

2023

*Dedico esse trabalho ao meu orientador David
Andrade Marques da Silva, me encorajou a discorrer sobre
um tema complexo, embora amado por mim.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família por todo o apoio envolvido durante a produção do meu trabalho, meu ciclo de amigos também foi de suma importância tanto no apoio, encorajamento e dedicação para que eu continuasse dedicado ao projeto, me possibilitando entregar um projeto no qual pus muito amor e dedicação. Obrigado ao meu orientador David Andrade Marques da Silva por me possibilitar discorrer sobre um tema que eu amo e me doo de forma sem igual, muito obrigado pela oportunidade. Obrigado ao professor de filosofia Wallace Lopes por me ajudar no desenvolvimento do primeiro capítulo, me apresentando uma perspectiva completamente fora do comum, tornando o projeto mais rico e com uma diferente interpretação para o público lírico.

The Neighbourhood

*“We were too close to
the stars
I never knew
somebody like you,
somebody
Falling just as hard
I'd rather lose
somebody than use
somebody
Maybe it's a blessing
in disguise
(I see myself in you)
I see my reflection in
your eyes”*

RESUMO

O projeto teve como objetivo utilizar o filme "Interestelar" (2014) como base de pesquisa, por ser um exemplo notável de ficção científica que combina ciência e narrativa de forma cativante. Este trabalho examina como o filme utiliza conceitos científicos, e como rompe com a realidade de poucas formas para se manter de pé. No enredo do filme, a Terra enfrenta uma crise global devido a nuvens de poeira que devastam as lavouras, deixando apenas o milho como fonte de alimento. Em resposta, a NASA lança a "Missão Lazarus" para explorar planetas em outra galáxia em busca de uma nova casa para a humanidade. Foram utilizadas as teorias Relatividade Restrita e Relatividade Geral de Albert Einstein como base para a pesquisa, juntamente com o Paradoxo de Bootstrap, proveniente da teoria quântica de campos, que por sua vez, é proveniente da teoria da Mecânica Quântica. Com esta pesquisa, tenho os objetivos de: Identificar os momentos de divergências das teorias da física atual que foram abordadas no filme; Abordar a importância desses momentos para o desenvolvimento da trama; evidenciar que o uso do cinema pode ser usado para divulgação científica. Com resultados, é evidenciado na pesquisa que por mais que a obra busque em sua maior parte ser fiel as teorias físicas atuais, por conta de sua ambição em alcançar algo épico e comovente de forma significativa, a ficção entra e torna tudo possível, mas interagindo com a física com alguns desvios. Um exemplo desses desvios seria a gravidade poder interagir através do espaço-tempo, sendo manipulada fisicamente para interagir com o passado dentro da fictícia singularidade suave Gargantua. O trabalho terá abordagem qualitativa de pesquisa em bancos de dados como Scielo; Google Acadêmico; Periodicos Capes.

Palavras chaves: Interestelar, Física, Filmes, Educação, Cinema, Divulgação Científica

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Jogo eletrônico (Starfield) que retrata a humanidade em um futuro distante, capaz de atingir tecnologias de viagem espacial como a dobra espacial, prova de que se criam novas realidades em diferentes tipos de expressão artística	15
Figura 2 – Obra de 2023 sobre a criação da bomba atômica pelo físico J. Robert Oppenheimer, cujo trabalho no projeto Manhattan veio a lhe dar a fama de criador da bomba atômica.	17
Figura 3 - Representação da distorção de objetos com diferentes massas no tecido espaço-tempo de acordo com a teoria da relatividade geral.	20
Figura 4 - Representação da distorção do “espaço-tempo” em relação a teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein.	21
Figura 5 - Representação da funcionalidade de um buraco de minhoca, que dobra o espaço e reduz de forma significativa o tempo de viagem de um espaço ao outro.	22
Figura 6 - Representação de um buraco de minhoca com seu "túnel gravitacional" possível unicamente pela desconhecida matéria exótica causando um efeito de anti-gravidade no espaço-tempo por possuem massa negativa.	23
Figura 7 - representação do paradoxo de bootstrap através de um exemplo famoso, onde que para a bola de bilhar chegar ao seu destino (quadrante 3 da imagem e posteriormente quadrante 2 através de um buraco de minhoca) para empurrar a si mesma e passar a ser o objeto inicial, aguardando o ciclo incessável de viagem temporal e ação como ponto fixo na linha temporal.	24
Figura 8 - Buraco-de-minhoca de Interestelar, representando um buraco tridimensional, uma esfera.	25

Figura 9 - Físico Kip Thorne ao lado do diretor Christopher Nolan. Kip foi responsável para calcular a simulação do buraco negro da obra, Gargantua (2014) que até o momento é considerada a melhor representação de um buraco negro na história.	26
Figura 10 – Endurance, nave que simula a gravidade ao longo da viagem da tripulação para a outra galáxia, que posteriormente foi danificada.	27
Figura 11 – Planeta Miller, onda devido ao efeito maré extremo causado por Gargantua.	29
Figura 12 – Planeta Mann, frio, e completamente incapaz de abrigar vida humana.	30
Figura 13 – Buraco negro Gargantua sendo orbitado de forma bem próxima, para que o estilingue gravitacional funcione.	31
Figura 14 - Representação da quinta dimensão em forma de Hipercubo, onde Cooper se comunica com Murph através da gravidade ao longo do tempo.	32
Figura 15 – Amelia Brand no planeta de Edmunds que é completamente capaz de abrigar vida humana.	33
Figura 16 – Anomalia gravitacional causada por Cooper no Hipercubo para enviar a si mesmo na base secreta na NASA através de coordenadas codificadas em código binário.	34
Figura 17 – Queima da lavoura de milho verde do irmão de Murph, causando um incêndio fictício em milhos verdes.	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. OBJETIVO GERAL	12
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. METODOLOGIA	13
2 PORQUE O CINEMA ROMPE COM A REALIDADE?	14
2.1 O QUE É CINEMA	14
2.2 POR QUE O CINEMA ROMPE COM A REALIDADE	15
2.3 APLICAÇÃO EDUCACIONAL	16, 17
2.4 PODER DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	17, 18
3 TEORIAS FÍSICAS	18
3.1 RELATIVIDADE RESTRITA	18, 19
3.2 RELATIVIDADE GERAL	19, 20, 21
3.2.1 Buraco de Minhoca	21, 22
3.4 PARADOXO DE BOOTSTRAP	23, 24, 25
4 CONTEXTUALIZAÇÃO DE INTERESTELAR	25
4.1 INTERESTELAR	26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
4.2 MOMENTOS FICTÍCIOS	33, 34, 35
4.3 TEORIAS FÍSICAS APLICADAS NOS MOMENTOS FICTÍCIOS	35, 36
CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
BIBLIOGRAFIA	38, 39

1. INTRODUÇÃO

Interestelar (2014) é um filme de ficção científica, que aborda uma aventura espacial como solução de um problema enfrentado globalmente na obra. A história se passa um pouco mais a frente da nossa época, onde nuvens de poeira de diferentes intensidades devastam lavouras de diversos alimentos, influenciando na forma da produção de alimentos e no comportamento das pessoas no meio rural. Na trama, a população mundial passa fome, e os produtores rurais são de suma importância. Cooper, pai de Murph e protagonista, assume um papel essencial no filme, por ter sido piloto da NASA, tudo o que acontece na linha temporal do filme envolve ele, com influência do futuro no passado do mesmo.

As nuvens de poeira afetaram de forma tão significativa a produção de alimentos que só restaram lavouras de milho. Não existia mais trigo, cevada, nem outros alimentos no dia-a-dia, exceto o milho.

Quando a humanidade entendeu que a solução para a fome não era o extermínio em massa, foi parado o lançamento de bombas em diversas áreas do planeta, e uma missão secreta envolvendo a NASA surgiu, batizada de “Missão Lazarus”, com o objetivo de explorar três planetas potencialmente habitáveis, em uma galáxia bem distante da nossa.

