

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**THIAGO CÂMARA DE FREITAS**

**O USO DO UNIVERSO DOS QUADRINHOS NO ENSINO DE MECÂNICA  
COM O AUXÍLIO DO TEATRO**

**FORTALEZA**  
**2019**

THIAGO CÂMARA DE FREITAS

**O USO DO UNIVERSO DOS QUADRINHOS NO ENSINO DE MECÂNICA  
COM O AUXÍLIO DO TEATRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva

**FORTALEZA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D32u de Freitas, Thiago Câmara.

O USO DO UNIVERSO DOS QUADRINHOS NO ENSINO DE MECÂNICA COM O  
AUXÍLIO DO TEATRO / Thiago Câmara de Freitas. – 2019.

91 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

1. Ensino de Física. 2. Personagens de Quadrinhos. 3. Artes Cênicas. 4. Mecânica. I.  
Título.

CDD 530.07

---

THIAGO CÂMARA DE FREITAS

**O USO DO UNIVERSO DOS QUADRINHOS NO ENSINO DE MECÂNICA  
COM O AUXÍLIO DO TEATRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 05/07/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes  
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)

Dedico este trabalho a Deus e à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, gostaria de agradecer a Deus, nosso Senhor e Criador dos Céus e da Terra. Ele que é e sempre será o maior Físico e Matemático de todos os tempos, por ter me dado todas as possibilidades para concluir o mestrado. Sem Ele, nada seria possível.

Ao professor doutor Marcos Antônio Araújo Silva, por sua grande paciência em ter me orientado, sempre com sugestões ou críticas para que o trabalho fosse realizado dentro do planejado.

Em especial, aos meus alunos do 2º Ano, turma avançada de 2017, do Colégio Dáulia Bringel, por me inspirarem nesse projeto de ensino. Sem dúvida, as ideias e sugestões recebidas engrandeceram de forma decisiva a escolha do projeto para implementar como tese de Mestrado em Ensino de Física.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) (Código de Financiamento 001), pelo apoio ao programa de Mestrado em Ensino de Física, por garantir aos professores oportunidades de acesso as pesquisas e de novas ferramentas visando a melhoria no ensino de Física.

Aos amigos de profissão que me incentivaram a iniciar e a seguir esse curso de mestrado, em especial a professora Eliete Couto, a professora Izabel Bezerra e a professora Lia Mont'Alverne.

À professora Conggetta Claudino, pelos conselhos que engrandeceram o meu trabalho, seja em relação à abordagem de implantação em sala de aula, como também nas correções gramaticais necessárias para a apresentação.

Ao que tenho de mais importante em minha vida, a minha família, pelo apoio ao longo dessa e de outras jornadas, em especial a minha mãe, que sempre, independente dos obstáculos que passei, concedeu-me total apoio em todas as minhas decisões, conselhos que tiveram papel determinante na busca de alcançar o que eu desejava.

Ao meu irmão, uma das pessoas mais inteligentes que conheço, pois sempre me inspirou, com seu conhecimento e experiência acadêmica.

Vocês foram os fatores decisivos para que eu estivesse finalizando essa etapa em minha vida.

Obrigado a todos(as)!

“(...) o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo” (David Ausubel).



## RESUMO

Atualmente, a carreira do professor de física tem passado por mudanças significativas, seja devido às novas tecnologias implementadas em sala de aula, seja ao público jovem que anseia por alguma aplicação dos conceitos físicos no dia a dia, pois não é mais suficiente aprender apenas recebendo informações predeterminadas pelo professor. Assim, o protagonismo juvenil precisa ser respeitado e conduzido pelo professor em sala de aula, incluindo até mesmo a cultura jovem, para facilitar o ensino e a aprendizagem. Nesse contexto, este trabalho foi elaborado em face da maneira como o professor, dependendo da turma ou das matérias apresentadas e considerando o planejamento anual, poderá utilizar personagens de quadrinhos, juntamente das artes cênicas, para facilitar o aprendizado e, sobretudo, agregar aspectos positivos e aplicáveis aos conteúdos de Física. Especialmente no que concerne aos primeiros contatos de seus alunos com o estudo da Mecânica, os personagens de quadrinhos seriam utilizados para explorar ao máximo possível a Física apresentada em sala de aula, promovendo uma espécie de feira de ciências dos personagens escolhidos, como também ensinando os aspectos químicos e biológicos relacionados, já que essa ênfase faz parte de uma das sugestões do PCNEM+ da Física, de acordo com o MEC. A apresentação teatral como parte integrante do trabalho seria uma simulação de vídeo game na qual cinco participantes seriam protagonistas. O presente trabalho foi inspirado em na Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. Contudo, como o trabalho apresentado sugere um manual para orientar o professor em sala de aula, esse profissional, levando em consideração as particularidades de seu alunado, poderá implementar de forma positiva qualquer tendência pedagógica de forma dinâmica com seus alunos.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Mecânica, Personagens de Quadrinhos, Artes Cênicas.

## ABSTRACT

Currently, the career of the physics teacher has undergone significant changes, whether due to the new technologies implemented in the classroom or to the young public that long for some application of the physical concepts in the everyday routine, since they are no longer enough to learn only by receiving predetermined information by the teacher. Thus, youth protagonism needs to be respected and conducted by the teacher in the classroom, even including the young culture, to facilitate the teaching-learning aspect. In this context, this work was elaborated in the face of how the teacher, depending on the class or subjects presented and considering the annual planning, could use comic characters together with the performing arts to facilitate learning and, above all, to add positive and applicable aspects to Physics contents. Especially with regard to the first contacts of the students with Mechanics, the comic characters would be used to exploit as much as possible physics presented in the classroom, promoting a kind of science fair of the chosen characters, as well as teaching of chemical and biological aspects, since this emphasis is one of the suggestions of the PCN+ of Physics, according to the MEC. The theatrical presentation as an integral part of the work would be a video game simulation in which five participants would be protagonists. The present work was inspired in theory Significant Learning, by David Ausubel. However, as the presented work suggests a manual to guide the teacher in the classroom, this professional, taking into consideration the particularities of his students, can positively implement any pedagogical tendency in a dynamic way with his students.

**Keywords:** Physics Teaching, Mechanics, Comic Characters, Scenic Arts.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Posição da partícula em função do tempo .....	24
Figura 2	Velocidade da partícula em função do tempo .....	26
Figura 3:	Órbita de um planeta ao redor do Sol .....	34
Figura 4:	Ondas eletromagnéticas .....	40
Figura 5:	Espectro eletromagnético .....	41
Figura 6:	Equipe 01 (Personagem Flash) .....	42
Figura 7:	Equipe 02 (Personagem Superman) .....	44
Figura 8:	Equipe 03 (Personagem Homem-Formiga) .....	45
Figura 9:	Equipe 04 (Personagem Noturno) .....	46
Figura10:	Equipe 05 (Personagem Demolidor) .....	47
Figura11:	Equipe 06 (Personagem Homem de Ferro) .....	48
Figura12:	Simulação do game: Homem de Ferro X Noturno .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
PCNEM+	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
MEC	Ministério da Educação e Cultura
HQ	História em Quadrinhos
MCU	Universo Cinematográfico Marvel
MKS	Metro Kilograma Segundo
CGS	Centímetro Grama Segundo
SI	Sistema Internacional de Unidades

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	17
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
<b>3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa</b> .....	20
<b>4 Conceitos físicos</b> .....	23
<b>4.1 Cinemática escalar</b> .....	23
<b>4.2 Leis de Newton</b> .....	28
<b>4.3 Gravitação Universal</b> .....	33
<b>4.4 Ondas Sonoras</b> .....	38
<b>4.5 Ondas Eletromagnéticas</b> .....	40
<b>5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	42
<b>5.1 Aplicação do trabalho</b> .....	42
<b>5.2 Análise do Questionário aplicado em sala de aula</b> .....	51
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57
<b>APÊNDICES</b> .....	59
<b>A.1 MODELO DE QUESTIONÁRIO</b> .....	60
<b>A.2 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

A rotina do professor em sala de aula é cheia de desafios. Salas superlotadas, alunos que não possuem conhecimento básico para estudar o assunto, uso de tecnologias por parte dos discentes que se demonstram mais interessantes do que o professor em sala de aula, entre outras.

Em vários momentos da vida de magistério, deparei-me com algumas afirmações dos alunos para justificar o pouco interesse pela Física. Jamais desde afirmar que o conhecimento físico não teria importância na prática, ou o estudo das Ciências Humanas e Linguagens seria de mais fácil compreensão.

Pensando nesses desafios que todos nós professores vivenciamos em sala de aula, elaborei este trabalho, baseado nos PCNEM+ da Física, que propõem a busca, ou o resgate, das relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e inter-áreas. Nos dias atuais, torna-se obrigatória a visão da disciplina interligada com as demais áreas do conhecimento. Dessa maneira, poderíamos contemplar o estudo da Física com as mais diversas áreas. Também segundo os PCNEM+, unindo a ideia de Ciência e Tecnologia à Cultura Contemporânea, trazer o mundo dos HQs, com todas as suas particularidades, bem como o teatro seria oferecer ferramentas motivadoras para o ensino de Física.

Existem vários trabalhos publicados que contemplam o ensino com a produção de quadrinhos, como o estudo de Barra e Lorenz (1986), na obra *Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil*, como também no trabalho de Carvalho (2006), intitulado *A educação está no gibi*. Trabalhos esses que já demonstravam a tentativa de unir o ensino com a sistemática do uso dos quadrinhos, seja no empréstimo de personagem para exemplificar um determinado fenômeno, ou até na construção de histórias em quadrinhos abordando os conteúdos de Física.

Também partindo dessa temática, segundo o trabalho de (GONZAGA *et al.*, 2014) no qual o ensino de Física poderia ser elaborado a partir de imagens de HQs de alguns personagens, por exemplo Superman, explorando o uso da cinemática escalar, Flash, explorando a temática das leis de Newton, Física Moderna, se assim a escola tenha em seu currículo o conteúdo de Física Moderna, ou Física Contemporânea entre outros.

Desse modo, utilizando de fragmentos de quadrinhos, imagens dos personagens utilizando de suas habilidades e poderes, poderíamos transmitir o conteúdo de Física, no nosso caso, mecânica, de forma mais atraente para o aluno. Tentativa de trazer o mundo dos jovens, como ferramenta para o ensino.

A partir dessa ideia, elaborei uma proposta didática que tivesse os quadrinhos e unindo a temática de jogos virtuais como ferramentas pedagógicas para o ensino de Física. Com a produção de um manual nesse sentido, um professor de Física do Ensino Fundamental II ou de Ensino Médio da rede particular, rede estadual, ou da rede municipal de ensino de sua cidade poderá utilizar de forma simples e eficiente; portanto, esse foi o objetivo principal desse trabalho.

Uma grande vantagem de nosso trabalho é que ele pode ser adaptado pelo professor, tanto para fazer uma abordagem investigativa, pois seguindo a ideia de Campos Nigro (1999), *em seu trabalho Didática de Ciências: o ensino aprendizagem como investigação*, para que a ação do processo de ensino por investigação aconteça, os discentes (alunos) precisam estar estimulados de alguma forma, no nosso caso; com fatores comuns a sistemática diária deles, como exemplo os quadrinhos ou jogos virtuais.

Ao nível de Ensino Fundamental II, quanto ao nível de Ensino Médio se o professor desejar utilizar nossa metodologia para abordar um assunto específico da Física; como por exemplo, mecânica, termologia, ótica, ondulatória ou eletricidade. Com isso, o professor pode sugerir personagens específicos cujos poderes estão relacionados com o assunto de interesse. No caso do Ensino Fundamental II, os alunos são deixados à vontade na escolha do personagem, bem como na análise ampla (histórica, filosófica etc.) de seus personagens e poderes.

Na aplicação desse trabalho com os alunos do 1ª Série do Ensino Médio, como está descrito na metodologia (Capítulo 2), não interferi na formação das equipes, nas escolhas dos personagens dos alunos, nem na análise dos poderes para a apresentação em sala de aula, durante a terceira etapa letiva.

Entretanto, na abordagem foi exigido que a equipe fizesse uma ligação com a Física que havia sido ministrada em sala de aula, a mecânica clássica; embora eles

pucessem fazer uma abordagem mais ampla envolvendo outros aspectos além da Física, como parte integrante nas aplicações técnicas dos personagens. Na apresentação do game fiz uma análise prévia do enredo que seria apresentado para possíveis correções e para evitar surpresas.

O foco principal desta dissertação é o ensino de Mecânica para alunos do Ensino Médio, entretanto, como mencionei anteriormente, algumas equipes analisaram aspectos além da Mecânica, como por exemplo, a equipe que escolheu o personagem Homem-Formiga fez uma abordagem superficial de Mecânica Quântica. Desse modo, não faremos abordagem alguma dos conceitos físicos além do conteúdo de Mecânica Clássica.

Aos professores que trabalham com o Ensino Fundamental II, momento inicial do aluno com a disciplina de Física, poderiam abordar o assunto utilizando essa ferramenta pedagógica com o objetivo de proporcionar um contato dos alunos com a investigação. Pois, com minha experiência atuando nessa faixa etária durante alguns anos, consegui visualizar que o desejo das Ciências (Física) dos alunos de 9º Ano é o investigativo. E nós professores, às vezes, tolhemos esse desejo de investigar o fenômeno, quando apenas abordamos a matemática e os conceitos físicos quantitativos.

De um modo geral, o material didático ou sistemas de ensino utilizados pelas escolas contemplam os tópicos iniciais de Mecânica com aspectos puramente quantitativos, levando o aluno a perder a afinidade pelo processo investigativo. Quando esse aluno chega ao Ensino Médio, o interesse pela Física ficou perdido no processo de transição do Ensino Fundamental II para o Ensino Médio.

O professor, dentro de sua sistemática de ensino para o conteúdo de Mecânica, poderia abordar os tópicos relevantes dessa matéria com o uso dos quadrinhos e inserir o teatro em uma simulação de combate. Cujas principais razões para o uso dessa abordagem é o fato dos quadrinhos e da simulação do jogo fazerem parte do universo do público que o docente tem em sala de aula. O apego pelo universo dos quadrinhos com a afinidade de jogos virtuais, seja no computador, celulares ou de um determinado console, fazem parte da vida do cotidiano do aluno.

Dentro dessa sistemática, tentei inserir no trabalho *parte* das ideias de David Ausubel em sua Aprendizagem Significativa, no sentido de utilizar os conhecimentos



prévios dos alunos como um ponto de partida para seu aprendizado e desenvolver o interesse pela investigação no processo da apresentação da Feira de Ciências e na simulação do combate.

Dessa forma, a partir de uma aplicação da disciplina de Física sobre um determinado personagem, o aluno procurou investigar os pontos em comum do conteúdo específico de Física estudado em sala com o personagem escolhido. Essa abordagem foi uma tentativa de elaborar uma metodologia de ensino para melhorar a assimilação de Física para os discentes; os aspectos de subsunsores não foram abordados.