O método de navegação para chegar nessa galáxia envolvia o Buraco de minhoca ao lado de Saturno, que foi “colocado” por “Eles”, que são a própria humanidade num futuro distante com controle das dimensões do universo, que possui envolvimento direto com um paradoxo oculto na obra, algo usado como forma de justificar certos pontos da trama.

Apesar de ser uma obra de ficção, o filme Interestelar é muito bem embasado cientificamente com as teorias atuais, tornando um trabalho difícil de encontrar os pontos puramente de ficção. Dessa forma, este trabalho objetiva encontrar os pontos de ficção que divergem das atuais teorias científicas e discutir a importância deles para a trama enquanto questões que permitem o funcionamento da história contada.

OBJETIVOS

O objetivo geral é discutir, à luz das teorias físicas atuais, os momentos da trama de Interestelar que divergem das teorias científicas, mas são indispensáveis para a trama do filme.-

Os objetivos específicos são:

- 1) Identificar os momentos de divergências das teorias da física atual que foram abordadas no filme.
- 2) Abordar a importância desses momentos para o desenvolvimento da trama.
- 3) Evidenciar que o uso do cinema pode ser usado para divulgação científica.

1. PROPOSTA METODOLÓGICA DO ESTUDO

O trabalho será executado com a abordagem da pesquisa qualitativa, visto que se trata de uma pesquisa sobre a física teórica aplicada na realidade juntamente com o desenvolvimento da desconstrução de que a física é algo fora do comum e muito numérica. O trabalho usou como estratégias de pesquisa bancos de dados como Scielo; Periodicos Capes; Zenodo; Livros.

Por meio dos bancos de dados foram utilizadas palavras chave como: “Interestelar”, em inglês (*Interstellar*), “Ciência” em inglês (*Science*), “Filmes” em inglês (*Movies*), “Educação” em inglês (*Education*), “Divulgação Científica” em inglês (*Scientific Dissemination*). Como objetos de estudo também foram utilizados trabalhos de física teórica para desmentir os pontos de ficção trabalhados na pesquisa.

A monografia será dividida em três capítulos: No primeiro capítulo será desenvolvida a ideia de o que é o cinema, porque o cinema rompe com a realidade, sua aplicação nas escolas e seu poder de divulgação científica. No segundo capítulo, serão trabalhadas as teorias físicas que vão ser utilizadas para justificar e destrinchar os pontos da obra que rompem com a realidade. No terceiro capítulo, será trabalhado o filme como plano de fundo para a pesquisa, seus pontos principais para o entendimento do contexto dos momentos que divergem da física moderna, e também serão apresentados esses momentos supracitados, juntamente com a aplicação das teorias físicas trabalhadas nos momentos fictícios da trama.

2 PORQUE O CINEMA ROMPE COM A REALIDADE?

Neste capítulo será trabalhada a ideia de o que é o cinema e como ele é usado para divulgação científica de filmes que utilizam a ciência como base de seus roteiros e justificativas.

2.1 O QUE É CINEMA

Atualmente muitos objetos tecnológicos são utilizados como ponte para estudo em escolas e universidades, com isso, algumas etapas do desenvolvimento educacional se tornaram mais simples, como consequência, algumas adversidades a realidade são impostas no meio educacional, de forma que coisas simples prevaleçam em relação a coisas “complexas”

Atualmente muitos filmes de ficção científica não retratam de forma fiel a física moderna. Na famosa saga Star Wars, podemos observar como as explosões espaciais emitem sons quando sabemos que ondas sonoras têm natureza mecânica e dessa forma, não se propagam no vácuo.

O cinema é uma forma de expressão artística que vai além do pensamento de seguir a realidade à risca, o cinema busca retratar histórias criadas ou modificadas de acordo com a realidade, não se prendendo a realidade em si. Livros tem a mesma função, porém, o cinema tem o poder de dar vida a essas histórias, de forma única com o auxílio da realidade crível.

“Lembramos, por exemplo, os escritos de Ricciotto Canudo (1877-1923) que foi quem primeiro designou o cinema como a sétima arte, uma arte que surgia com a síntese das artes do espaço e das artes do tempo.” PENAFRIA (2009 p.4)

De acordo com Penafria (2009 p.4). Cinema é a dar vida a histórias criadas com o intuito de entreter ou retratar um acontecimento verídico. Cinema não é apenas o lugar no qual a sociedade se desloca para assistir a um filme, cinema é o conjunto de toda a obra, a exploração de possibilidades infinitas.

Cinema é uma forma de expressão artística que não se prende apenas ao formato longa-metragem, mas também a curtas-metragens, criando um universo completamente com base no universo real, porém, modificado em sua obra e livre para a exploração da liberdade criativa, apresentando ao público um universo fictício e livre para explorar os sentimentos no qual a trama tem como objetivo.

2.2 POR QUE O CINEMA ROMPE COM A REALIDADE

A realidade é algo com que cineastas almejam alcançar ou representar de forma crível para o espectador de sua obra. Mas como todas as obras possuem uma montagem de cenário por trás, a criação de um roteiro, as luzes do estúdio, representação de ambientes e gravações de acontecimentos simulados, nada se torna definitivamente real, inclusive documentários por criarem roteiros e tratarem de acontecimentos reais de outra forma, modificando a realidade.

Desde sua primeira obra, *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*, na qual demonstrou sua acentuada ocupação e preocupação com as dificuldades e impasses pelas quais passavam, principalmente, a física e a matemática contemporâneas, Bachelard se manteve, constantemente, aberto à mudança e defensor da novidade, da complexidade e da complementaridade na realidade, na existência e no conhecimento humano. (Carvalho, 2011, p.11)

Bachelard sempre defendeu em suas obras, a novidade, o jeito que a realidade pode ser moldada e complementada através da arte, e do conhecimento humano envolvido na criatividade por trás da criação e idealização da ideia. A filosofia de Bachelard permite responder essa pergunta e além, já que a criação de novas realidades não está atribuída apenas ao cinema como forma de expressão artística, mas em muitas outras formas também, como jogos eletrônicos, por exemplo. (Fig 1)



Figura 1 – Jogo eletrônico (Starfield) que retrata a humanidade em um futuro distante, capaz de atingir tecnologias de viagem espacial como a dobra espacial, prova de que se criam novas

realidades em diferentes tipos de expressão artística. Fonte: [Novos detalhes sobre as lendárias naves espaciais abandonadas em Starfield | Gameplayscassi](#)

Uma obra não rompe com a realidade, pois ela não busca retratar um acontecimento com base em sua totalidade em relação a realidade experimentada por nós, mas sim criar uma nova perspectiva, uma nova realidade mais interessante do que a original, algo mais criativo.

2.3 APLICAÇÃO EDUCACIONAL

Expressões artísticas são um modo de representar a realidade em diferentes aspectos, e o cinema se enquadra como forma de expressão artística. Diversas estratégias de aprendizado surgem ao longo da história e continuam surgindo de forma exponencial, tornando possível cada tipo de coisa ser usada como ponte para o aprendizado de certo assunto. O cinema tem se tornado mais presente na vida da sociedade gradualmente, trazendo obras de diferentes tipos de abordagem cinematográfica, histórica, usando a realidade principal (mundo real) como ponte para isso.

Há muitos modos de relacionar o cinema e a educação, como busquei mostrar na primeira parte deste artigo, desde abordagens mais conservadoras, que consideram o cinema como uma ferramenta didática a ser usada para o ensino em sala de aula, até abordagens mais ampliadas, que compreendem o cinema como produtor de sentidos. Há perspectivas sociológicas, didáticas, voltadas aos estudos culturais e, também, à sua dimensão criativa e sensível. ALMEIDA (2017 p.23, 24)

O cinema produz e interpreta sentidos de forma única, apresentando ao espectador uma experiência audiovisual, criando sentidos para acontecimentos/situações fictícias ou alteradas em relação a realidade principal (mundo real). O cinema apresenta diversas obras que podem ser usadas de forma didática, como a interpretação de um problema enfrentado na época, a retratação histórica de acontecimentos importantes para a formação e desenvolvimento da sociedade. (Fig 2)



Figura 2 – Obra de 2023 sobre a criação da bomba atômica pelo físico J. Robert Oppenheimer, cujo trabalho no projeto Manhattan veio a lhe dar a fama de criador da bomba atômica. Fonte: Oppenheimer. Direção: Christopher Nolan. Produção de Universal Pictures; Atlas Entertainment; Syncopy; Gadget Films: Universal Pictures, 2023. Blu-ray.

“Desta forma, esta análise também tem como objetivo incentivar a discussão do encontro arte-ciência nos âmbitos acadêmicos, escolares e sociais, de modo que a Física possa ser vista através de uma ótica mais próxima do cotidiano, e presente em diversos ramos da sociedade.”
GHIZONI (2016 p.7)

A ciência e a arte não são coisas que obrigatoriamente deveriam andar separadas, é possível estabelecer uma conexão muito forte com as duas áreas na criação e elaboração de um trabalho ou um método educacional em diferentes âmbitos curriculares.

2.4 PODER DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

O cinema possui o poder de envolver e cativar o público por meio da narrativa audiovisual, tornando assuntos complexos como física quântica, mecânica quântica ou até mesmo paradoxos, se mostrarem intuitivos, a visão do espectador que interpreta uma realidade moldada para tal

compreensão. O cinema e a divulgação científica possuem uma relação poderosa. O cinema é uma ferramenta audiovisual única, podendo transmitir informações complexas de maneira acessível e envolvente para um público amplo. Quando aplicado à divulgação científica, o cinema pode desempenhar vários papéis importantes, como o acesso amplo, garantindo uma boa experiência a públicos de diversas partes do mundo, diferentes etnias e diferentes culturas. Sendo possível transmitir uma interpretação criada pelo contexto da obra para esse público variado, viabilizando o acesso à ciência de forma leve e intuitiva.

A exploração de temas complexos se torna viável a partir da interpretação criada, visto que discorrer sobre temas sensíveis ou temas estritamente complexos como paradoxos, a interpretação entra em tona e torna a divulgação de tal pensamento possível e interpretável para o público alvo. O cinema trata de discorrer sobre temas que envolvem o avanço da pesquisa científica e estimula a busca e a curiosidade em diversos âmbitos.

“Além desses aspectos, há outros vínculos entre ciência e cinema, dentre os quais aquele que vamos focar aqui: a formação do imaginário científico, pois, muito além de instrumento científico, o cinema foi um grande veículo de divulgação dos avanços da ciência e formação de uma audiência que entrevia nas telas o uso ilimitado de suas possibilidades.” (OLIVEIRA, B. J. p.2, p.3.)

3 TEORIAS FÍSICAS

As teorias físicas que foram trabalhadas no projeto estarão apresentadas neste capítulo para uma melhor compreensão do contexto científico trabalhado no filme.

3.1 RELATIVIDADE RESTRITA

A descrição histórica da teoria física de Albert Einstein sobre a Relatividade Geral, vem de uma outra teoria, Teoria da Relatividade Restrita. Embora essa teoria de Einstein não seja utilizada de forma direta no trabalho, é importante mencioná-la, pois serviu de base para a Relatividade Geral.

Segundo Carlesso (2010, p.19), a teoria da Relatividade Restrita consiste na busca de descrição do movimento de objetos e de campos eletromagnéticos na ausência de gravidade. Essa teoria introduziu três ideias novas na época (Início do sec XX). A primeira se consiste na observação da velocidade da luz, essa ideia consistia em reforçar que a velocidade da luz é igual para todo referencial. Isso significa que se algum objeto pudesse se mover perto da velocidade da luz, esse objeto ainda veria a luz se movendo na velocidade da luz em relação a ele, assim como um objeto estático veria a luz se movendo na mesma velocidade em relação ao mesmo.

A segunda ideia proposta foi a de que todas as leis físicas do universo continuam se aplicando a você, mesmo se você estiver sentado, ou estiver em algum veículo de alta velocidade. A terceira ideia apontava para um campo mais relacionado ao tempo em relação ao espaço.

O universo que conhecemos é dividido em quatro dimensões, sendo três delas espaciais, comprimento, largura e profundidade. A quarta dimensão seria o tempo, e a ideia seria mostrar que o universo tridimensional não está à parte em relação à dimensão temporal, juntando os dois da forma que mudou para sempre o jeito que interpretamos os acontecimentos do universo.

Por fim, a ideia propunha uma junção de todas as dimensões, não separando-as, caso houvesse alguma interação de um corpo massa no universo, o espaço seria distorcido assim com o tempo, criando uma particularidade no campo gravitacional do objeto.

3.2 Relatividade Geral

A teoria da relatividade geral se consiste em aplicar a ideia da teoria da Relatividade restrita, mas com a presença de campos gravitacionais. Isso significa que essa teoria busca estudar o movimento de corpos e campos eletromagnéticos com a presença da gravidade.

De acordo com Carlesso (2010, p.24). Com a gravidade incluída na pesquisa, a teoria da relatividade geral adota um jeito de ser apresentada e interpretada, essa representação inclui as quatro dimensões que compõem o universo em uma forma de malha maleável, representando o nível de distorção de um objeto em relação tecido “espaço-tempo”, (fig. 3)

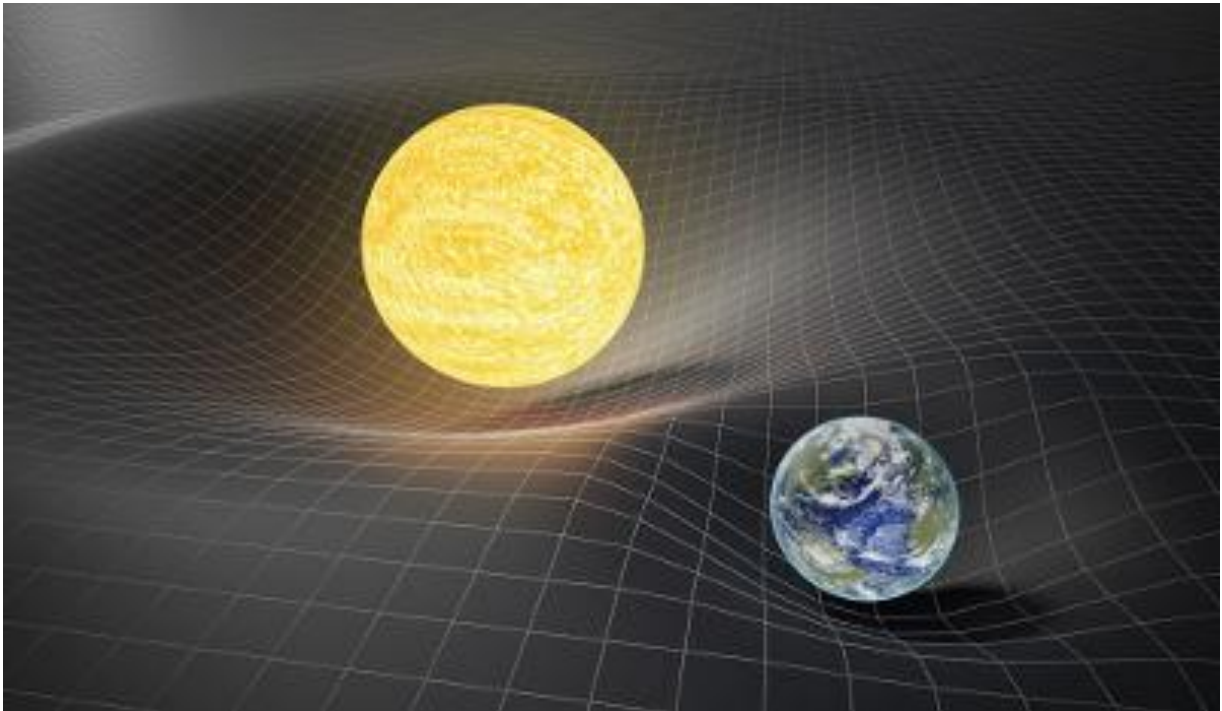


Figura 3 - Representação da distorção de objetos com diferentes massas no tecido espaço-tempo de acordo com a teoria da relatividade geral. Fonte: [Teoria da Relatividade Geral - Brasil Escola \(uol.com.br\)](http://Teoria da Relatividade Geral - Brasil Escola (uol.com.br))

A Figura 3 é uma ótima representação do universo como um todo em relação a teoria da relatividade geral, descrevendo o movimento de corpos na presença de gravidade.