A razão para a escolha dessa teoria de aprendizagem partiu da necessidade de inserir, de forma simples, uma metodologia de ensino que fosse utilizada por qualquer professor, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos, seja por conta de um determinado personagem que o aluno tivesse afinidade, um jogo de vídeo game favorito, ou uma série sobre o personagem. E dentro do público com que trabalhei no ano de 2018, alunos da 1ª Série do Ensino Médio de uma escola particular do município de Fortaleza, identifiquei que muitos possuíam afinidades com personagens de quadrinhos (Marvel, DC, Mangás) e jogos virtuais.

O trabalho é dividido da seguinte maneira: o Capítulo 2, depois desta introdução, apresenta a metodologia desenvolvida na aplicação da pesquisa, desde a organização das equipes com a Feira de Ciências até a simulação do game. A maneira como o produto foi organizado está contida também nesse capítulo.

No Capítulo 3 apresentamos a fundamentação teórica do aspecto pedagógico que foi usado como referencial. A ideia da apresentação da Feira de Ciências e a simulação do game é justificada pela abordagem da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel.

No Capítulo 4 estão presentes os aspectos físicos abordados pelos alunos. Esses aspectos compreendem os conceitos de movimento unidimensional, princípios da mecânica newtoniana, gravitação e órbitas planetárias, ondas sonoras e ondas eletromagnéticas, como parte inicial do estudo da ondulatória.

No Capítulo 5 estão presentes as discussões dos resultados da pesquisa, com as apresentações da Feira de Ciências e da aplicação do game pelos alunos. E, o resultado do questionário avaliativo aplicado logo após a realização dessa atividade.

Finalmente, o Capítulo 6 é reservado às considerações finais da dissertação. A parte reservada ao Apêndice traz o questionário avaliativo aplicado após a realização do trabalho e o Produto Educacional elaborado na pesquisa.

## 2 METODOLOGIA

A aplicação do trabalho *O uso do universo dos quadrinhos no ensino de mecânica com o auxílio do teatro* aconteceu no segundo semestre letivo de 2018, em uma escola da rede particular de ensino de Fortaleza. Uma particularidade dessa Escola é que trabalhamos com três etapas letivas durante o ano. A princípio, durante o mês de maio, foi feita a divulgação do trabalho por parte do professor aos alunos da 1ª Série do Ensino Médio Regular. Foram duas etapas independentes.

Na primeira etapa foi realizada a divisão das equipes que escolheram os personagens por afinidade, em seguida os alunos pesquisaram suas características e relacionaram com a Física estudada, a culminância aconteceu na Feira de Ciências, no mês de outubro. Na segunda etapa eles desenvolveram uma peça de teatro simulando um combate entre dois personagens.

Essas etapas do trabalho são independentes, como dito acima, de modo que o professor pode escolher qual delas será primeiro realizada. No nosso caso, a segunda etapa foi realizada junto da culminância da primeira, na Feira de Ciências.

Na primeira etapa do trabalho, tivemos três momentos. No primeiro momento as equipes escolheram seus personagens. No segundo momento os alunos deveriam fazer uma pesquisa sobre todas as características de seus protagonistas escolhidos. Nessa pesquisa, eles abordariam as características físicas, químicas, biológicas e históricas, dependendo do personagem, tendo como norte a matéria estudada em sala de aula. A matéria abordada deveria ser a de mecânica.

O terceiro momento é a culminância dessa primeira etapa do trabalho, que é a participação de todas as equipes na Feira de Ciências, em que os personagens seriam utilizados para explorar ao máximo a Física estudada em sala. No nosso caso, tivemos seis equipes (com cinco a sete alunos participantes) com os seguintes personagens: Homem de Ferro, Homem Formiga, Flash, Superman, Noturno e Demolidor.

A segunda parte deste trabalho, foi a simulação de um combate virtual entre dois personagens dentre aqueles que participaram da Feira de Ciências. Particularmente, em nosso caso, essa segunda etapa aconteceu ao final da Feira. Entretanto, o professor pode escolher outra ocasião para essa segunda etapa. Assim,

eles desenvolveram uma peça de teatro com cinco integrantes, o que levou algumas semanas para elaborar o roteiro da apresentação e os ensaios.

O combate virtual foi realizado entre duas equipes, onde cada equipe tinha um representante devidamente caracterizado com seu personagem. Para a escolha das equipes do combate, o professor pode usar qualquer critério (por critério de afinidade, ou por sorteio etc.); eu usei o critério de maiores notas na disciplina de Física nas etapas anteriores. Desse modo, dois alunos estariam caracterizados como os personagens que foram utilizados na Feira de Ciências para serem os protagonistas do jogo: A Física estudada em sala x Os Personagens dos HQs.

Dois outros alunos, um de cada equipe, seriam os jogadores com controles de um determinado console (no nosso caso, eles utilizaram os controles do Xbox360) para controlar o combate. Eles simularam um jogo entre dois amigos que resolveram jogar logo após a aula de Física sobre determinado assunto. O assunto escolhido no enredo deveria ser aquele conteúdo da etapa de aplicação do trabalho, fazendo uma ligação com a etapa anterior. O enredo criado na simulação seria previamente verificado pelo professor.

O roteiro deverá ser entregue em formato padronizado, impresso, estabelecido pelo professor. É importante destacar que o professor verifique se no enredo está presente a Física que está sendo estudada em sala naquela etapa, como por exemplo, os conteúdos que os alunos tiveram dificuldades em assimilar. Nesse caso, ele pode orientar os alunos para que a ação de cada personagem seja de acordo com as dificuldades dos alunos ou do assunto específico daquela etapa de ensino.

Levando em conta essa padronização estabelecida, uma das atribuições da nota referente a apresentação dessa peça seria a organização do enredo. Uma sugestão ao professor é que o período da entrega desse material seja de no máximo uma semana antes de aplicação da peça.

No momento em que os personagens caracterizados, "controlados pelos jogadores", simulavam a luta, o quinto aluno entra na cena para a explicação física da ocasião. Esse quinto personagem foi batizado pelos alunos de "Doutor do Tempo". O nome foi sugerido por eles, porque tal personagem possuía o poder de pausar o jogo

em qualquer momento e explicar aos jogadores da simulação e aos espectadores a Física abordada em cada cena da peça.

O enredo contou com cerca de cinco minutos de apresentação da mesma aula em que foi apresentada a Feira de Ciências. A peça contou com uma trilha sonora criada pelos alunos, para enriquecer o combate e a entrada do personagem Doutor do Tempo.

Resumidamente, na segunda etapa duas equipes realizam a luta. De cada equipe entram dois alunos, totalizando quatro alunos. Cada equipe tem um aluno caracterizado pelo personagem escolhido (no nosso caso os personagens foram Homem de Ferro e Noturno) e que já participou da Feira de Ciências. Há também um quinto aluno que controla o tempo e o jogo, o “Doutor do Tempo”. O professor inspeciona previamente o roteiro de luta.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação pedagógica seguida neste trabalho foi baseada na *Aprendizagem Significativa* desenvolvido pelo norte-americano David Ausubel, no qual afirma que se deve ensinar algo que faça sentido para o aluno.

Na próxima seção, abordarei na fundamentação desse trabalho, interligando com a justificativa de abordagem para a dissertação apresentada.

#### **3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa**

Ressaltamos que não usaremos a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel em sua forma restrita, no sentido do inferir os subsunçores. Iremos utilizar apenas a ideia dos conhecimentos prévios e ligando ao uso da investigação como instrumentos pedagógicos para tentar melhorar o ensino e a aprendizagem de Física.

Conforme (Ausubel,1980), em sua teoria de aprendizagem, ele afirma que os conhecimentos prévios, ou anteriores, dos discentes, precisam ser levados em consideração pelo docente no processo de ensino. Muitas vezes, já partimos da premissa que o conhecimento que o aluno terá é somente aquele no momento de nossa aula, sem levar em consideração ao aprendizado que esse aluno já possui.

Algumas vezes, alguns discentes detém uma forma de conhecimento, mesmo que seja bem simples do fenômeno, seja por conta de algum personagem, de suas características, caso ele goste de quadrinhos, ou de jogos virtuais que abordam esse universo.

Ainda compartilhando da ideia do autor, para que esse processo de ensino se torne um meio de aprendizado de forma significativo, é necessário compreender o processo de modificação desse conhecimento, ao invés de apenas analisar o comportamento observável.

Dessa forma, a teoria de Ausubel é cognitivista, dessa forma o aluno é um agente importante no processo de ensino, ao contrário das teorias comportamentalista, que o foco principal é o comportamento do indivíduo no processo de aprendizado.

Compartilhando com as ideias de (PELIZZARI *et al.*, 2001), que partindo de uma análise mais detalhada sobre a teoria de Ausubel, garantindo que para ocorrer a aprendizagem significativa, são necessárias algumas condições importantes no processo desempenhado pelo professor em sala de aula. Condições essas que estão presentes em nossa sala de aula, no nosso cotidiano.

A primeira condição está relacionada a motivação que o aluno precisa ter para aprender, pois segundo Ausubel, o aluno não se sentir motivado, seja por conta de fatores que estejam próximas da sua realidade, o aprendizado que ele terá seria de aprendizagem de memorização, que Ausubel chamou de aprendizagem mecânica. Esse tipo de aprendizagem, aprendizagem mecânica, serve apenas para o aluno memorizar dados e fórmulas para uma prova de Física que ele precisa estudar para fazer. Dessa forma, o aluno apenas estuda para tirar uma nota que permita passar de ano.

Uma segunda condição para esse aprendizado, segundo Ausubel, é que o conteúdo precisa ter significado para ele. Muitos de nossos alunos estudam algo que segundo eles, é impossível de questionar sobre a existência de um determinado fenômeno, por exemplo, quando ele estuda as Leis de Newton, no conteúdo de Dinâmica. E muitas vezes, esse conteúdo faz parte de algo do cotidiano deles, pois está inserido nos quadrinhos, séries, filmes, jogos virtuais. Um determinado golpe, ação de um protagonista, evidencia de forma clara as leis da mecânica que ele estuda na escola.

A base da investigação como fator de melhora para um aprendizado, ainda utilizando Ausubel, seria o excelente trabalho de (ZÔMPERO, 2014), no qual aborda o fator de investigação para o ensino de ciências, como fator de motivação para o aluno realizar o aprendizado. Nesse caso, segundo a autora, ela faz uma discussão entre a teoria de Ausubel e a pré-disposição do aluno efetuar a investigação.

Nesse caso, ela salienta, que existe um ponto muito próximo com a primeira condição que Ausubel afirmou, a motivação do aluno em aprender algo novo. Nesse caso, a investigação proposta pelo trabalho, envolveu aspectos da Física de sala de aula, com as aplicações técnicas de acordo com os personagens abordados. Algumas equipes mostraram grande empenho em pesquisas dos aspectos da Mecânica, ou da

ondulatória, por conta da aproximação da matéria com a afinidade de cada um, no caso do nosso trabalho, os quadrinhos e os jogos virtuais.

Com isso, poderíamos inserir algum significado, a motivação; pré-disposição necessária para promover o aprendizado, segundo Ausubel. Utilizando apenas personagens de quadrinhos na abordagem do conteúdo de Física, poderíamos inserir uma possibilidade para que o aluno consiga, a partir de seus conhecimentos prévios, uma melhor forma de aprendizagem em sala de aula.

No manual, ou guia, estão inseridos alguns personagens, com a Física que poderíamos explorar e acordo com suas características. Partindo dessa ideia, poderíamos inserir o fator de significado para um melhor aprendizado do aluno em sala de aula.



## 4 CONCEITOS FÍSICOS

Ao longo deste trabalho, foram abordados alguns conceitos físicos, de acordo com as apresentações dos alunos do projeto. A abordagem, obrigatória, se daria de acordo com a matéria daquela etapa ou da etapa anterior, de acordo com o planejamento anual para aquele segmento de ensino. No caso, a abordagem seria do Movimento uniforme, Movimento variado, Leis de Newton, Gravitação universal e ondulatória.

Os assuntos referentes a Física estão presentes desde a apresentação da Feira de Ciências até a encenação teatral. Para conceituar os aspectos relevantes da área, será apresentado a seguir o esclarecimento dos tópicos de Mecânica citados.

### 4.1 Cinemática escalar

Partindo da ideia de (SERWAY; JEWETT, JR, 2017), podemos iniciar o estudo da cinemática (parte da Mecânica que estuda o movimento, mas não se preocupa com suas causas), com a noção de velocidade média, envolvendo a noção de espaço e tempo.

Do ponto de vista físico, a velocidade é a medida da rapidez de um corpo, pois relaciona o espaço percorrido e o intervalo de tempo gasto. Nesse estudo, o corpo realiza um movimento ao longo do eixo Ox. Nesse primeiro momento, a rapidez (velocidade) do corpo se mantém constante. O cálculo dessa velocidade média seria:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t},$$

Em que:

$\Delta x$  é a variação do espaço ao longo do eixo Ox;

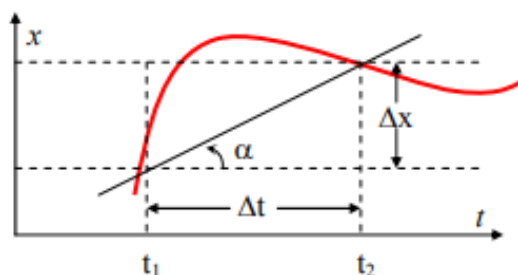
$\Delta t$  é a variação do tempo.

Nesse caso, a velocidade média é uma grandeza escalar, pois estamos interessados apenas no seu módulo (valor numérico) da grandeza velocidade. No caso em que necessitamos calcular a velocidade média em um instante de tempo muito pequeno, ou que a variação do tempo tende a zero, temos a velocidade instantânea. O seu cálculo seria:

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

Uma característica importante do movimento envolve a análise do gráfico  $x(t)$ , em que a tangente do ângulo formado é numericamente igual ao valor da velocidade média, conforme descrito na Figura 01 a seguir.

Figura 01: Posição da partícula em função do tempo.



**Fonte:** <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book3/Capitulo2.pdf>. Acessado em 28/06/2019

Para o cálculo da função horária do movimento uniforme, basta o leitor efetuar uma integração da velocidade instantânea, conforme descrevemos a seguir:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

Que chegamos na seguinte expressão para a função horária:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v(t) dt = x_0 + v \int_{t_0}^t dt$$

$$x(t) = x_0 + vt,$$

Observando que no instante  $t_0$  o tempo é zero e  $x_0$  é a posição inicial do movimento.

Até agora analisamos o caso que a velocidade se mantém constante. No caso mais geral, quando a velocidade de um corpo varia ao longo do tempo, aparece uma grandeza denominada aceleração média. Assim, partindo da ideia de SERWAY & JEWETT, JR (2017), podemos analisar que a aceleração é uma grandeza que quantifica o grau de rapidez de um corpo, ou seja, a aceleração está associada a variação de velocidade sofrida pelo corpo. Podemos medir essa aceleração por:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

em que

$\Delta v$  é a variação da velocidade do corpo ao longo do eixo Ox.