Como o espaço e o tempo não são dimensões divisíveis, a Figura 2 é um exemplo complementar para a representação da teoria da relatividade geral, visto que a imagem representa uma malha tetradimensional em que o tempo é representado de forma ambígua ao espaço e sendo distorcido da mesma forma como as três dimensões físicas são. (Fig 4.)

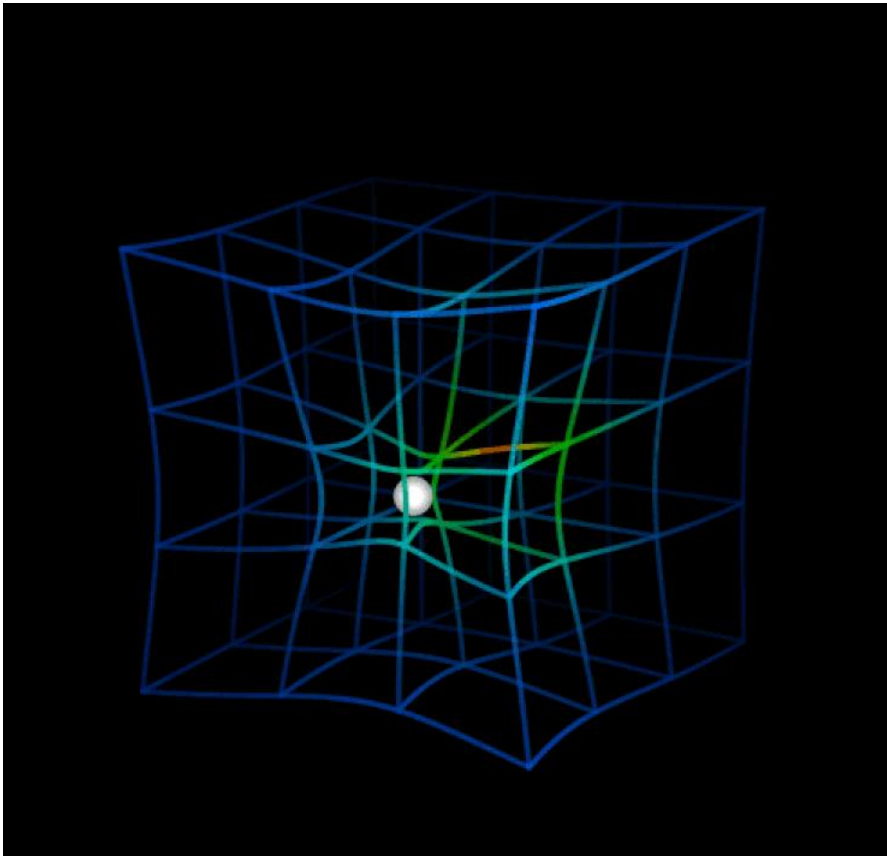


Figura 4 - Representação da distorção do “espaço-tempo” em relação a teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein. Fonte: [É por isso que o tempo precisa ser uma dimensão – SPRACE](#)

A teoria da relatividade geral previu alguns objetos cósmicos com precisão, como buracos negros bem antes de serem comprovados, a partir de cálculos de um colapso de uma estrela de mais de 30 vezes a massa do sol de forma simulada, resultando em um acúmulo gravitacional enorme a ponto de ter uma velocidade de escape em seu horizonte de eventos maior do que a própria luz.

3.2.1 Buraco de Minhoca

Um dos objetos previsto pela relatividade geral, foi o buraco de minhoca, que se trata de uma passagem de um lugar do espaço para o outro, de forma reduzida, dobrando o espaço e transportando o objeto através de outra dimensão, reduzindo consideravelmente o tempo de viagem em relação ao tempo de viagem sem esse “atalho” (Fig 5)

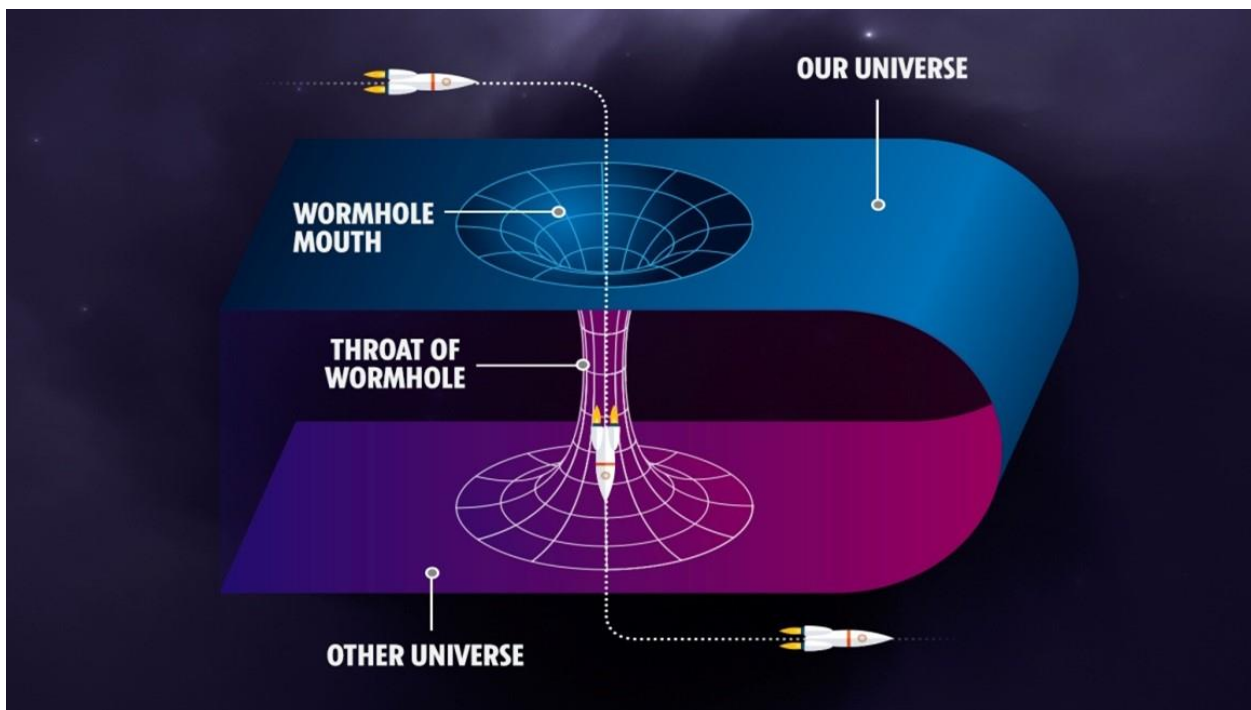


Figura 5 - Representação da funcionalidade de um buraco de minhoca, que dobra o espaço e reduz de forma significativa o tempo de viagem de um espaço ao outro. Fonte: [Não, cientistas NÃO criaram buraco de minhoca em laboratório - Meio Bit](#)

Embora seja um objeto que não surja naturalmente no universo, seria possível criá-lo a partir de condições muito específicas e impossíveis para a nossa física atual, necessitando de um tipo de matéria exótica capaz de causar um efeito de anti-gravidade no tecido espaço-tempo capaz de manter o “túnel gravitacional” estável, de forma que a passagem não feche e interrompa o efeito buraco-de-minhoca. Tal matéria precisaria apresentar características impossíveis de se alcançar com nosso conhecimento atual, possuindo massa negativa, algo contraditório para a lei de conservação da energia e outros aspectos da física moderna, mas não algo impossível de se reproduzir. (Fig 6)

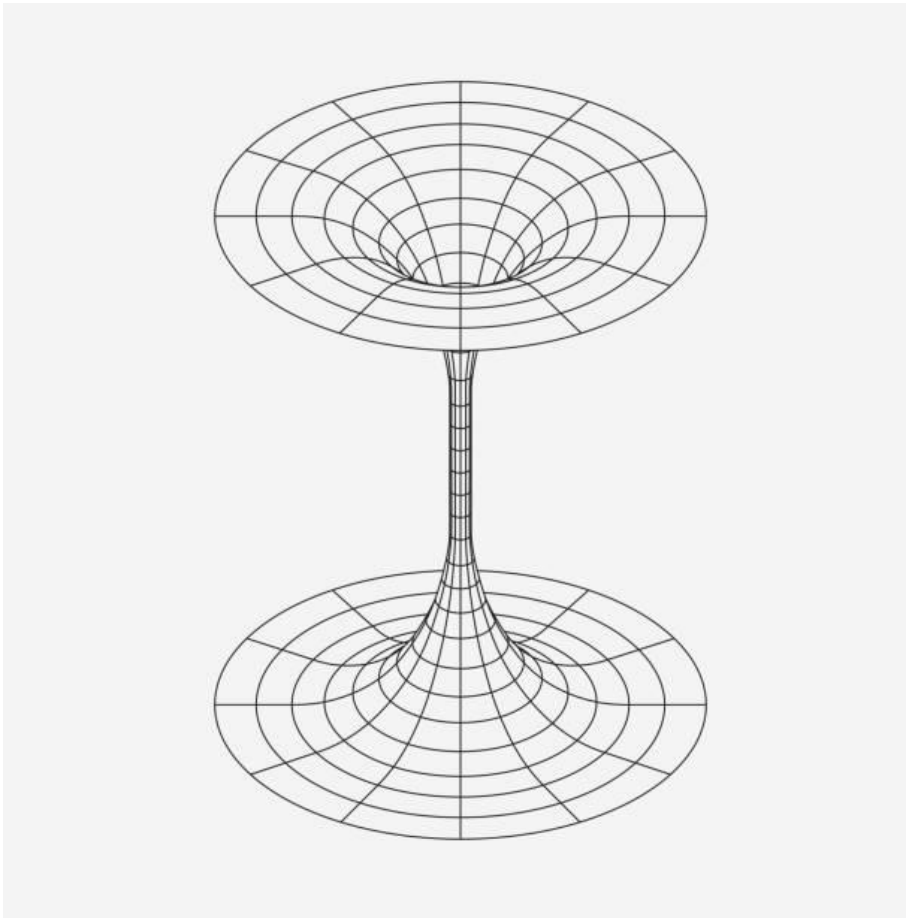


Figura 6 - Representação de um buraco de minhoca com seu "túnel gravitacional" possível unicamente pela desconhecida matéria exótica causando um efeito de anti-gravidade no espaço-tempo por possuírem massa negativa. Fonte: [Free einstein icons Vector File](#) | [FreeImages](#)

3.4 PARADOXO DE BOOTSTRAP

Um paradoxo é um conceito abrangente sobre uma situação ou simulação que parece ter uma ideia contraditória, mas que contém uma lógica por trás de seu fundamento. Um paradoxo desafia o senso comum da realidade e nos faz abrir os olhos para horizontes que jamais imaginávamos possíveis de se imaginar e de se criar. Existem paradoxos dos mais diversos assuntos envolvendo a física quântica, e a obra envolve um paradoxo indispensável para o desenrolar da trama, que se trata do "Paradoxo de Bootstrap".

O paradoxo de bootstrap é observado na trama do filme Interestelar em forma do próprio buraco de minhoca, uma vez que para existir, necessita da existência da humanidade, mas uma humanidade evoluída em relação a ciência e as leis físicas. A humanidade supracitada seria reconhecida pelos personagens como “Eles”, seres que evoluíram além do controle da 4ª dimensão, conhecendo dimensões fora do nosso espectro de conhecimento e além da nossa imaginação, sendo capazes de vencer paradoxos temporais como o de bootstrap para adicionar um buraco-de-minhoca ao lado de Saturno, para que a humanidade da obra pudesse ter uma chance de prosseguir com sua espécie, dando acesso com tal buraco-de-minhoca a três possíveis planetas potencialmente habitáveis. Mas se “Eles” somos nós mesmos em um futuro distante, como a humanidade conseguiu sobreviver sem esse buraco-de-minhoca para que no futuro pudéssemos nos ajudar no presente? A humanidade não sobreviveu, esse buraco-de-minhoca se torna um ponto fixo na linha temporal. (Fig 8)

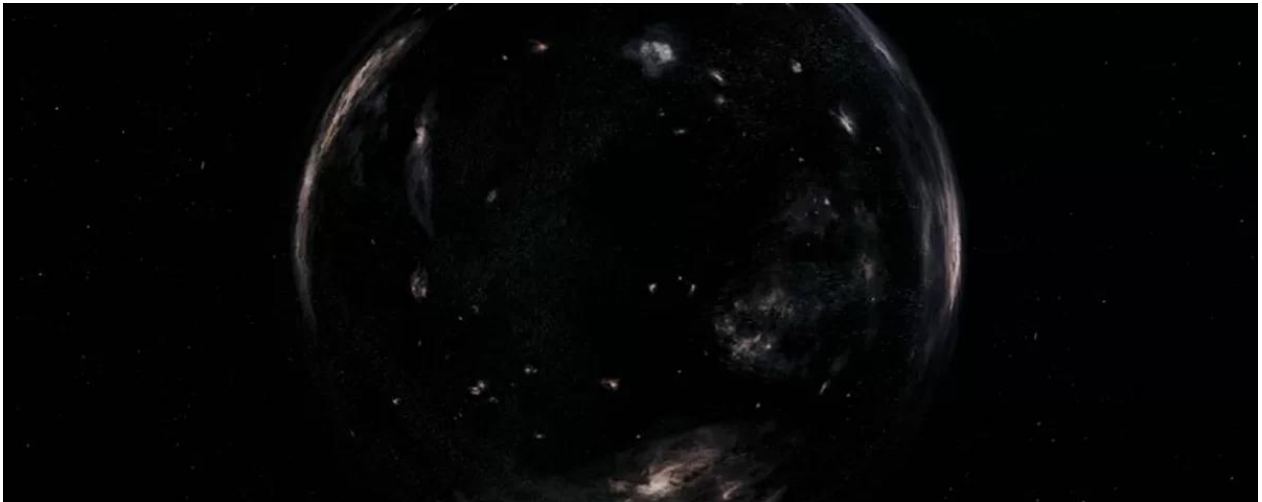


Figura 8 - Buraco-de-minhoca de Interestelar, representando um buraco tridimensional, uma esfera.
Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions; Warner Bros, 2014. Blu-ray.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DE INTERESTELAR

Neste capítulo será desenvolvido e contextualizado o momento em que a trama se passa, seus momentos de divergência da física moderna serão explicitados e destrinchados de acordo com as teorias físicas trabalhadas na pesquisa.