$\Delta t$  é a duração do tempo do movimento.

Quando a variação do tempo tende a zero, podemos calcular a aceleração instantânea da partícula por:

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

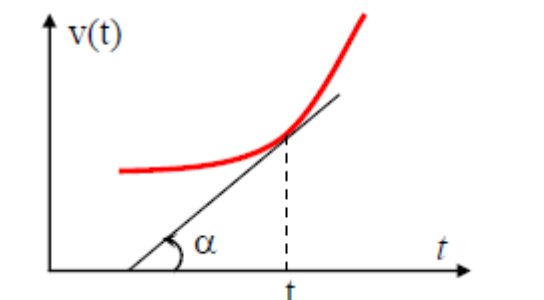
Podemos também calcular a aceleração instantânea como sendo a derivada segunda do espaço em função do tempo, como representado a seguir:

$$a(t) = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Podemos representar o cálculo da aceleração como sendo a tangente do gráfico da Figura 02. Podemos, a partir da definição de aceleração, encontrar as funções do movimento variado por meio do cálculo integral, então temos:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

Figura 02: Velocidade da partícula em função do tempo.



Fonte: <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book3/Capitulo2.pdf>. Acessado em 28/06/2019

Realizando um processo de integração na equação acima, temos:

$$dv = a dt \rightarrow \int_{v_0}^v dv = \int_0^t a dt$$

Na nossa análise, a aceleração se mantém constante. Com isso, ela passa para fora do processo de integração. De posse que a equação da velocidade do movimento variado fica:

$$v(t) = v_0 + a \int_0^t dt = v_0 + at$$

O deslocamento do Movimento Variado poderia ser analisado por meio da seguinte integração:

$$x(t) = x_0 + \int_0^t v(t) dt = x_0 + \int_0^t (v_0 + at) dt$$

O que resulta na seguinte expressão do Movimento Variado:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Essa expressão é a função horária do espaço do movimento variado. Seu gráfico é uma parábola cuja concavidade está relacionada com o sinal da aceleração do movimento.

Compartilhando da ideia de (ALONSO; FINN, 2014), podemos encontrar por meio de um processo de integração simples uma expressão que representa a velocidade do corpo e o valor da aceleração, independentemente do valor temporal do fenômeno. Abordagem muito útil quando analisamos o movimento e não possuímos o valor numérico do tempo.

Notemos que as expressões anteriores, tanto da velocidade quanto do espaço, possuem dependência com o tempo. Faremos da seguinte forma:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

$$a dt = dv$$

Multiplicando os dois lados da expressão por  $v$ , temos:

$$va dt = vdv$$

E lembrando que a velocidade instantânea pode ser calculada por:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

Ficaremos com a seguinte expressão:

$$a \left( \frac{dx}{dt} \right) dt = vdv$$

Realizando um processo de integração, temos:

$$a \int_{x_0}^x dx = \int_{v_0}^v v dv, \text{ o que resulta em:}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0).$$

Mais uma vez notamos que a aceleração foi colocada para fora do processo de integração, pois ela se mantém constante ao longo do movimento.

Uma das aplicações do movimento variado é na análise do movimento de queda livre ou do lançamento vertical. Nesse caso, o estudo do movimento se dá por meio do eixo Oy, no qual a aceleração do objeto seria igual ao provocado pelo campo gravitacional da Terra, g.

É importante destacar que a análise do movimento de queda livre ou do lançamento vertical se dá por meio das equações do movimento variado descritas anteriormente. Com isso, associamos ao valor da aceleração do movimento de queda livre ou de lançamento vertical a aceleração da gravidade. Na abordagem desses fenômenos, fazemos uso de uma nomenclatura específica. Quando o corpo está sendo lançado, seu movimento é retardado, e a aceleração da gravidade assume valores negativos. Quando o objeto está em queda livre, seu movimento é acelerado, e assumimos que a aceleração da gravidade é positiva.

## **4.2 Leis de Newton**

Na seção anterior, fizemos uma análise do movimento sem a necessidade do agente causador desse movimento. Segundo (WALKER, 2018), as causas desse movimento estão relacionadas com a aceleração do objeto e que foram fundamentados por Isaac Newton (1642-1727) no Século XVII. Com a aceleração, aparece um agente denominado de força resultante. Abordaremos a seguir o estudo da Dinâmica, que estuda o movimento levando em consideração as causas desse movimento, as forças que provocam o movimento.

Com essa sistemática, vamos abordar as bases do estudo da Dinâmica, que também é denominada mecânica newtoniana, pois foi Isaac Newton que descreveu em forma de três leis que denominamos de Leis de Newton.

### 1ª LEI DE NEWTON: INÉRCIA

Ainda segundo (WALKER, 2018), podemos enunciar a primeira lei de Newton, ou Inércia, da seguinte forma: Caso nenhum agente externo atue, ou esteja presente sobre um corpo, sua velocidade se mantém constante, ou seja, realiza um movimento uniforme retilíneo. Nesse caso, o movimento tem uma aceleração nula.

Conforme bem menciona (WALKER, 2018), a primeira lei de Newton não se aplica a qualquer sistema de referência. No caso de sistemas em que a primeira lei de Newton é válida é denominado de sistema de referencial inercial. É esse sistema que trabalharemos nessa seção.

### 2ª LEI DE NEWTON: PRINCÍPIO FUNDAMENTAL

Aqui estamos representando vetores em **negrito**. Então a força, o momento linear, velocidade e a aceleração estão representadas dessa forma. É importante se destacar que a massa,  $m$ , do corpo é uma constante positiva e escalar. Devemos destacar que o termo,  $F_r$ , é a resultante das forças que agem sobre o corpo.

Antes de iniciar a abordagem da segunda lei de Newton, vamos conceituar a grandeza escalar massa,  $m$ , e a grandeza vetorial momento linear, ou quantidade de movimento,  $\mathbf{p}$ . Segundo (WALKER, 2018), podemos afirmar que a massa de um corpo é uma característica, inerente àquele corpo. Já o momento linear é definido pelo produto da massa pelo vetor velocidade do corpo,  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ .

A força resultante,  $F_r$ , imprimida no corpo de massa  $m$  e momento linear  $\mathbf{p}$  é dada por

$$F_r = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

No caso em que a massa do corpo é constante, esta equação se reduz à próxima equação, em que a aceleração do sistema aparece explicitamente. Assim, a segunda lei pode ser escrita como:

$$\mathbf{F}_r = m\mathbf{a}$$

Vale lembrar que a 2ª Lei de Newton, pode ser analisada em termos de componentes, x, y e z. No caso do corpo de massa  $m$ , realizar um movimento no  $\mathbb{R}^3$ , temos as seguintes relações de suas componentes:

$$F_x = ma_x$$

$$F_y = ma_y$$

$$F_z = ma_z$$

No Sistema MKS, a unidade de força é:

$$\text{Newton} = \text{kg.m/s}^2$$

No sistema CGS, a unidade de força é:

$$\text{dina} = \text{g.cm/s}^2$$

### **3ª LEI DE NEWTON: AÇÃO E REAÇÃO**

Na terceira lei de Newton, ou também conhecida por Ação e Reação, é entendida por: a cada ação, corresponde uma reação, de mesma intensidade e direção, porém sentidos contrários. No caso, o par ação e reação, são duas forças atuando em corpos diferentes.

Como bem conceitua (LEMOS, 2007), essa é a chamada forma fraca da terceira lei de Newton, pois caso as forças de ação e reação estiverem aplicadas na mesma linha de separação, ela teria a denominação de forma forte. Com isso, dois corpos separados por uma distância,  $d$ , poderiam estar submetidos a ação de uma força atrativa ou repulsiva. A abordagem atrativa iremos trabalhar no tópico de Gravitação Universal desenvolvida por Isaac Newton.



## APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

### FORÇA DE ATRITO:

O atrito é inerente ao nosso cotidiano. Pensamos que uma superfície lisa, pelo menos a olho nu, não possui imperfeições ao longo de sua superfície. Mas, ao microscópio, ela apresenta várias imperfeições, o que faz quando existe movimento, ou tendência, a força aplicada deverá ter um valor capaz de vencer essas dificuldades, que denominamos de atrito.

Sem o atrito, que é uma força de contato, não poderíamos exercer as mais simples das ações, que é o caminhar ou escrever. Segundo (WALKER, 2018), de uma forma geral, podemos conceituar que a força de atrito é a resultante de várias forças que atuam entre os átomos do retículo cristalino da superfície do corpo em movimento com a superfície de apoio. Nesse caso, o atrito aparece quando há movimento ou tendência de movimento entre duas superfícies.

Podemos destacar duas formas de atrito, o que tende a deixar os objetos em repouso, denominado de estático, e outro que exerce quando o objeto está em movimento, denominado de cinético. Independente da forma do atrito presente, cinético ou estático, a forma de quantificá-los é dado por:

$$\mathbf{F}_{at} = \mu \mathbf{N}$$

em que  $\mathbf{F}_{at}$  é o valor da força de atrito, nesse caso descrito em negrito, por se tratar de uma grandeza vetorial.  $\mu$  é o coeficiente de atrito que representa o grau de rugosidade da superfície. É uma grandeza escalar e adimensional.  $\mathbf{N}$  é o valor da força normal, que também está representado em negrito.

Nesse caso, é importante a se destacar que se o objeto estiver em uma superfície horizontal, a força normal seria igual ao valor do peso do objeto. A força de atrito estático é variável, indo de um valor nulo até o valor máximo, que denominamos de eminência do movimento. A partir desse momento, o atrito estático sai de cena e entra o atrito cinético.

Em outras situações, se a partícula estiver em um plano inclinado, a força normal seria igual a componente do peso daquele sistema. Segundo (WALKER, 2018), podemos afirmar que a força peso, que é uma grandeza vetorial, é a força com que a Terra exerce sobre os objetos que estão próximos ao seu campo gravitacional. Lembrando ao leitor que a força peso,  $\mathbf{P}$ , tem natureza de campo, ou seja, não é necessário o contato entre superfícies para que seja exercida, e sua natureza é atrativa. Calculamos por:

$$\mathbf{P} = m\mathbf{g}$$

Ainda com a equação da força de atrito, podemos destacar quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, essa superfície ainda que não apresente deformação, ela se deforma e empurra o corpo com uma força perpendicular à superfície de apoio. A essa força, denominamos de força normal.

### **VELOCIDADE TERMINAL:**

Denominamos de fluido qualquer substância que não possui forma própria, ou que assume a forma do local que estão inseridos. Um exemplo de fluido seria o líquido ou gás. Quando um corpo está em queda livre na atmosfera terrestre, o ar (fluido) exerce uma força de natureza contrária a tendência desse movimento. Podemos calcular essa força de arrasto, ou força devido ao fluido, aqui representamos seu módulo por  $f_f$ , por:

$$f_f = \frac{1}{2} K \rho A v^2$$

A constante  $K$  é um parâmetro determinado de forma experimental. Ele é uma grandeza adimensional, ou seja, não possui unidade. A força de arrasto depende da área da seção efetiva do corpo,  $A$ . Quanto maior o valor da área, maior será o valor da força de arrasto sofrida pelo corpo. O fator,  $\rho$ , é denominado de massa específica do fluido existente. A unidade, no SI, de massa específica do fluido é o  $\text{kg/m}^3$ . Fazendo uso da análise dimensional, ferramenta útil para descrevermos os fatores físicos dependentes que estão inseridos nas fórmulas ou equações, podemos verificar que a dimensão de massa específica é  $\text{M.L}^{-3}$ .

Quando um corpo está em queda livre, em determinado momento ele atinge uma velocidade denominada terminal, na qual a aceleração do sistema é nula. Então, analisando de acordo com a segunda lei de Newton, temos

$$f_f - P = m \frac{dv}{dt}.$$

Que é uma equação diferencial ordinária de primeira ordem. Quando a força de arrasto iguala com o valor da força peso, o movimento torna-se uniforme, ou seja, o segundo termo da equação acima é nulo.

$$f_f = mg.$$

Levando esta equação para a equação da força de arrasto e colocando a velocidade em evidência, obtemos:

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{K\rho A}}.$$

Compartilhando com a ideia de (WALKER, 2018), a velocidade terminal depende apenas de fatores inerentes ao corpo de massa  $m$  e da massa específica do fluido em questão,  $\rho$ . Notemos que a velocidade terminal é inversamente proporcional a área da secção transversal do objeto.

### **4.3 Gravitação Universal**

O outro campo de estudo da Mecânica é a Gravitação Universal. No caso da Gravitação Universal, o objeto de estudo é a análise das forças de atração exercida entre dois corpos ou objetos submetidos a essas forças de natureza atrativa. Desde os povos antigos, o homem já observava o céu e tentava analisar o movimento dos astros, relacionando-o ao comportamento da sociedade.

Acreditava-se que o centro do universo observado na época era a Terra. Isso já era mencionado por Ptolomeu, matemático e astrônomo grego. Essa ideia era defendida pela igreja católica, que a tinha como base em sua estrutura de organização.

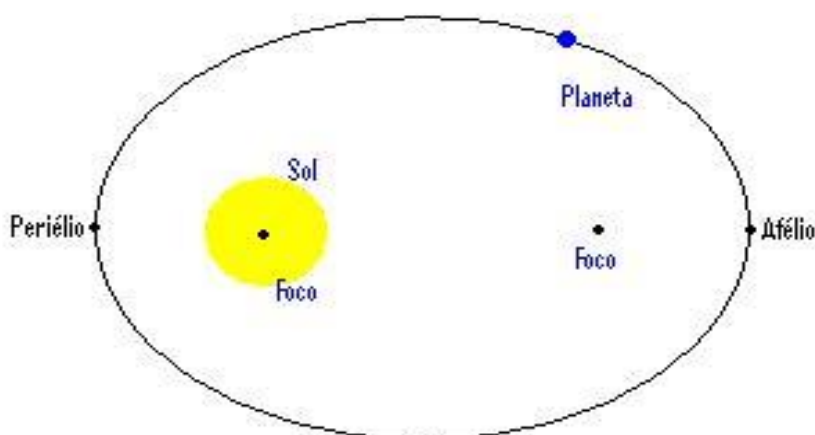
Mas alguns cientistas se opuseram a essa ideia de Ptolomeu. Um deles, Galileu Galilei, defendia o universo Heliocêntrico: o Sol seria o centro do universo.

Com toda essa estrutura de ruptura da ciência e da religião, alguns cientistas tentaram descobrir o comportamento do movimento dos corpos celestes. Um deles, o astrônomo Johannes Kepler, utilizando sua habilidade em Matemática, descreveu o comportamento dos movimentos celestes. Sua teoria ficou conhecida por Leis de Kepler, que discorreremos agora.