4.1 INTERESTELAR

Interstellar é um filme do gênero ficção científica de 2014, dirigido por Christopher Nolan com colaboração do físico Kip Thorne, que retrata a humanidade num futuro não tão distante, em que o planeta terra se encontra em uma situação menos favorável para a espécie. (Fig 9)



Figura 9 - Físico Kip Thorne ao lado do diretor Christopher Nolan. Kip foi responsável para calcular a simulação do buraco negro da obra, Gargantua (2014) que até o momento é considerada a melhor representação de um buraco negro na história. Fonte: [Dibujo20141121 kip thorne and christopher nolan - endurance control - story telling - La Ciencia de la Mula Francis \(naukas.com\)](https://www.naukas.com/2014/11/21/kip-thorne-and-christopher-nolan-endurance-control-story-telling/)

O personagem principal, Cooper, pai de Murph, descobre uma anomalia gravitacional no quarto de sua filha, tal anomalia gravitacional, utilizando da poeira recorrente que devastam lavouras e dissipam plantações, cria o que parecem barras de poeira concentradas no piso do quarto, essa poeira acumulada de forma padronizada, forma coordenadas em linguagem binária, em que linhas grossas representam 1, e linhas finas, 0. Tais coordenadas levaram a uma base oculta da NASA, onde é revelado o projeto LAZARUS, que consiste em levar a humanidade a três planetas potencialmente habitáveis através de um buraco-de-minhoca, colocado por “Eles” ao lado de

Saturno com a ajuda da nave desenvolvida ENDURANCE, capaz de simular a gravidade através da rotação padronizada. (Fig 10)

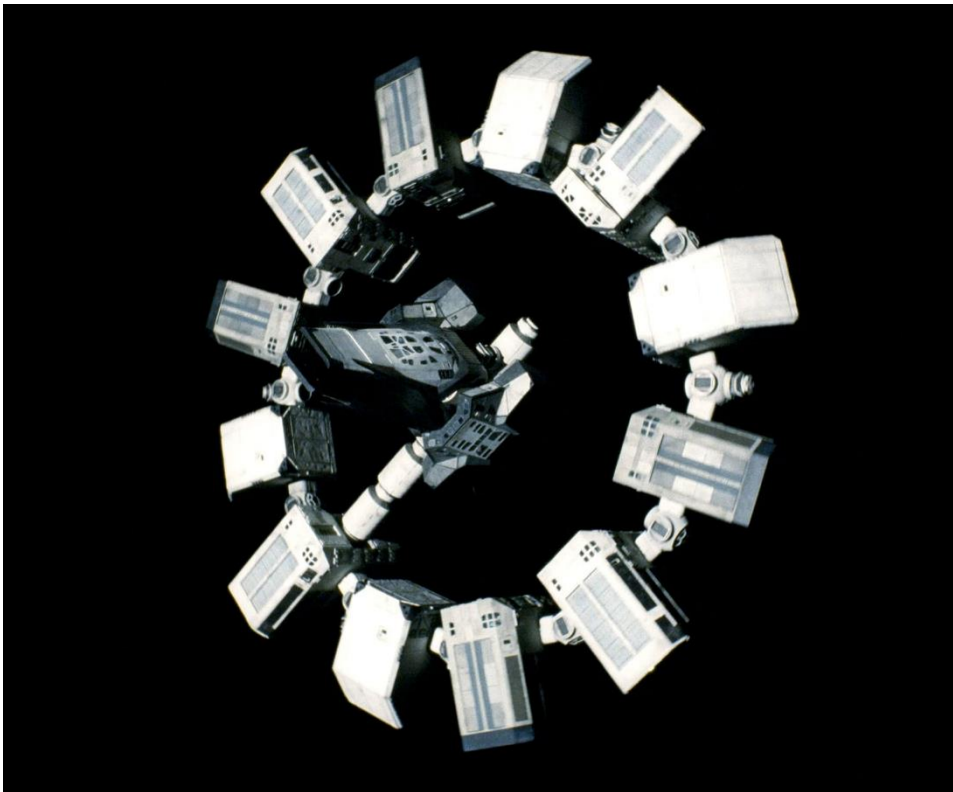


Figura 10 – Endurance, nave que simula a gravidade ao longo da viagem da tripulação para a outra galáxia, que posteriormente foi danificada. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

“Eles” seriam a própria humanidade, porém, em um futuro distante, mais evoluídos cientificamente, com um poder além das quatro dimensões conhecidas, e com um notável controle sobre o próprio tempo. O buraco-de-minhoca leva a outra galáxia, distante da nossa em um sistema planetário, como corpo central de órbita em comum, o buraco negro Gargantua, que possui um disco de acreção¹ com matéria o suficiente para iluminar todos os planetas de seu sistema.

¹ O “Disco de Acreção” de um Buraco Negro seria toda a matéria da qual ele se alimenta aos poucos, rodeando seu horizonte de eventos em sua órbita crítica, gerando uma velocidade absurda e um acúmulo energético tão grande a ponto de tornar essa matéria luminosa de forma constante.

A trama gira em torno dos três planetas, no qual outras missões tinham sido enviadas para cada um desses corpos para armazenarem dados sobre sua atmosfera, superfície, temperatura e entre outros dados que provassem a possibilidade do planeta ser habitável ou não.

Todos os três planetas apresentavam dados promissores em diversos aspectos, essa missão teria insumos para conhecê-los e avaliar a possibilidade de vida em cada um deles. O plano A da humanidade seria levar todos ao planeta com mais possibilidade de abrigar a vida humana, e o plano B seria prosseguir com a espécie no planeta habitável sem buscar pela humanidade no planeta terra, algo mais extremo e uma decisão muito mais difícil a ser tomada. Os planetas possuem os nomes de seus últimos exploradores, então Miller seria o nome do primeiro corpo a ser visitado nesse sistema.

Ao explorarem o planeta Miller, sendo constituído em sua maior parte de água líquida, porém, bem próximo ao buraco negro, apresentava uma desvantagem em relação aos exploradores, visto que pela relatividade do tempo, uma hora no planeta seria o equivalente a sete anos na terra, visto que a distorção espacial e temporal de um buraco negro é avassaladora. A equipe precisava dos dados referentes ao planeta, que se encontravam em destroços da nave da última missão, porém, uma onda gigantesca de água causada pelas grandes marés que a distorção espacial do buraco negro causa, acabou atrasando toda a equipe, eliminando uma pessoa da tripulação. (Fig 11) O que era para ser feito em menos de uma hora, demorou mais para a drenagem de água da nave. Essa drenagem de horas custou anos, e quando finalmente retornaram a Endurance, mais de 20 anos haviam se passado para os demais fora do campo de distorção temporal de Gargantua, fazendo com que Cooper presenciase sua família envelhecendo através de vídeos gravados ao longo dos anos.



Figura 11 – Planeta Miller, onda devido ao efeito maré extremo causado por Gargantua. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

O próximo planeta a ser explorado seria o de Mann, um planeta frio e aparentemente insustentável (Fig 12). Mann diz que o planeta possui uma superfície, mas mente e havia enviado dados falsos referentes a possibilidade de seu planeta abrigar a vida humana. Mann rouba uma das naves da tripulação e tenta acoplar em ENDURANCE para deixar os outros para trás, por ser uma tentativa forçada e malsucedida, Mann acaba morrendo e danificando parte da ENDURANCE, impossibilitando a população restante da nave de acoplar e prosseguir com sua viagem, para o plano A, no planeta terra, ou plano B no planeta de Edmunds. Embora a ENDURANCE tenha entrado em órbita do planeta pós danificação, Cooper tenta acoplar em ENDURANCE sincronizando o giro de sua nave com o giro de ENDURANCE, e tem sucesso.