### 1ª Lei de Kepler ou Lei das Órbitas

De acordo com (APOSTOL, 2017), ele afirma que os planetas se movem em órbitas elípticas, ou seja, de uma cônica com o Sol em um ponto de convergência, ou seja, o Sol ocupa um dos focos da elipse descrita pelo movimento.

Figura 03: Órbita de um planeta ao redor do Sol



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/primeira-lei-kepler.htm>. Acessado em 30/6/2019.

### 2ª lei de Kepler: Lei das Áreas

O vetor traçado do Sol até qualquer planeta descreve áreas iguais em intervalo de tempo iguais. Segundo (TAYLOR, 2013), a ideia da segunda lei de Kepler parte do princípio da conservação do momento angular. Lembrando que o momento angular é uma grandeza vetorial cuja expressão é descrita a seguir:

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} ,$$

em que:

$\mathbf{L}$  é o momento angular, aqui representado em notação em negrito por se tratar de um vetor.

$\mathbf{r}$  é o raio vetor do sistema, representado em negrito;

$\mathbf{p}$  é o momento linear do sistema, representado em negrito;

Podemos analisar com a 2ª lei de Kepler, segundo (WALKER, 2018), que a grandeza,  $dA/dt$ , que é denominada de velocidade areolar do planeta é um fator invariável. Essa grandeza é descrita por meio do momento angular por meio da expressão

$$\frac{dA}{dt} = \frac{L}{2M} = \text{constante}$$

Se a velocidade areolar é constante, então existe a conservação do momento angular do sistema planeta e Sol.

### **3ª Lei de Kepler ou Lei dos Períodos**

Ainda segundo (APOSTOL, 2017), o quadrado do período orbital de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semi-eixo maior da órbita elíptica.

No caso de uma órbita elíptica, a relação da constante de Kepler para esse evento seria igual a:

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_S} \right) a^3$$

Em que o valor de  $a$  seria o comprimento do semi-eixo maior da elipse descrita e  $M_S$  é massa do Sol. Em decorrência da 3ª lei de Kepler, quanto mais distante um planeta estiver do Sol, maior será seu período de revolução ao redor do mesmo.

Caso a trajetória seja uma circunferência, substituímos o valor do semi-eixo maior pelo raio descrito no movimento circular, a expressão da 3ª lei de Kepler ficaria.

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_S} \right) R^3$$

Um fato importante a observar é o fato das Leis de Kepler serem válidas não somente para um planeta ao redor do Sol, mais sim de qualquer corpo de massa pequena orbitando um corpo celeste de massa maior que ele.

## LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Segundo Newton, em sua Lei da Gravitação Universal, matéria atrai matéria na razão direta do produto das massas, aqui representadas por  $m_1$  e  $m_2$ , e inversamente proporcional a distância que os separa. A fórmula que Newton chegou foi:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

em que

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^2/\text{m}^2.$$

Lembrando ao leitor que a expressão acima representa o módulo da força gravitacional, por isso a força, que é uma grandeza vetorial, não está representada em negrito. Podemos destacar duas consequências da formulação da gravitação, segundo Newton:

1ª: Se um determinado planeta descrever uma órbita circular ao redor do Sol, podemos garantir que a força de interação gravitacional seria igual à força centrípeta, que tem natureza de uma força central, em concordância com a 2ª lei de Kepler da conservação do momento angular.

2ª: Essa é a descrição do 3ª Lei de Newton, ou ação e reação, na sua versão forte, pois garante que a ação da força está direcionada à linha de separação entre os

corpos envolvidos. Dessa forma, a força de interação entre corpos de massa  $m_1$  e  $m_2$  seria de natureza atrativa.

## VELOCIDADE DE ESCAPE

Para a determinação do cálculo da velocidade de escape, ou da velocidade que uma partícula precisa para conseguir sair do campo gravitacional de um planeta, precisamos do conceito de energia potencial gravitacional do sistema. Como já verificado no curso de cálculo vetorial, a força de um sistema conservativo pode ser calculada por meio do operador gradiente desse potencial, aqui representamos por  $U(r)$ , conforme a equação abaixo:

$$F_r = -\frac{dU(r)}{dr}$$

Podemos calcular o gradiente do potencial gravitacional do sistema a partir da força gravitacional. Então, utilizando-se de cálculo integral, achamos a seguinte expressão da função potencial gravitacional.

$$U(r) = -G \frac{Mm}{r}$$

Lembrando ao leitor que a energia potencial gravitacional é uma grandeza escalar. Segundo (WALKER, 2018), a energia potencial é uma característica do sistema formado pelas duas massas,  $M$  e  $m$ , e não das massas mencionadas de forma isoladas.

Uma análise da expressão da energia potencial acima, notamos que o seu valor tende a zero quando o objeto de massa  $m$  se encontrar no infinito ( $r \rightarrow \infty$ ), distância muito grande de um planeta de massa  $M$ .

Quando lançamos um objeto para fora do campo gravitacional terrestre, por exemplo, podemos utilizar da conservação da energia do sistema. Então temos:

$$K + U = E_M,$$

em que:

$K$  é a energia cinética do sistema;

U é a energia potencial gravitacional; e

$E_M$  é a energia mecânica do sistema.

Utilizando-se da conservação da energia mecânica, conforme bem conceitua (SERWAY; JEWETT, JR, 2017), podemos afirmar que o objeto quando se encontrar no infinito, ou quando sua energia potencial gravitacional tender a zero, temos:

$$\frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} = 0$$

Que chegamos na expressão para a velocidade de escape:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Observamos que a velocidade de escape de um corpo depende apenas da massa do planeta e de seu raio. Como bem pontua (WALKER, 2018), a velocidade de escape não depende da direção de lançamento do objeto. No caso da velocidade de escape da Terra, seu valor é de, aproximadamente, 11,2 km/s ou 11200 m/s.

#### **4.4 Ondas Sonoras**

Podemos entender que uma onda sonora, transmitida por meio da voz, um pulso sendo transmitido por meio de uma corda ao tocar um instrumento musical, é uma onda mecânica. Podemos afirmar por conta de uma característica dessas ondas é a necessidade de um meio material para se propagar. A velocidade do som não depende da velocidade da fonte, mas apenas das condições do meio que ocorre a propagação.

As ondas mecânicas podem se propagar tanto em meios sólidos, líquidos ou nos gases. Conforme afirma (SERWAY; JEWETT, JR, 2017), no caso de transmissão do som nos sólidos, ela pode ser transmitida de forma longitudinal ou transversal, ou seja, ou a vibração da onda é paralela à direção de propagação ou é perpendicular à direção da propagação da onda emitida.



Nos fluidos (líquidos ou gases), a transmissão do som ocorre longitudinalmente. Essa característica é explicada pelo fato de os fluidos não permitirem força de cisalhamento ou também denominada de forças tangenciais na transmissão.

No nosso estudo, as ondas sonoras estariam relacionadas aos valores de percepção para o ouvido humano. Esses valores estariam relacionados a faixa de frequência de 20 Hz à 20.000 Hz. Valores abaixo de 20 Hz denominamos de infrassom e valores acima de 20.000 Hz são denominadas de ultrassons.

Segundo afirma (SERWAY; JEWETT, JR, 2017), a velocidade do som depende de alguns fatores relacionados com a propriedade elástica do meio e a característica de massa ou inércia. Por exemplo, para uma onda se propagando em uma corda de densidade de massa  $\mu$  [kg/m] e submetido a uma tensão  $T$  [N], a velocidade de propagação é dada pela equação de Taylor.

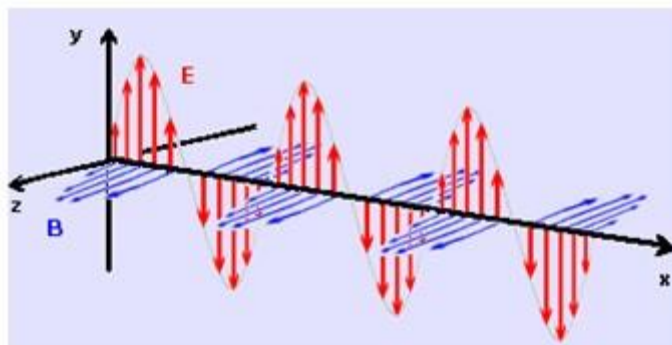
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Ainda seguindo essa ideia, de acordo com (SERWAY; JEWETT, JR, 2017), para a propagação em meios líquidos e gasosos, a velocidade do som depende da temperatura do meio de propagação. Podemos entender com isso que a densidade do meio ou grau de organização dos átomos, é um fator que influencia na velocidade do som no meio considerado. Com isso, o som consegue se propagar com maior velocidade nos meios sólidos e apresentam menor velocidade nos fluidos.

#### **4.5 Ondas Eletromagnéticas**

Diferentemente das ondas mecânicas que necessitam de um meio material para se propagar, as ondas eletromagnéticas podem se propagar em qualquer meio, inclusive no vácuo. As ondas eletromagnéticas são interações entre dois campos vetoriais perpendiculares, pois a transmissão é do tipo transversal, entre si. Esses campos são o elétrico e o magnético. Uma onda eletromagnética é descrita a seguir:

Figura 04: Onda eletromagnética.



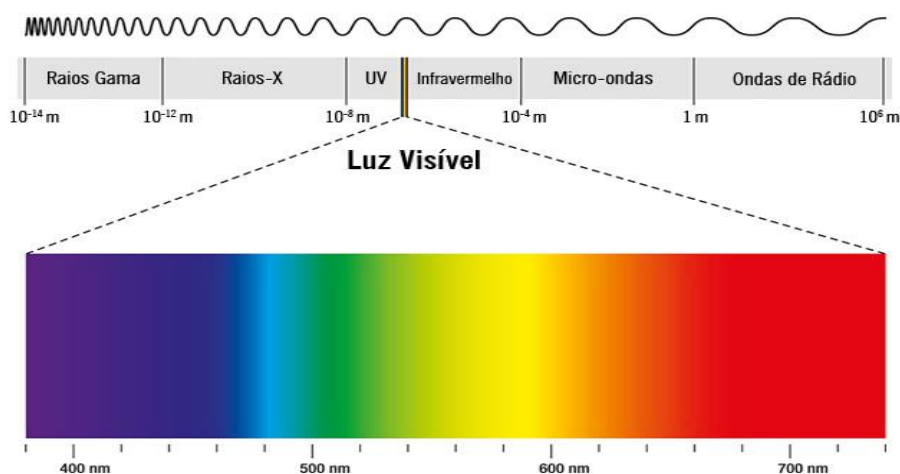
Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/ondas-eletromagneticas/> acessado em: 13/7/2019

Um fator importante a destacar é que o ser humano não consegue captar toda a faixa das ondas eletromagnéticas. Esse fator é exemplificado na Figura 05, a seguir, que descreve o espectro visível para o ser humano. No nosso caso, a faixa visível vai do violeta ao vermelho, aproximadamente, que chamamos comumente de luz visível.

Conseguimos observar o estreito valor visível para o ser humano. No caso do ser humano, é impossível conseguir captar radiação infravermelha, que é uma radiação associada ao calor. Ondas de raios-x, micro-ondas, também seriam impossíveis de serem detectadas no olho humano.

Um fator importante a se destacar é que todas as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade de propagação no vácuo, que é de aproximadamente 300.000 km/s. Podemos então, baseados nas equações de Maxwell, dizer que a luz é uma onda eletromagnética.

Figura 05: Espectro eletromagnético.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/> acessado em: 13/7/2019

A velocidade da luz em um meio material é obtida a partir das características elétrica e magnética do meio de propagação, respectivamente a permissividade elétrica e a permeabilidade magnética. O valor da velocidade da luz é obtido por meio da seguinte expressão:

$$v = c \sqrt{\frac{\mu_0 \varepsilon_0}{\mu \varepsilon}}$$

em que:

$\varepsilon$  é permissividade elétrica do meio;

$\varepsilon_0$  é a permissividade elétrica no vácuo e seu valor é  $8,85 \times 10^{-12}$ , unidades

SI;

$\mu$  é a permeabilidade magnética do meio;

$\mu_0$  é a permeabilidade magnética no vácuo e seu valor é  $4\pi \times 10^{-7}$ , unidades

SI.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Aplicação do trabalho

A aplicação do trabalho se deu na terceira etapa do ano letivo de 2018. O período estimado entre a organização de cada equipe e a realização da feira levou cerca de três meses.

Com a apresentação e posterior coleta de dados através de um questionário, foi elaborada uma análise de como o trabalho teve objetivos no aprendizado em sala. Com isso, a sala da 1ª Série Regular manhã de um colégio da rede particular que leciono, realizou durante as duas aulas de Física, destinadas do dia, as seguintes atividades.

Figura 6 - Equipe 01 (Personagem Flash)



Fonte: Próprio autor (2019).

Na Figura 6, está a apresentação da Equipe Flash. A escolha dos integrantes da equipe pelo personagem fez com que o trabalho proposto contivesse os pontos inerentes à pesquisa. Inicialmente, analisaram os aspectos das características do personagem, com a Cinemática escalar.

Nesse fato, eles abordaram os conceitos de referencial e repouso, trajetória e deslocamento durante o movimento do personagem. O fato de o personagem sempre aumentar sua velocidade, criando um movimento acelerado, implica que o personagem poderia aumentar sua rapidez de forma infinita.

Além disso, os alunos abordaram o fato de o personagem ganhar os poderes de velocista, por meio de uma região fictícia denominada “Força de Aceleração”, deixando nexos entre esse território e a denominação de força dada pelas Leis de Newton.

Essa região fictícia seria a responsável de criar uma área de proteção para o personagem. Com a incrível velocidade do personagem, ele certamente sofreria com a presença do atrito no seu corpo. Os alunos então descreveram os conceitos da Força de Atrito e suas implicações no cotidiano.

Então, eles fizeram uma análise de como um material que, na teoria, diminuísse o atrito, deixando assim o personagem alcançar velocidades altas. A velocidade empregada pelo personagem poderia ser usada para ele se desprender do campo gravitacional terrestre. Caso o flash estivesse correndo em direção ao prédio, ele poderia atingir a velocidade de escape e sair do campo gravitacional terrestre.

Nesse ponto, eles fizeram uma conexão com o conteúdo de Gravitação Universal, com a característica de velocidade de escape. Com essa parte, os alunos explicaram como um corpo de massa  $M$ , sobre um campo gravitacional, conseguiria escapar da atração gravitacional.

Um fato extra que os alunos colocaram na apresentação do personagem foi a possibilidade de chegar à velocidade da luz, o que a Física Clássica não consegue explicar satisfatoriamente, fazendo uma conexão simples com a Relatividade Restrita, fazendo referências da parte integrante das possíveis aplicações que poderiam ser pesquisadas. Terminada a apresentação, que contou com recurso multimídia, eles responderam a algumas perguntas dos alunos a respeito dos aspectos físicos, químicos e biológicos ligados ao personagem.