Figura 12 – Planeta Mann, frio, e completamente incapaz de abrigar vida humana. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

Cooper e Amelia Brand decidem ir para o planeta de Edmunds, usando um estilingue gravitacional na órbita de Gargantua, mas Cooper decide se lançar no buraco negro para tentar enviar dados sobre a singularidade, que por ser uma “singularidade suave”, não o mataria de radiação de forma imediata. Cooper descreve tudo o que encontra enquanto cai, mas algo que é crucial para a trama aparece. (Fig 13)

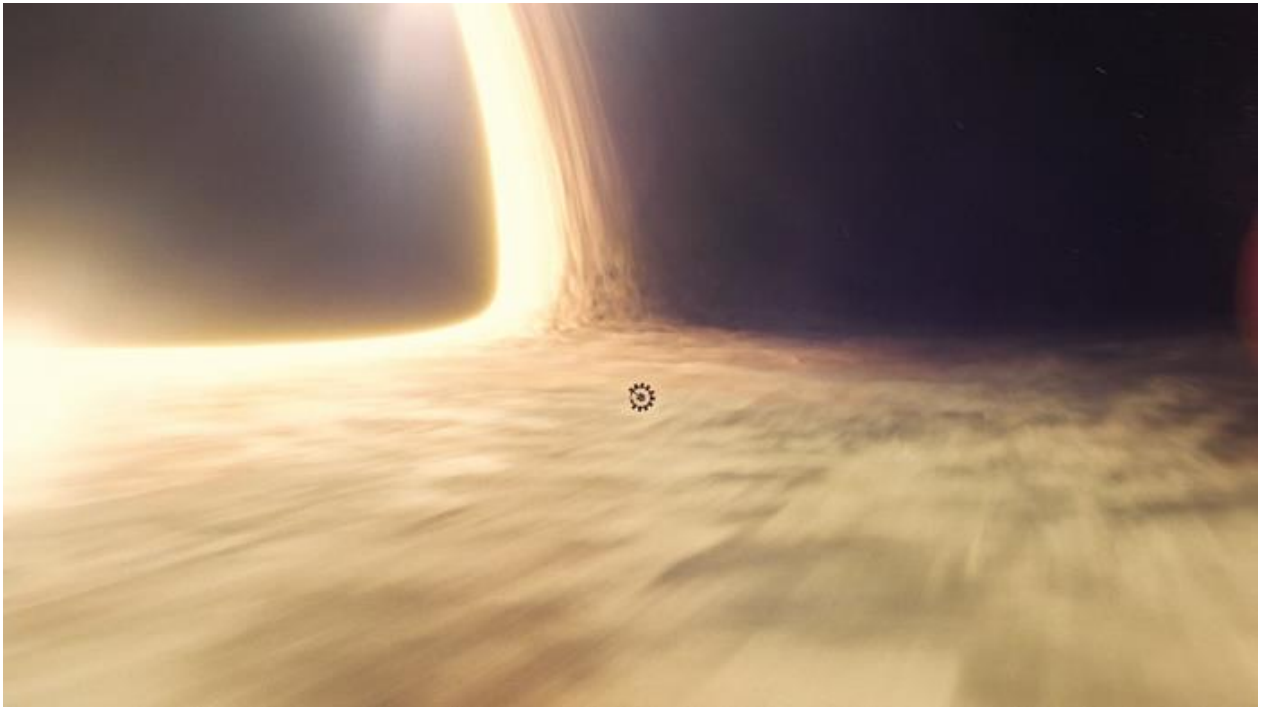


Figura 13 – Buraco negro Gargantua sendo orbitado de forma bem próxima, para que o estilingue gravitacional funcione. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

A quinta dimensão na singularidade do buraco negro. Dentro da singularidade, se encontrava o quarto de Murph, com toda sua visão de presente, passado ou futuro através de sua estante de livros, tal dimensão permitiria Cooper se comunicar com Murph através da gravidade. Como Cooper em certa hora antes de partir entregou um relógio a Murph com o intuito de mostrar a ela a relatividade do tempo quando retornasse ao planeta terra, indicando diferentes posições dos ponteiros, Murph havia colocado o relógio em sua estante esperando o dia de seu pai voltar. Cooper na quinta dimensão vê o relógio e passa informações que TARS (robô auxiliar da viagem) coletou através de código morse para Murph, que já adulta, interpreta os códigos e leva a humanidade para fora da Terra resolvendo o problema de gravidade enfrentado na trama, única coisa que não permitiria a humanidade criar um sistema semelhante a um planeta. (Fig 14)

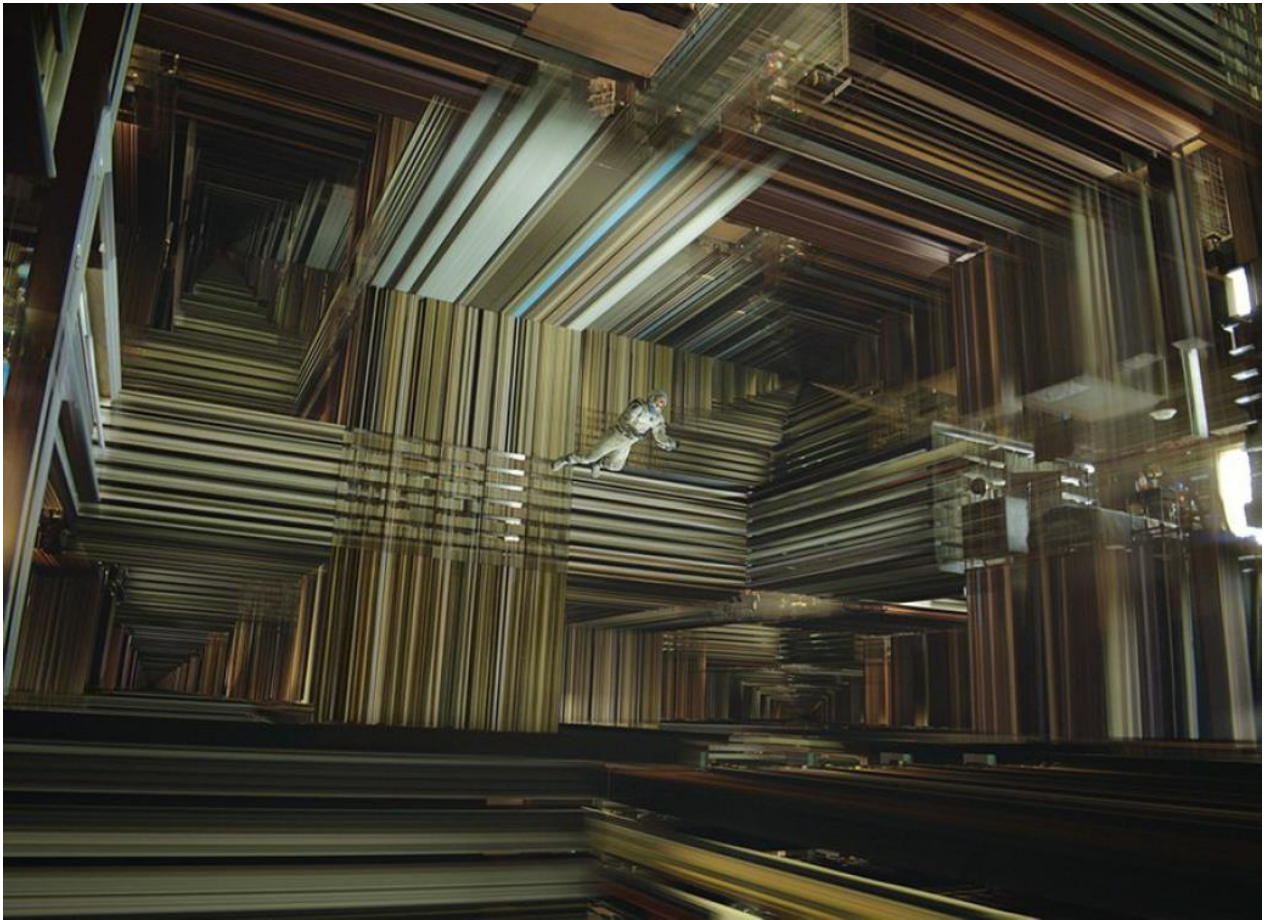


Figura 14 - Representação da quinta dimensão em forma de Hiper cubo, onde Cooper se comunica com Murph através da gravidade ao longo do tempo. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