A segunda equipe a entrar em cena foi do Superman, com alguns pontos da Física do personagem. Na Figura 7, está a apresentação da equipe Superman. Os alunos analisaram os aspectos da cinemática escalar, como os conceitos de movimento e velocidade do personagem.

Abordaram os conceitos de lançamento vertical e o tempo estimado do personagem em resgatar uma pessoa em queda livre. Com essa análise, comentaram

que seria impossível o herói resgatar uma pessoa sem cometer alguma fratura no seu corpo, o que eles denominaram que a pessoa durante o resgate sofreria do efeito chicote.

Fizeram uma exposição sobre o fato do personagem, sem qualquer fonte de propulsão, continuar o movimento que, em muitos casos, torna-se acelerado, violando assim uma das Leis de Newton, a Inércia.

Figura 7 - Equipe 02 (Personagem Superman)



Fonte: Próprio autor (2019).

Os alunos mencionaram as características físicas do planeta natal do Superman, Krypton, explicando como seria a massa e o volume ocupado por esse planeta e a possível gravidade criada. A visão de calor e de raios-x, característicos do personagem, foi mencionada em relação ao assunto do espectro visível do olho humano, interligando com o conceito de ondas eletromagnéticas, conteúdo abordado em sala na mesma etapa no conteúdo de ondulatória. Ao final da apresentação, a equipe respondeu a algumas perguntas dos alunos e do professor em sala.

Na Figura 8, temos a apresentação da Equipe Homem Formiga que abordou alguns tópicos sobre o protagonista.

Figura 8 - Equipe 03 (Personagem Homem-Formiga)



Fonte: Próprio autor (2019).

No início, os alunos descreveram as características do personagem, tanto no HQ, como no filme. As aplicações da Física para esse personagem foram as seguintes: a característica de como o protagonista consegue reduzir seu tamanho, mantendo sua massa, fazendo uma conexão com a abordagem de massa dada pela 2ª lei de Newton, ou Princípio fundamental da dinâmica.

De acordo com o filme, o protagonista reduz seu tamanho e mantém um movimento de queda livre, de modo que o atrito com o ar não pode ser desprezado. Nesse tipo de movimento, ele alcança em determinado instante uma velocidade terminal.

Com a sua miniaturização, ele consegue alterar uma das qualidades fisiológicas do som, que é a altura, característica da frequência. Uma das causas, segundo os alunos, possíveis do personagem manter uma comunicação com os insetos. Eles verificaram que de acordo com o conteúdo de Acústica, estudado na etapa anterior, o ouvido humano possui uma faixa audível de 20 Hz à 20000 Hz.

Ao final da apresentação, um dos alunos da equipe explicou, trazendo uma curiosidade do personagem, de uma das cenas do filme, os aspectos da Mecânica Quântica inserida no personagem. No mundo quântico, como é discutido no filme, há aspectos que podem ser explicados por meio de abordagens referentes a Mecânica Quântica, de uma forma bem simples, pois como sabemos, o conteúdo de Física Moderna não é contemplado no Ensino Médio.

Vale destacar que as aplicações mencionadas pela equipe foram básicas, servindo apenas de elo de aplicação das características dos personagens.

Na Figura 9, temos a Equipe Noturno, que explicou as características físicas do personagem. Explicaram desde as características simples do personagem, abordando Cinemática escalar, com noções de espaço e tempo que ele poderia se deslocar. Nessa parte eles explicaram os conceitos básicos de tempo, espaço e unidades utilizadas para quantificar tais grandezas. Eles abordaram, na parte de aplicação técnica do personagem até recursos simples de explicação de hologramas.

Na abordagem dos alunos, uma das características marcantes do personagem é o fato de se teletransportar, ou seja, se deslocar de uma região para outra em intervalo de tempo muito curto. Quando ele se desloca por outra dimensão temporal, a atmosfera desse lugar de passagem o acompanha, característica do personagem no filme *X-man*. O seu movimento variado, com a caracterização de uma taxa de variação de velocidade constante também foi abordado na explicação do protagonista.

Figura 9 - Equipe 04 (Personagem Noturno)



Fonte: Próprio autor (2019).

Um aspecto colocado pelos alunos foi a capacidade dele de criar hologramas, para disfarce. Lógico que a abordagem do holograma dada pelos alunos foi de uma aplicação técnica. Ele possui uma visão noturna, ou infravermelho, que é invisível para o ser humano, pois o espectro visível do ser humano seria do vermelho ao violeta. Com isso, o personagem teria a capacidade de enxergar frequências inferiores a que o olho



normal de um ser humano consegue captar. Essa abordagem conseguiu inserir a disciplina de ondulatória, que na sua parte inicial, foi abordada as características das ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Ao final da apresentação, os alunos foram questionados pelos presentes sobre as explicações do personagem, tendo como base a Física estudada em sala de aula.

Figura 10 - Equipe 05 (Personagem Demolidor)



Fonte: Próprio autor (2019).

Na Figura 10 está a apresentação da Equipe Demolidor. Durante a apresentação, os alunos mencionaram uma característica marcante desse personagem, que é o fato dele, mesmo sendo cego por causa de um grave acidente, poder estudar todo o espaço físico ao seu redor. Essa característica se baseia em ecolocalização, presente também em morcegos e golfinhos.

A ecolocalização é a emissão de um pulso sonoro que intercepta o alvo destino e volta, dando características do alvo em questão. Nesse caso, o personagem poderia captar ondas sonoras acima ou abaixo do que é captado por um ser humano normal, ou seja de 20 Hz até 20.000 Hz.

Essa abordagem foi uma aplicação do conteúdo de ondulatória, que os alunos estavam estudando naquela etapa. O fato de o protagonista utilizar uma espécie de bastão, que serve como arma para defesa e possui vários kits que podem ser usados durante a missão, também foi apresentado.

Figura 11 - Equipe 06 (Personagem Homem de Ferro)



Fonte: Próprio autor (2019).

Na Figura 11, consta a apresentação da Equipe Homem de Ferro. Durante cerca de 10 minutos, os alunos abordaram o uso da Inteligência Artificial, criada pelo personagem Jarvis, mencionando a forma como ele utiliza sua inteligência para suas criações. Essa abordagem foi a parte técnica que eles poderiam pesquisar.

Uma das abordagens dos alunos foi de que o Homem de Ferro, quando está em alta velocidade com seus jatos propulsores, consegue reduzir sua velocidade em poucos segundos e não sofrer danos, como se tivesse algum mecanismo de frenagem interna em sua roupa. De acordo com eles, esse fato contraria a Lei da Inércia.

Com isso, os alunos analisaram os efeitos causados de acordo com a 1ª Lei de Newton, a Inércia. A invenção de alguns artefatos explosivos e armaduras que se adaptam ao ambiente de combate também foi mencionada pelos alunos. Uma das cenas analisadas pelos alunos, foi a explicação do artefato que o protagonista cria no filme *Homem de Ferro*, que logo após ser lançado, ele executa um movimento de queda livre submetida a aceleração do campo gravitacional terrestre.

No filme *Os Vingadores, Guerra Infinita*, lançado em 2018, o personagem faz uso de nanotecnologias para melhorar seu traje em combate. Os alunos mencionaram esse fato da Física, explicando que o comportamento da matéria seria mais bem compreendido de acordo com a Mecânica Quântica.

Esse tópico também contempla as aplicações técnicas que eles poderiam pesquisar sobre o personagem. Como mencionado anteriormente, o conteúdo de Física Moderna não é contemplado no Ensino Médio. Por isso, as abordagens foram básicas, servindo de estímulos para os alunos procurarem pesquisas de seus personagens.

Figura 12-Simulação do game: Homem de Ferro X Noturno



Fonte: Próprio autor (2019).

Na Figura 11, está a apresentação final do trabalho, com a aplicação da peça de teatro. Os personagens escolhidos foram o Homem de Ferro e o Noturno, ambos da Marvel. Então, de acordo com a organização do projeto, tivemos dois personagens caracterizados, dois alunos simulando com o controle de um determinado console, no nosso caso foi o controle do Xbox 360 e uma quinta pessoa, o “Doutor do Tempo”.

Durante os golpes e a aparição do Doutor do Tempo, foi elaborada uma trilha sonora para chamar a atenção do público para a cena. O tema abordado na peça contou com o conteúdo de Cinemática escalar e das Leis de Newton.

Esse último tinha a capacidade de pausar o jogo e explicar a Física por trás de cada ação realizada. Importante observar que o enredo da apresentação foi entregue ao professor com uma semana de antecedência, para que fossem realizadas as correções de acordo com a Física estudada.

O enredo do jogo iniciou com duas alunas que acabavam de ter aula de Física e que chegavam em casa para jogar. Elas escolheram um determinado jogo, intitulado *Briga de Gigantes da Física*, no qual as duas jogadoras escolheram os personagens Homem de Ferro versus Noturno para simulação.

Nesse momento, uma das alunas afirmou que aquela aula de Física sobre Leis de Newton não foi muito bem assimilada por ela. A outra jogadora disse que esse conteúdo era simples, o que ela ainda tinha dificuldade era da parte de Cinemática Vetorial. Nesse momento, o jogo começa.

Então o Homem de Ferro inicia uma perseguição para encontrar o Noturno, e de repente o jogo é pausado. O Doutor do Tempo entra em cena e explica que o fato do Homem de Ferro está voando em perseguição ao oponente, ele não possui a força de reação normal aplicada a ele, mas somente a força peso. O Doutor do Tempo afirmou a aluna que tinha dificuldades em Leis de Newton, a força peso, que é uma força de campo é calculada pelo produto da massa da partícula e do campo gravitacional terrestre.

O Doutor do Tempo sai de cena e o combate continua. O Noturno tenta pegar do Homem de Ferro de surpresa, ficando fixo numa parede de um prédio, nesse momento o Doutor do Tempo pausa o jogo para explicar a aluna que tinha dúvida sobre Cinemática escalar. Se o personagem estiver a uma altura de 80 m do solo, no momento que ele cair estará submetida a aceleração gravitacional.

Se ele parte do repouso, e levando em consideração a aceleração terrestre de  $10 \text{ m/s}^2$ , arredondam o valor, uma vez que sabemos que a aceleração gravitacional terrestre depende da latitude, o personagem noturno chegaria ao solo com velocidade de 40 m/s. Essa explicação foi dada por mim uma semana antes, nas aulas de cálculo do campo gravitacional de um planeta.

E esse valor, desconsiderando a resistência do ar, não depende da massa do personagem. Logo em seguida o personagem Doutor do Tempo saiu de cena e continuaram a peça. Na aula seguinte, apliquei um questionário. O objetivo do questionário foi o grau de aceitação do projeto com os alunos. No meu caso, a nota referente à apresentação da Feira de Ciências e da simulação do game ficou como nota de atividade, que compõe a média final dos alunos na 3ª etapa letiva.

Na seção seguinte, darei detalhes da recepção desse trabalho com os alunos, bem como alguns comentários que eles fizeram no questionário. O modelo do questionário aplicado aos alunos consta no Apêndice A.

A partir da aplicação deste trabalho, foi desenvolvido por nós um guia para o professor utilizar em suas aulas. Alguns personagens que constam nesse guia servem de referência para o professor inserir na sua sistemática de aula. Fica a critério do professor utilizar os personagens que constam nesse guia, ou inserir outros de interesse relevante na sua metodologia de ensino. O modelo desse manual consta no Apêndice B.

## **5.2 Análise do Questionário aplicado em sala de aula**

Nessa seção, irei descrever os dados coletados por meio do questionário aplicado por mim na semana seguinte ao trabalho. Não trabalhamos com análises estatísticas, pois o projeto foi utilizado somente em uma turma de Ensino Médio Regular, no nosso caso, a turma da 1ª Série do Ensino Médio. Os valores servem apenas para que o leitor tenha uma visão de como foi a aceitação dos alunos sobre o projeto apresentado e dos comentários que foram mencionados pelos alunos.

Na ocasião, a quantidade de alunos presentes naquele dia da aula eram 40 alunos, o quantitativo da sala em dia normal seriam de 44. Nesse mesmo dia, dois alunos que realizaram o trabalho da simulação tiveram que sair mais cedo e dois que simularam os jogadores faltaram. O modelo do questionário consta no Apêndice desse trabalho.

Na primeira pergunta, a quantidade de alunos que afirmaram que gostaram foi de 35 alunos, ou 87,5%. A quantidade de alunos que não gostaram do trabalho com os quadrinhos foi de 2 alunos, ou 5% do total da sala. O total de alunos que achou o uso do projeto indiferente ao aprendizado de Física foram 3 alunos, ou 7,5% do total da sala. Ainda abordando essa primeira pergunta, alguns alunos colocaram como comentários: “criativo e descontraído”, “é uma maneira diferente de aprender em sala”, “ajudou a entender alguns assuntos de Mecânica”.

Na segunda pergunta, a quantidade de alunos que afirmaram foi importante usar o projeto foi de 34 alunos, ou 85% dos alunos da sala. A quantidade de alunos que afirmaram que não foi importante usar o projeto com a Física foram 3 alunos, ou 7,5%

da sala. A quantidade de alunos que afirmaram que o uso do projeto ou não, não interfere no aprendizado foram 3 alunos, ou 7,5% da sala. Alguns comentários retirados a partir do questionário foram: “ajudou a compreender o assunto de uma maneira atrativa”, “ajudou muito na parte da mecânica, especialmente em tratar o assunto de cinemática escalar”, “torna a aula mais dinâmica e facilita o aprendizado”.

Na terceira pergunta, a quantidade de alunos que afirmaram que o professor poderia utilizar o projeto, foram 33 alunos, ou 82,5%. A quantidade de alunos que não gostaria de utilizar esse projeto foram de 4 alunos, ou 10% da sala. Na última pergunta, 3 alunos ou 7,5% afirmaram que era indiferente a aplicação desse trabalho novamente. Somente um aluno comentou: “talvez em outras turmas, fundamental II, ou até mesmo em forma de palestra”.

Na quarta pergunta, a quantidade de alunos que afirmaram que sim, esse projeto ajudou a entender a matéria de Física foram de 34 alunos, ou 87,5% do total. A quantidade de alunos que responderam que não entenderam a matéria de Física por meio do trabalho foram 2 alunos, ou 5%. Agora, a quantidade de alunos que acharam que aprenderiam Física de qualquer forma foram de 4 alunos, ou 10% da turma. Alguns comentários dos alunos no questionário foram: “eu entendi o que pesquisei, principalmente o conteúdo de cinemática escalar com o estudo do movimento variado”, “fiquei bem curioso como poderia aprender Física por meio dos poderes deles”.

Na quinta pergunta, a quantidade de alunos que afirmaram que aprenderam algo que o professor não tinha mencionado em sala foram de 38 alunos, ou 95% do total. Apenas 2 alunos, ou 5% do total da sala afirmaram que não. Nesse caso, cabe uma observação, pois na apresentação do personagem Homem Formiga, três alunos comentaram que gostaram de pesquisar sobre resistência do ar, tópico esse que não foi abordado por mim, por não fazer parte do conteúdo do Ensino Médio.

Na sexta pergunta, 32 alunos ou 80% da sala gostaram da aplicação da equipe do Homem Formiga a apresentação. Lembrando que essa equipe abordou alguns pontos de curiosidades para eles, como aplicações tecnológicas e a menção, de forma básica sobre Mecânica Quântica e o filme do personagem. Os demais alunos da sala gostaram da apresentação da equipe Flash e suas aplicações básicas de Física Moderna.

Na última pergunta, os dados coletados indicaram cerca de 60% gostaram da explicação do Doutor do Tempo no momento de explicar a ação do personagem Noturno, que envolveu aplicações de Cinemática Escalar. Os demais 40% gostaram da explicação do Doutor do Tempo com o personagem Homem de Ferro.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade deste trabalho foi a de produzir uma ferramenta pedagógica para o Ensino de Física, mais precisamente de Mecânica. Partindo desse pressuposto, abordei algumas estratégias que estivessem próximas ao mundo de meus alunos. Com os anos de experiência em sala de aula, consegui verificar o grau de dificuldade, dentro do conteúdo de Mecânica, que era ofertada aos alunos.

Essa dificuldade, por conta do contato deles com a Mecânica, seja de forma mais superficial, no caso da Mecânica do Ensino Fundamental, estava associada à maior atenção destinada à aplicação matemática do assunto. Quando esse aluno chega ao Ensino Médio, ainda é submetido a cansativas fórmulas e quase nada de aplicação do fenômeno.

Com isso, constatei que o 9º Ano do Ensino Fundamental II chega ao Ensino Médio com aversão à Física. Os motivos são vários, mas o principal é que o professor não consegue dar um significado ao aprendizado da Física para o aluno. E quando esse aluno chega ao Ensino Médio, ele espera ainda mais a participação com o uso de fatores comuns à idade deles, como histórias em quadrinhos, e por que não envolver também o teatro? O público do Ensino Médio espera algo que esteja próximo de suas afinidades, seja uma abordagem diferente na matéria, seja algo que consiga torná-los protagonistas do modelo de ensino.

Com a aplicação do trabalho, planejado por 4 meses entre a organização e a aplicação por parte dos alunos do 1ª Série do Ensino Médio Regular, eles tiveram o papel de protagonistas da aprendizagem. Efetuaram pesquisas, efetuaram investigação dos conceitos físicos na abordagem das características dos personagens, que estivessem relacionadas com o que foi ministrado por mim em sala de aula. Saíram assim da posição de expectadores e tiveram um papel de protagonista no processo de ensino.

A abordagem seria concentrada nas características dos personagens relacionadas à Física, no caso específico a Mecânica, ou a áreas que pudessem ser tratadas de forma interdisciplinar, com relação à Mecânica. Então, a intenção seria de análise da Mecânica, suas características e áreas que fossem correlacionadas. Nesse sentido, elaboramos uma tabela (Tabela 01) em que colocamos os personagens de



quadrinhos nas linhas da tabela e os assuntos de física relacionados a cada personagem nas colunas marcadas com um X.

**Tabela 01.** Resumo da relação de personagens de quadrinhos e os assuntos de física associados a eles.

	Mecânica	Termodinâmica	Ótica	Ondulatória	Eletricidade e Magnetismo	Física Moderna
Homem Aranha	X	X	X	X	X	
Capitão América	X	X	X	X		
Homem de Ferro	X	X	X	X	X	X
Thor	X	X	X	X	X	
Homem Formiga	X	X	X	X	X	X
Dr. Estranho	X	X	X	X	X	X
Pantera Negra	X	X	X	X	X	X
Thanos	X	X	X	X	X	
Capitã Marvel	X	X	X	X	X	X
Flash	X	X	X	X	X	X
Batman	X	X	X	X		
Lanterna Verde	X	X	X	X	X	X
Mulher Maravilha	X	X	X			
Cyborg	X	X	X	X	X	X
Superman	X	X	X	X	X	X
Hulk	X	X	X	X	X	X

Fonte: Próprio autor (2019).

Mas, não limitei a pesquisa que eles poderiam fazer e que seria aplicada na Feira de Ciências, e nem a apresentação da simulação do combate, que seria uma encenação de teatro. Por isso, ao longo do trabalho, alguns abordaram conceitos básicos de Física Moderna, Interferência com aplicações de Hologramas, Mecânica

Quântica, que são matérias relacionadas à turma avançada do Ensino Médio, para algumas escolas.

Essa parte extra do currículo foi permitido para exemplificar as aplicações tecnológicas dos personagens. Isso certamente deu a motivação para que eles, os alunos, conseguissem ampliar as possibilidades da pesquisa e, com isso, o ensino.

Sabemos que, às vezes, essa tarefa é difícil de ser implementada pelo professor. Uma das causas mais comuns é a quantidade de alunos em sala, aliada à imensa quantidade de conteúdo a ser trabalhado durante a etapa. Assim, dependendo da escola, não existem momentos para elaborar uma aula diferenciada.

Então, lançando mão do universo dos quadrinhos e do uso de uma simulação de combate virtual com a ajuda do teatro, áreas totalmente diferentes da Física, consegui provocar um aprendizado nos meus alunos com essa vertente. No final, as duas abordagens propostas tiveram um papel no contexto da sala de aula: contextualizar o universo da Física, interligando-o aos quadrinhos e o teatro. Dessa forma, consegui criar uma metodologia de ensino que fosse de fácil aplicação para os alunos, pois os fatores estavam presentes no seu cotidiano.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. (org.). Física: um curso universitário. 2. ed. atual. São Paulo: Bluncher, 2014. 507 p. v. 1. ISBN 9788521208310.

APOSTOL, TOM M. (coord.). Cálculo II. 2. ed. atual. BARCELONA: REVERTÉ, 2017. 751 p. v. 2. ISBN 9788429150148.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. (1980). Psicologia educacional. Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução para português, de Eva Nick et al., da segunda edição de Educational psychology: a cognitive view.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950-1980. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, nº 12, p. 1970-83, dez. 1986.

CARVALHO, D. A educação está no gibi. Campinas: Papyrus, 2006.

CAMPOS, M. C d; NIGRO. R. G. *Didática de Ciências: o ensino aprendizagem como investigação*. São Paulo. FTD, 1999.

GONZAGA, Luiziana A. *et al.* A Física dos super-heróis de quadrinhos (HQ). *In*: CADERNO DE FÍSICA DA UEFS, 12, 2014, São Paulo: [s. n.], 2014.

LEMOS, Nivaldo A. Mecânica Analítica. 2. ed. rev. São Paulo: Livraria da Física, 2007. 372 p. v. 1. ISBN 8588325241.

PCN+ FÍSICA Disponível em

<[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)(PCN+FÍSICA)> acesso em 17.jul.2019

PELIZZARI, Adriana *et al.* Teoria da Aprendizagem significativa segundo Ausubel Rev. PEC. *In*: REV. PEC, 2001-2002, Curitiba. Teoria da Aprendizagem significativa segundo Ausubel Rev. [...]. Curitiba: [s. n.], 2001.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, JR, John W. Princípios de Física. Tradução: EZ2 Translate. 5. ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2017. 404 p. v. 1. ISBN 978852211636-2.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, JR, John W. Princípios de Física. Tradução: EZ2 Translate. 5. ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2017. 404 p. v. 230. ISBN 978852211637-9.

TAYLOR, John R. Mecânica Clássica. Tradução: Waldir Leite Roque. 2. ed. rev. Porto Alegre: Bookman, 2013. 790 p. v. 1. ISBN 978858260087-0.

ZÔMPERO, Andrea de F. Aprendizagem significativa a atividades de investigação no ensino de ciências: aproximações possíveis . 2014, Londrina: [s. n.]

## APÊNDICES

## APÊNDICE A.1

## MODELO DE QUESTIONÁRIO

**A Utilização de Personagens de Quadrinhos no Ensino de Física Questionário**

1. Qual é a sua opinião sobre o uso do projeto de quadrinhos?

**(A)** Gostei **(B)** Não gostei **(C)** Indiferente

Comentários:

---

---

---

---

2. Você acha que foi importante usar esse projeto na aula de física?

**(A)** Sim **(B)** Não **(C)** Indiferente

Comentários:

---

---

---

---

3. Na sua opinião, seria útil o professor usar novamente o projeto em uma outra aula de física?

**(A)** Sim **(B)** Não **(C)** Indiferente

Comentários:

---

---

---

---

4. Esse projeto ajudou você entender a matéria de física?

**(A)** Sim **(B)** Não **(C)** Indiferente

Comentários:

---

---

---

---

5. Descobriu algo que o professor não havia comentado em sala de aula e que você achou interessante?

**(A)** Sim **(B)** Não **(C)** Indiferente

Comentários:

---

---

---

---

6. De posse das apresentações dos personagens, escolha um protagonista e comente alguma aplicação na realidade com algumas das características evidenciadas no trabalho.

---

---

---

7. Da simulação do game ao final do trabalho, comente algumas características físicas abordadas pelo “Doutor do Tempo”, nas vezes em que ele pausava a simulação.

---

---

---

---

## APÊNDICE A.2

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL:**  
**O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO PERSONAGENS DE QUADRINHOS COM O**  
**USO DE APRESENTAÇÃO CÊNICA**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

**FORTALEZA**  
**2019**





Fonte: <<https://splashpages.wordpress.com/2013/7/1/a-historia-em-quadrinhos-de-super-herois-definitiva/>>Acesso em: 18 abr. 2019.

**PROPOSTA DIDÁTICA:  
O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO PERSONAGENS DE QUADRINHOS COM O  
USO DE APRESENTAÇÃO CÊNICA**

**AUTOR: THIAGO CÂMARA DE FREITAS**

**FORTALEZA  
2019**

**PRODUTO EDUCACIONAL**  
**MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR**

**SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	03
<b>2 SUGESTÃO METODOLÓGICA</b> .....	05
<b>2.1 Sugestões da organização das equipes e quantitativo de integrantes</b>	05
<b>2.2 Organização da simulação do game (teatro): personagens dos HQs X</b> <b>a Física estudada em sala</b> .....	06
<b>3 PERSONAGENS COM SUAS CARACTERÍSTICAS QUE PODEM SER</b> <b>TRABALHADOS DENTRO DA FÍSICA</b> .....	08
<b>3.1 Homem-Aranha</b> .....	08
<b>3.2 Capitão América</b> .....	15
<b>3.3 Homem de Ferro</b> .....	17
<b>3.4 Thor</b> .....	27
<b>3.5 Doutor Estranho</b> .....	29
<b>3.6 Hulk</b> .....	31
<b>3.7 Homem Formiga</b> .....	32
<b>3.8 Capitã Marvel</b> .....	34
<b>3.9 Pantera Negra</b> .....	42
<b>3.10 Thanos</b> .....	44
<b>3.11 Flash</b> .....	45
<b>3.12 Batman</b> .....	47
<b>3.13 Cyborg</b> .....	49
<b>3.14 Lanterna Verde</b> .....	51
<b>3.15 Superman</b> .....	53
<b>3.16 Mulher Maravilha</b> .....	55
<b>4 SUGESTÃO DE ROTEIRO CÊNICO</b> .....	56
<b>5 SUGESTÕES DE AVALIAÇÕES</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

O material apresentado é o resultado de um trabalho pedagógico desenvolvido ao longo de 2 anos de curso e consiste no Produto Educacional elaborado para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal do Ceará Polo 43 (UFC). A ideia do trabalho partiu da confecção de um Manual de Sugestões para trabalhar as características dos personagens dos quadrinhos com o uso do teatro.

Dessa forma, criando uma Feira de Ciências, com a implementação de uma encenação teatral para simular um combate entre os personagens. Tornando o aluno um protagonista da relação Ensino-Aprendizagem tão importante e necessária para os padrões atuais de ensino.

O trabalho foi realizado em dois momentos distintos, com duas turmas de ensino diferentes, uma da primeira série; e outra, da segunda série do Ensino Médio. Nas duas aplicações, os alunos tiveram um engajamento e entusiasmo que superaram a minha expectativa inicial. A ideia inicial do Manual era trabalhar os aspectos da Mecânica estudada em sala de aula.

Essa resposta positiva dos alunos motivou a organizar e confeccionar este Manual que pode ser um recurso útil para o professor que necessite de uma ferramenta motivadora para o ensino de Física. O presente Produto Educacional foi pensado para os professores de Física do Ensino Fundamental II e Ensino Médio.

É importante destacar que o produto pode ser implementado por qualquer professor de Física, seja professor da rede particular de ensino, seja professor da rede municipal ou estadual. Em cidades que possuem escolas de tempo integral, seria interessante utilizar essa ideia nas disciplinas eletivas, de acordo com o currículo de cada estabelecimento de ensino. Com essa sistemática o professor poderia organizar ao longo do ano letivo mais de uma apresentação da simulação do game para compor a nota daquela etapa específica.

Na primeira vez que apliquei essa ferramenta de ensino numa sala de aula, uma das equipes, no momento da apresentação, além das características físicas, químicas e biológicas do Personagem Mulher Maravilha, além de abordar os aspectos

de ondulatória com o uso de seu chicote da verdade, fizeram uma explanação sobre a Cultura Clássica do Período da Grécia Antiga. Apesar de o trabalho ser de Física, os alunos que se intitulavam das Ciências Humanas romperam com a barreira disciplinar e incluíram características mitológicas, inerentes à disciplina de História.

Com a segunda aplicação, do ano seguinte, duas equipes do primeiro ano do Ensino Médio deram uma apresentação digna do talento deles. Uma das equipes, que escolheu o personagem Homem Formiga, mencionou aspectos de queda livre e lançamento vertical com a miniaturização do personagem, como mencionou aspectos do filme do protagonista de aspectos de Mecânica Quântica com as ações do primeiro filme. Essa abordagem contemplou a parte técnica que eles poderiam pesquisar.

A segunda equipe, que escolheu o protagonista Noturno, mencionou além do aspecto físico do personagem, como conceitos de Ondas, aplicações técnicas sobre a utilização de hologramas e viagens entre distâncias astronômicas, utilizando o conceito de teletransporte. Lógico que de forma muito simples, utilizando esses tópicos para exemplificar a Física que foi permitida por mim nas aplicações.

Sabemos como a aprendizagem de física, às vezes, é tão cheia de dificuldades por parte dos alunos que não conseguem ter uma conexão do conteúdo de sala de aula com uma aplicação cotidiana. É fato que os discentes não conseguem verificar em sala de aula uma forma para que suas características, seus conhecimentos prévios e suas aptidões possam interferir de forma positiva na ação implementada apenas pelo professor. Nesse sentido, tentei inserir o protagonismo do aluno em sala de aula com o universo dos quadrinhos e os jogos virtuais.