Após tudo isso, Cooper é levado de volta por “Eles” para perto de Saturno, onde uma nave o resgata desse sistema criado por Murph e o leva até lá. Sua filha, com idade avançada diz para Cooper ir atrás de Brand, buscá-la no planeta de Edmunds, onde a obra se encerra. (Fig 15)



Figura 15 – Amelia Brand no planeta de Edmunds que é completamente capaz de abrigar vida humana. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

4.2 MOMENTOS FICTÍCIOS

Interestelar é uma obra de ficção científica que aborda a ciência de maneira fiel para que o nível almejado de convergência com a realidade seja atingida. Desse modo, a obra preza por encaixar a ficção em poucos pontos, mas cruciais para o desenvolvimento e conclusão da trama de forma satisfatória.

Como a obra se trata de apresentar algo épico e grandioso, está sujeita a mudanças da realidade dentro da trama, para a realização de algo mais impactante para o público alvo. Tais mudanças não mudam de forma significativa a ciência, e pouquíssimas coisas são notadas como total ficção.

O primeiro momento de divergência da física moderna no filme é visto logo no começo, e que se estende até o final, uma “Anomalia gravitacional” que Cooper criou quando estava no

hipercubo na quinta dimensão. Não é comprovado cientificamente a ideia de a gravidade transcender o espaço e o tempo, se tratando de uma justificativa para a trama poder prosseguir e alcançar seu objetivo. (Fig 16).



Figura 16 – Anomalia gravitacional causada por Cooper no Hipercubo para enviar a si mesmo na base secreta na NASA através de coordenadas codificadas em código binário. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

Outro momento fictício estaria relacionado ao buraco-de-minhoca, visto que sem ele, a humanidade não salvaria a si mesma de modo que pudesse evoluir para “Eles” de forma que no futuro pudessem enviar um buraco-de-minhoca para o lado de Saturno para salvar a humanidade do passado, caracterizando um paradoxo de bootstrap. (Fig 7, 8)

Como momento fictício final, está lavoura de milho verde sendo queimada próxima a conclusão da obra, se trata de um alívio para a trama visto que milho verde não é inflamável por conta do seu alto teor de água, cerca de 70 a 80% segundo MAMEDE (2015 p.2). Se tornando um momento de ficção para um atraso planejado por parte de Murph. (Fig 17)



Figura 17 – Queima da lavoura de milho verde do irmão de Murph, causando um incêndio fictício em milhos verdes. Fonte: INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

4.3 TEORIAS FÍSICAS APLICADAS NOS MOMENTOS FICTÍCIOS

Como conclusão, caso cada lei física atual fosse aplicada a obra de forma a se seguir nossa realidade sem quaisquer adição ou manipulação, a obra não chegaria em seu climax, pois sem buraco-de-minhoca, não haveria esperança para a humanidade de explorar e poder usar um dos três planetas potencialmente habitáveis do sistema planetário por conta do paradoxo de Bootstrap, que impossibilitaria a humanidade (Eles) de criar o buraco-de-minhoca. Tal ponto é considerado ficção pois paradoxos envolvendo viagem temporal são impossíveis de acontecerem.

Caso levássemos em consideração o avanço da trama, supondo que o buraco-de-minhoca fosse possível, temos mais três pontos a abordar, que seria a entrada na singularidade suave juntamente a quinta dimensão, retratada como um hipercubo de gravidade interativa ao longo do espaço-tempo. Sobre a quinta dimensão, não é possível alegar cientificamente o que é ficção e o que não é, pois é impossível interpretarmos algo fora de nossa compreensão e capacidade de pesquisa. A ciência necessita de mais avanços em relação a pesquisas desta área, mas sobre a

singularidade, no momento em que Cooper se lançou com TARS, ambos seriam espaguetificados² e mortos pela radiação emitida pelo buraco negro, visto que “singularidades suaves” não existem, sendo apenas um alívio para a trama do filme.

Por fim temos a queima de milho verde, que por sua composição ser de 70% a 80% de água, não é inflamável, apenas pegando fogo de forma controlada, mas nunca se alastrando. O único caso possível em que o milho verde poderia alastrar o fogo seria a queima de suas plantações completamente secas, e não seria algo inflamável, dificultando e muito o processo da queima.

² Espaguetificação seria o efeito da distorção gravitacional tremenda agindo diretamente com o seu corpo perto do horizonte de eventos, trazendo esse efeito de espagete enquanto o referencial cai em direção a singularidade gravitacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusão da pesquisa, foi possível evidenciar que por mais que o cinema trate de temas como a realidade e a ciência de forma fictícia, não significa que o cinema rompa com a realidade, mas sim acrescenta, contribui e cria um novo universo onde o certo se torna algo diferente do certo da realidade principal (vida real).

O cinema está ligado de forma intrínseca a divulgação científica, visto que seu poder de divulgação é imenso e abrange um público vasto, de diferentes nacionalidades, etnias, culturas ou rituais, influenciando em suas vidas de forma direta, incentivando a pesquisa e contribuindo para apresentar pesquisas já realizadas.

Foi concluído que com os momentos de ficção do filme, afirmações significativas, mas poucas, influenciaram de forma direta como a humanidade seguiria a partir daquela realidade, tornando tudo possível através de paradoxos, como o de Bootstrap.

Aplicando toda a física destrinchada ao longo da pesquisa de forma direta na obra, foi possível identificar que grande parte da obra não ocorreria pelo paradoxo, mas seguindo a linha de que fosse possível, o buraco negro de Gargantua também não ofereceria nada para a humanidade, visto que singularidades suaves não existem.

REFERÊNCIAS

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

GHIZONI, Henrique Sobrinho. Interestelar: Os efeitos relativísticos na ficção científica publicado em 03 jan 2010 Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2565/Carlesso_Pablo_Fernando.pdf?sequence=1>

Acessado em 01/06/2023

INTERSTELLAR. Direção: Christopher Nolan. Produção de Legendary Pictures; Syncopy Films; Lynda Obst Productions: Warner Bros, 2014. Blu-ray.

RODRIGUES, A. G. O paradoxo de Bootstrap e o aumento da entropia. Revista Brasileira de FísicaZenodo, , out. 2022. Disponível em: <<https://zenodo.org/records/7143883>> > Acessado em 19/11/2023

O que é cinema? Disponível em: <<https://www.primeirofilme.com.br/site/o-livro/o-que-e-cinema/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CARVALHO, Flávio José de. Da imaginação criadora da ciência à imaginação criadora da poesia em Gaston Bachelard. 2011. 200 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. Conservação pós-colheita do milho verde minimamente processado sob atmosfera controlada e refrigeração. Revista CERES, v. 62, n. 2, p. 149–158, 2015.

ALMEIDA, R. DE. CINEMA E EDUCAÇÃO: FUNDAMENTOS E PERSPECTIVAS. Educação em Revista, v. 33, n. 0, p. e153836, 2017.

OLIVEIRA, B. J. DE. Cinema e imaginário científico. **Historia, ciencias, saude--
Manguinhos**, v. 13, n. suppl, p. 133–150, 2006.

PENAFRIA, M. Análise de Filmes - conceitos e metodologia(s), VI Congresso SOPCOM, Abril
de 2009