O Manual é composto da seguinte sequência que pode ser implementado pelo professor. O Capítulo I consta a introdução desse trabalho. No Capítulo II é apresentado um guia descritivo dos procedimentos realizados ao longo da Feira de Ciências e da criação da simulação do game. Nessa etapa constam as sugestões de organização e de realização do trabalho, tanto da feira de personagens quanto da simulação do game, por meio de uma peça de teatro. As atribuições de cada personagem da simulação do game estão descritas nesse capítulo.

No Capítulo III, o docente irá encontrar alguns personagens, dentro do Universo dos HQs como os assuntos que podem ser abordados de acordo com a Física.

Consta um breve texto dos poderes e habilidades dos personagens e as ligações com a Física que pode ser trabalhada em sala. Esse tópico é um referencial para a elaboração da simulação do game. Para facilitar o trabalho do professor que quiser utilizar a metodologia deste trabalho, inserimos também uma Tabela com o resumo das características físicas relacionadas aos personagens.

No capítulo IV, está um guia de como o professor pode orientar seus alunos para a confecção do enredo que será apresentado na simulação do game. Essa etapa precisa ser orientada para que o momento da simulação do game seja de aprendizado.

E finalmente no Capítulo V, está um guia de sugestões de avaliação do trabalho para os alunos.

## **2 SUGESTÃO METODOLÓGICA**

Vamos agora explicar como foi a metodologia usada na aplicação dessa atividade pedagógica. Basicamente, a sala foi dividida em equipes, para que cada equipe tivesse a liberdade de escolher um personagem do universo dos quadrinhos. Cada equipe deveria relacionar as características do personagem com a física abordada em sala de aula que foram apresentadas à turma por meio de recursos multimídia.

Ao final da apresentação da feira de ciências, dois personagens, sorteados, participaram de uma encenação teatral, composta por 5 pessoas. Dois alunos, devidamente caracterizados com os personagens escolhidos para a peça. Dois alunos seriam os jogadores, com seus respectivos controles de um determinado console. E o quinto integrante da peça, o “Doutor do Tempo”, que seria o intermediador entre os golpes dos personagens e a explicação física. Ele teria o poder de pausar o jogo e interagir com os jogadores da ação. Um ponto importante ao professor. No meu caso, eu apliquei a Feira de Ciências antes da simulação. O professor, dentro de seu planejamento, pode inverter essa sequência, ou seja, pode realizar a simulação antes da realização dessa Feira de Ciências, pois são eventos independentes.

### **2.1 Sugestões da organização das equipes e quantitativo de integrantes**

Essa é a etapa que o professor deve deixar que cada aluno, dentro de suas afinidades, divida-se em equipes para a escolha dos personagens. Como um trabalho de base científica e de encenação teatral, essa divisão deve ter uma margem entre o início, com a escolha dos personagens, e a aplicação do trabalho. É conveniente que o professor deixe de dois a quatro meses para organização.

Dentro da organização do trabalho, é fato deixar a informação de que cada equipe, tendo cinco componentes, realize todas as pesquisas relacionadas aos personagens em questão, dentro das características físicas, principalmente, mas também tendo uma hipótese de fazer uma abordagem multidisciplinar. Nesse sentido, eles poderiam abordar as características químicas e biológicas dos possíveis protagonistas.

A pesquisa relacionada à Física deve ser o assunto abordado em sala de aula pelo professor, como as possíveis aplicações tecnológicas baseadas nas séries ou do Universo das Histórias em Quadrinhos. A nota atribuída nessa etapa do trabalho estará baseada na criatividade e maneira dada na condução do trabalho.

Seria interessante que o professor separasse duas aulas para a apresentação das equipes, deixando, inclusive, a liberdade de apresentação com recursos multimídia e caracterização, caso fosse necessário. A nota atribuída nessa etapa de apresentação, seria de acordo com as conexões entre a Física abordada e a interdisciplinaridade dos assuntos da apresentação de cada personagem.

## **2.2 Organização da simulação do game (teatro): personagens dos HQs X a Física estudada em sala**

Finalizada a 1ª Etapa do trabalho desenvolvido com a análise da Física e áreas relacionadas, a segunda parte do trabalho é de interação dos personagens com a matéria, desenvolvida pelos próprios alunos. Com o uso da caracterização dos personagens na apresentação e na idealização de uma história para ser abordada com os conhecimentos da matéria. O objetivo é fazer com que o aluno tenha uma visão da Física ligada a várias áreas do conhecimento, numa perspectiva multidisciplinar.

Essa é a fase de implementar uma simulação de game entre dois personagens, uma espécie de encenação teatral, em que os alunos podem usar a imaginação para simular um episódio do jogo: A Física de sala de aula X Os Poderes dos personagens dos quadrinhos. Por uma finalidade didática, introduzimos um quinto personagem, que teria o poder de pausar o jogo e explicar a Física abordada.

O grupo escolheria dois personagens, dentro de que foi analisado na primeira etapa do trabalho para realizar a simulação, com a caracterização própria de cada personagem. Dois alunos seriam escolhidos para simular a partida entre os dois personagens, utilizando uma espécie de controle, em que eles poderiam interagir dentro da simulação para dar mais realidade a apresentação.

O quinto personagem, o chamado Doutor do Tempo, ou outra denominação que os próprios alunos poderiam dar a esse protagonista, que aparece durante tal partida a qualquer instante e consegue interagir com os personagens como também com os tais jogadores. Inclusive ele tem o “poder” de pausar o jogo, interromper da maneira mais criativa possível e explicar os conceitos físicos de cada golpe ou ação realizada durante o tempo da partida. Quando apliquei a peça, o tempo estimado de toda a encenação teatral foi de cinco minutos, pois preferi dar mais tempo para a apresentação dos personagens na primeira etapa.

O professor dentro de sua sistemática de aula poderá dar margem para um tempo prolongado de tal simulação, como também aumentar o número de tais simulações para a apresentação. O professor avaliará o uso da física aprendida em sala, com a criatividade da simulação, que nada mais é do que uma peça de teatro.

Cabe aqui dar uma sugestão ao professor, o público que vai assistir a essa simulação de game, deve ter a impressão de complementar o aprendizado do trabalho com o jogo. É útil sugerir que essa apresentação, caso possível, seja feita em um amplo lugar da escola, como na quadra de esporte, ou no auditório para que a imaginação e a criatividade de tais alunos sejam lapidadas com o trabalho.

Outra sugestão ao professor é uma análise do enredo que cada personagem vai trabalhar na apresentação. Com isso, cada personagem escolhido na peça deverá entregar o roteiro que será apresentado para o professor para que ele faça uma leitura prévia e aprove ou sugira adaptações ao que será encenado no dia. Esse enredo deverá

ser entregue em formato padronizado pelo professor, inclusive com correções de acordo com a gramática normativa.

Uma sugestão ao professor que esse enredo deve ser pensado no cotidiano do discente, suas dificuldades, tanto em sala de aula, como em entender a matéria, quando chega em casa. A simulação tenha os aspectos relacionados diretamente com a matéria estudada em sala.

Um exemplo seria, dois alunos que acabam de chegar em casa, depois da aula de Física, de um determinado tópico visto em sala de aula. Esses alunos começam um determinado jogo online, de repente um personagem aparece no jogo e explica a partir de um determinado golpe a matéria vista naquele dia na escola.



### 3 PERSONAGENS COM SUAS CARACTERÍSTICAS QUE PODEM SER TRABALHADOS DENTRO DA FÍSICA

#### 3.1 Homem-Aranha

**Figura 1 - O Homem-Aranha**



Fonte: <<http://www.pintarcolorir.com.br/desenhos-do-homem-aranha-para-colorir/>> Acesso em: 14 abr. 2019.

Um dos poderes do personagem é a capacidade de se deslocar pelas paredes. O professor poderia utilizar desse tópico para enfatizar, nas aulas sobre Leis de Newton e a explicação sobre forças de contato e forças de campo, como se caracterizam a força peso e a normal em um corpo.

Diferente de quando o objeto está numa superfície horizontal, que a força normal e o peso possuem mesma direção, porém sentidos diferentes. Com essa abordagem, o professor pode trabalhar a sistemática que podemos caracterizar a força normal e a força peso.

A outra característica também importante a se trabalhar com a Física seriam as teias que ele lança para se deslocar. Além de poder abordar a Dinâmica, força de tração que aquela teia pode suportar, o próprio movimento do personagem pode ser abordado com o uso do movimento periódico.

### 3.2 Capitão América

**Figura 2-** Capitão América



Fonte: <<http://universoanimanga.blogspot.com/2015/3/marvel-comics-capitao-america-steve.html>> Acesso em: 16 mar. 2019

A principal característica do personagem é a utilização de seu escudo, confeccionado de um material exótico do universo Marvel. Poderíamos trabalhar alguns tópicos de Leis de Newton e suas aplicações. Por exemplo, no momento que o personagem utiliza seu escudo para proteger de projeteis, o professor poderia abordar o assunto de impulso e momento linear, e conservação do momento linear.

Ainda nessa vertente, quais as características que deixam evidentes do tipo de colisão provocado pelo escudo, seja no momento que ele arremessa, acerta alguns inimigos e retorna para o personagem. Quando ele utiliza o artefato para se proteger de tiros. O professor poderia abordar os assuntos de colisão elástica, parcialmente elástica e inelástica.

Logo após a análise da conservação do momento linear e do impulso, o professor poderia utilizar do assunto de energia mecânica, sua conservação e formas de converter energia cinética (no momento que o personagem arremessa o escudo) em energia potencial elástica (quando o escudo acerta um determinado alvo). Logico que ainda teríamos que analisar o tipo de colisão e suas características de conservação.

### 3.3 Homem de Ferro

**Figura 3-** Homem de Ferro



Fonte: <<https://www.elo7.com.br/painel-homem-de-ferro-banner-festa-ironman/dp/B9E91D>> Acesso em: 16 mar. 2019.

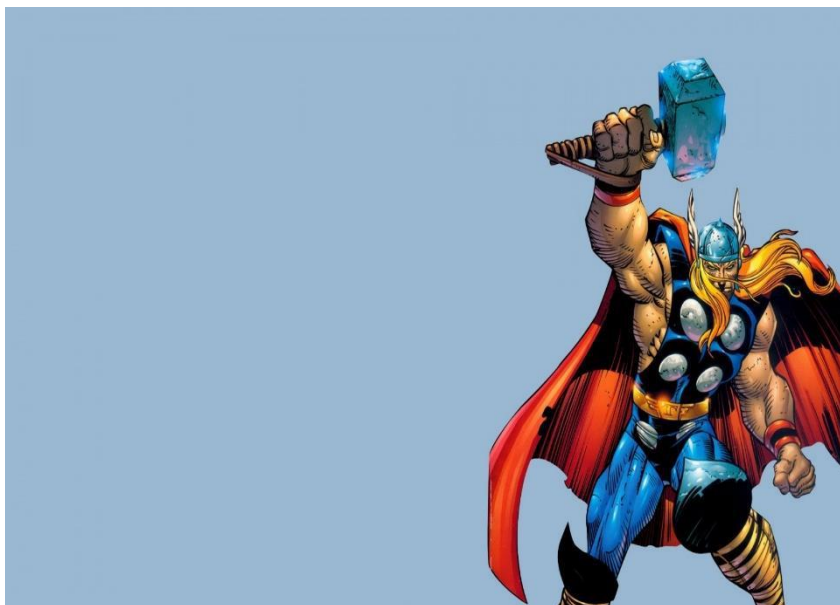
A principal característica de poderes e habilidades que o personagem possui é restringido à sua armadura. Partindo dessa sistemática, o docente poderia abordar o fato de o personagem utilizar de sistema de propulsão para se deslocar. Nesse caso, na 3ª Lei de Newton, Ação e Reação, o personagem deve possuir algum tipo de força que exerça a ação de deslocamento na vertical.

No momento que o personagem precisa diminuir sua velocidade, havendo nesse caso um movimento variado, ele deve estar submetido a ação de alguma força. Nesse caso, como se daria a explicação do personagem não se desprender de sua armadura, aparecendo a 1ª lei de Newton, Inércia.

Na ocasião que o personagem precisa avaliar o local que ele se encontra, ele utiliza um sistema de sonar, muito parecido com o encontrado em alguns animais. O professor pode trabalhar com esse tópico, o estudo dos fenômenos sonoros, ou até mesmo o emprego do sonar no estudo das ondas sonoras, que precisam de um meio material para se propagar.

### 3.4 Thor

**Figura 4 - Thor**



Fonte: <<https://wallhere.com/pt/wallpaper/97026>> Acesso em: 16 mar. 2019

Uma das características do personagem é o uso de seu martelo, denominado de Miljonir. Sua origem, segundo a Marvel, foi de uma estrela de nêutrons, corpos celestes que apresentam grande densidade. O professor poderia utilizar o martelo e sua característica de densidade quando estiver estudando com seus alunos a disciplina de Hidrostática. Nesse caso, sempre começamos com a análise de densidade e pressão de um corpo. Densidade no sentido de organização molecular de um corpo, sua estrutura a nível atômico.

Ainda com relação ao martelo, quando o personagem utiliza, existe um efeito de trovão e raio durante as cenas. Nessa ocasião, o professor poderia utilizar dessas características com a disciplina de ondulatória, quando mencionamos os tipos de ondas, mecânicas ou eletromagnéticas. Ou até mesmo em falar de quebra da rigidez do isolamento do ar do local.

O personagem sempre utiliza o martelo para se deslocar, formando assim um exemplo simples de aplicação da 3ª Lei de Newton, ação e reação. Nesse caso, o

personagem realiza a ação, e ao mesmo tempo sofre a reação, então, poderíamos abordar o fato dele simplesmente se deslocar, para qualquer local.

### 3.5 Doutor Estranho

**Figura 5 - Doutor Estranho**



Fonte: <<http://kyzuka.com.br/2015/08/mads-mikkelsen-pode-ser-vilao-em-doutor-estranho/>> Acesso em: 14 abr. 2019.

O personagem Doutor Estranho possui algumas propriedades que podemos analisar com os alunos. Uma delas seria a capacidade que o personagem tem de deslocamento na vertical. Talvez muitos personagens que conhecemos possuem essa capacidade. Poderíamos utilizar dessa propriedade para trabalhar a 1ª Lei de Newton, a inércia.

Ainda sobre a capacidade de levitação, poderíamos abordar as propriedades de queda livre ou de lançamento vertical. A conservação da energia e suas relações de conversão de energia cinética e potencial poderiam ser utilizadas.

A mais conhecida arma do personagem é a sua capa de levitação. Poderíamos iniciar a aula com uma abordagem do objeto que consegue se manter levitando no espaço. Poderíamos abordar o cálculo da força peso. A relação que a força peso poderia ser calculada, independente do caminho tracejado.

### 3.6 Hulk

Figura 6 - Hulk



Fonte: <https://vignette.wikia.nocookie.net/theunitedorganizationtoonsheroes/images/d/d5/Hulk.png/revision/latest?cb=20160422080420> Acesso em: 14 abr. 2019.

Um dos personagens mais fortes do mundo Marvel. Sua força seria capaz de vencer quase todos os personagens da Marvel. O professor poderia abordar o personagem com as características presentes da agente força (mudança de velocidade, equilíbrio e deformação).

A incapacidade de um ser humano sobreviver na presença do vácuo poderia ser analisada pelo professor, quando falamos de pressão e temperatura, matérias comuns a disciplina de gases ideais.

E por fim, quais as características das radiações presentes na natureza. Essa abordagem é presente na disciplina de radioatividade, comuns a disciplina de Química e de Física Moderna. O docente poderia analisar as reações de decaimento radioativo com o surgimento do personagem, Hulk. Em que forma a radiação consegue manipular o gene de um ser humano. Os tipos de radiações e suas características poderiam ser trabalhadas em sala.

### 3.7 Homem Formiga

**Figura 7- Homem Formiga**



Fonte: <<https://www.marvel616.com/2013/11/filme-do-homem-formiga-toma-forma.html>> Acesso em: 14 abr. 2019.

O personagem tem como característica básica o poder de encolhimento. Nesse ponto, poderíamos trabalhar o assunto de densidade e pressão, presentes na parte de Hidrostática. A forma de como o personagem consegue manipular seu tamanho, variando no seu volume e área corporal, poderiam ser uma boa partida para essa disciplina.

Ainda com relação ao encolhimento, poderíamos abordar o fato de o personagem efetuar um movimento de queda livre, partindo de uma altura igual ao do personagem. Nesse caso, poderíamos abordar o comportamento de um corpo em queda livre, submetido a aceleração gravitacional terrestre.

O personagem possui o poder, por meio de seu capacete, de se comunicar com insetos. Nesse caso, o aparato do personagem trabalha com frequências que o ser humano não consegue captar. Uma iniciação a se fazer no estudo da Acústica. Poderíamos trabalhar com a altura, propriedade que trabalha com a frequência do som emitido.

### 3.8 Capitã Marvel

**Figura 8 - Capitã Marvel**



Fonte: <<https://minasnerds.com.br/2019/02/28/guia-para-ler-capita-marvel/>> Acesso em: 12 abr. 2019

A personagem, Capitã Marvel, possui habilidades que podem ser trabalhadas por grande parte da Mecânica. Uma dela é a capacidade da personagem de absorver energia. Essa habilidade está relacionada ao conteúdo de conservação da energia mecânica. Abordagem de como se faz a conservação dessa energia, como se dá a conversão de cinética em potencial.

Logico que nada impede que o professor analisar esse fato por meio do conteúdo de Eletrodinâmica, em geradores elétricos. Esse fato pode ser uma das aplicações do conteúdo de energia mecânica.

A outra habilidade da personagem é a sua grande capacidade de rapidez. Ela pode romper a barreira do som, nesse caso, o professor pode utilizar desse artifício para trabalhar com efeito de estrondo sônico. O efeito Doppler poderia ser utilizado, nesse caso como exemplo. Quando uma fonte se desloca com velocidade acima a da velocidade do som naquele meio, o efeito Doppler não é verificado.



### 3.9 Pantera Negra

**Figura 32 - Pantera Negra**



Fonte: <<https://www.b9.com.br/84556/pre-venda-de-pantera-negra-e-a-maior-da-historia-da-marvel/>>  
Acesso em: 17 mar. 2019.

O personagem possui grandes habilidades por conta de seu traje único. Em parte, é muito semelhante ao personagem Homem de Ferro. Ele detém o poder de recarga de energia, enquanto se desloca. Nesse caso, poderíamos utilizar os conceitos de energia cinética, energia relacionada ao movimento.

O seu traje possui uma característica peculiar, que consegue ser a prova de balas. Poderíamos trabalhar os conceitos de momento linear e impulso. Abordagem com colisões, tipos de colisões e coeficiente de restituição poderiam ser analisado a partir da característica do uniforme.

O seu capacete possui um conjunto de lentes especiais. O professor no momento da análise do estudo da Óptica, por exemplo, ao estudar as lentes convergentes e divergentes, poderia trabalhar a sistemática de aplicação com o uso do capacete do personagem.

### 3.10 Thanos

Figura 33 - Thanos



Fonte: <<https://jovemnerd.com.br/nerdbunker/josh-brolin-posta-imagem-do-thanos-mas-nao-e-versao-de-vingadores-guerra-infinita/>> Acesso em: 17 mar. 2019.

Um dos personagens mais conhecidos da Marvel. Detém poderes além da nossa imaginação e habilidades também. O leque de possibilidades vai a quase toda a Mecânica Clássica. Um dos exemplos é a manipulação do tempo, quando está usando a Manopla do infinito. Nesse caso, quando iniciamos o estudo da Mecânica com os alunos, sempre nos deparamos com a definição de tempo. Como medir, instrumentos de medição criados pelo homem e unidades de medição.

Outra abordagem é a capacidade de absorver energia e utilizar como instrumentos de combate. Abordagem com o conteúdo de energia mecânica, conservação da energia mecânica seria outra possibilidade de trabalho em sala de aula.

Capacidade de adaptar-se a qualquer planeta e a sua gravidade, seria um ponto de partida para a análise do cálculo da força peso e como o personagem se adapta a gravidade de um planeta. Nesse caso, estaríamos trabalhando com o conteúdo de Gravitação Universal, com o cálculo do campo gravitacional de um determinado planeta.

### 3.11 Flash

Figura 11 - Flash



Fonte: <<https://retalhoclub.com.br/quadrinho/flash-seguindo-em-frente-coloca-o-heroi-no-patamar-que-merece/>> Acesso em: 17 mar. 2019.

Uma das habilidades mais conhecidas do personagem é de sua capacidade de grandes velocidades. O fato de o personagem romper facilmente a barreira do som, as consequências oriundas ao protagonista e as pessoas que iriam ser resgatadas. Ponto de partida a disciplina de ondulatória e fenômenos ondulatórios.

Uma outra possibilidade é a característica que o personagem tem de vibrar e passar por paredes ou outros objetos. Na vibração, que é a quantidade de vezes que o personagem repete um movimento, ao longo do tempo denominamos de frequência. Começamos o estudo da frequência pelo Movimento Circular.

Ao conteúdo de Leis de Newton, quando o personagem se refere a uma região fictícia que protege seu movimento do atrito. Essa região é denominada de “Força de aceleração”, fazendo uma ligação entre a força aplicada e a aceleração envolvida. Nesse caso, poderíamos fazer uma ligação com a 2ª Lei de Newton, ou Princípio Fundamental da Dinâmica.

### 3.12 Batman

Figura 12 - Batman



Fonte: <<https://www.elo7.com.br/painel-batman-g-frete-gratis/dp/696997>> Acesso em: 17 mar. 2019.

As habilidades do personagem estão localizadas em seu traje. Ele possui equipamentos que proporcionam grandes aplicações na Mecânica. Uma delas é o aparato que possui para escalar grandes prédios e pontes. É uma espécie de lançado de cordas, que pode ser explorado no conteúdo de Movimento variado e em lançamento vertical.

Seu traje, feito de uma liga especial, protege o herói de disparos dos seus inimigos. Poderíamos analisar o estudo da conservação do momento linear e as colisões que poderiam ocorrer. A conservação da energia mecânica, nos saltos do personagem entre os prédios poderiam ser analisadas em sala de aula.

Por fim, sua capa. Ele a utiliza para planar, para efetuar um deslocamento mais rápido para interceptar o inimigo. Poderíamos trabalhar as leis de Newton e as decomposições das forças aplicadas a sua capa.

### 3.13 Cyborg

Figura 13–Cyborg



Fonte: <<https://comoeslavaina.com/poderes-de-cyborg/>> Acesso em: 17 mar. 2019.

O personagem possui habilidades únicas que podem ser abordadas pelo professor em sala de aula. Uma delas é que o protagonista utiliza de um sistema de propulsão para se deslocar. Então, no conteúdo de Lançamento Vertical, poderíamos abordar a velocidade do personagem em um determinado momento.

Com o uso desse jato propulsor, poderíamos abordar a 3ª Lei de Newton, ação e reação. Ele possui grande resistência a golpes de energia de seus adversários. Poderíamos analisar o efeito dessa resistência pelo fato de o traje permitir uma absorção dessa energia, ou até mesmo realizar nos golpes energéticos uma espécie de colisão elástica.

Ao professor da 3ª Série do Ensino Médio, poderíamos abordar o fato do traje ser cibernético para analisar as características dos circuitos elétricos. Se o personagem absorve energia, ele poderia ser considerado um gerador.

### 3.14 Lanterna Verde

Figura 37 - Lanterna Verde



Fonte: <<http://papelarrozkantinhodobolo.com.br/produto/lanterna-verde-01/>> Acesso em: 17 mar. 2019.

O personagem pode materializar energia para exercer seus golpes. É certamente o personagem mais icônico dos quadrinhos. Por meio de seu pensamento, ele materializa energia e resolve um determinado problema. No conteúdo de energia mecânica e sua conservação, o professor pode analisar esse fato curioso.

Ele possui um controle de sua temperatura corporal, fazendo com que o personagem pode estar em qualquer local. Nos estudos iniciais da disciplina de Termologia, o professor poderia analisar esse efeito para iniciar o estudo da energia das partículas em movimento de um determinado corpo.

Ao professor da 2ª Série do Ensino Médio, no momento inicial do estudo de refração, o personagem Lanterna Verde pode ficar invisível. Poderíamos analisar esse fato por meio do estudo do índice de refração do meio, que mede o quanto a velocidade da luz no vácuo é maior do que a do meio considerado. Nesse caso, o personagem consegue igualar o seu índice de refração com o do meio localizado.

### 3.15 Superman

Figura 15 -Superman



Fonte: <<http://laranjacast.com.br/os-10-melhores-desenhistas-do-superman/>> Acesso em: 17 mar. 2019.

Um dos personagens mais fortes do mundo dos quadrinhos. Originado de um planeta chamado, Krypton, ele possui poderes que são amplificados por conta do Sol. Mas, algumas habilidades poderiam ser trabalhadas em sala de aula com a Mecânica.

Um exemplo seria como o personagem, sem nenhum sistema de propulsão, consegue manter um movimento variado, contrariando assim a 1ª Lei de Newton, inércia. Ele consegue parar trens, salvar pessoas caindo de prédios com essa habilidade, sem ter nenhum sistema de propulsão que explique.

Ele consegue ter uma visão de calor, matéria iniciada com os alunos ainda no Ensino Fundamental II. O professor poderia abordar com os alunos qual sistema de iniciação desse calor, se existe mudança de temperatura entre o sistema e a retina do personagem, poderia abordar até uma exemplificação com uma espécie de máquina térmica, que o aluno estuda ao fim do conteúdo de Termodinâmica.

### 3.16 Mulher Maravilha

**Figura 16-** Mulher Maravilha



Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mulher-Maravilha>> Acesso em: 18 mar. 2019;

A personagem, apesar de ser mitológica, possui habilidades que se encontram ao longo de seu traje. Um dos golpes da heroína é o uso de seu chicote da verdade. O professor poderia utilizar um exemplo da resistência desse chicote ao trabalhar as Leis de Newton e a aplicação da força de tração, sua resistência mecânica (rigidez do material) fazendo uma ligação com a força elástica.

Ao utilizar o chicote, a Mulher Maravilha produz um estalo, fenômeno ondulatório muito estudado pelos alunos. Para produzir esse efeito é necessária uma força produzida de forma intensa. Ao produzir esse estalo, a ponta do chicote se desloca com velocidade acima da velocidade do som, produzindo o estampido.

O seu escudo, que consegue suportar grandes golpes de seus adversários, consegue absorver uma quantidade dessa energia do impacto, relação direta com o estudo das colisões e conservação do momento linear e da energia mecânica.



Para concluir esse Capítulo, elaboramos uma tabela (Tabela 01) em que colocamos os personagens de quadrinhos nas linhas da tabela e os assuntos de física relacionados a cada personagem nas colunas marcadas com um X.

**Tabela 01.** Resumo da relação de personagens de quadrinhos e os assuntos de física associados a eles.

	Mecânica	Termodinâmica	Ótica	Ondulatória	Eletricidade e Magnetismo	Física Moderna
Homem Aranha	X	X	X	X	X	
Capitão América	X	X	X	X		
Homem de Ferro	X	X	X	X	X	X
Thor	X	X	X	X	X	
Homem Formiga	X	X	X	X	X	X
Dr. Estranho	X	X	X	X	X	X
Pantera Negra	X	X	X	X	X	X
Thanos	X	X	X	X	X	
Capitã Marvel	X	X	X	X	X	X
Flash	X	X	X	X	X	X
Batman	X	X	X	X		
Lanterna Verde	X	X	X	X	X	X
Mulher Maravilha	X	X	X			
Cyborg	X	X	X	X	X	X
Superman	X	X	X	X	X	X
Hulk	X	X	X	X	X	X

Fonte: Próprio autor (2019).

#### **4 SUGESTÃO DE ROTEIRO CÊNICO**

Essa é a etapa em que o professor deve orientar os seus alunos a respeito da finalidade do trabalho. É uma simulação de um combate virtual, no qual a Física estudada em sala de aula deve estar presente em toda a ação elaborada.

O professor pode sugerir que no roteiro seja contemplados os tópicos da Física que não foram compreendidos por seus alunos. Nesse caso, ele pode verificar, de acordo com as provas das etapas anteriores, simulados feitos pela escola, em qual ponto aquele conceito não foi bem compreendido pelos alunos. Ele pode orientar aos alunos a trabalhar de forma mais específica esses conceitos.

Uma outra sugestão é fazer com que eles utilizem recursos multimídia, façam gravações de um determinado golpe, seja por meio de efeitos especiais, que podem dar um suporte durante a simulação.

Simulações de combates de jogos virtuais já existentes como Injustice I, Injustice II, jogos de diversos personagens podem compor, por meio de uma simulação de uma determinada cena. Nesse caso, a simulação da cena do jogo deve conter um determinado assunto de Física que o professor pode já inserir de forma obrigatória para a cena. Com isso, os alunos poderiam gravar uma cena do combate desses jogos, e efetuar a simulação em sala de aula.

Um exemplo seria dois alunos iriam jogar uma partida de um determinado jogo após a aula. Nesse caso, a escolha do jogo dos alunos estaria relacionada a matéria específica vista no colégio, momentos antes. Essa partida poderia se dar por meio de computador, de um determinado console ou mesmo por smartphone. Enquanto acontece a simulação do combate, o Doutor do tempo, que é o personagem que aparece para explicar a situação, entra em cena e explica para o público a Física por meio de cada ação da simulação.

Para escolas de tempo integral, o momento da simulação pode ser no período contrário ao da aula de Física, o contraturno. Com isso, o professor poderia ter mais tempo de efetuar a peça, ou até mesmo de vários combates em uma determinada cena.

## 5 SUGESTÕES DE AVALIAÇÕES

A atividade proposta é, de fato, longa e requer uma organização e aplicação de alguns meses, seria interessante o docente deixar exposto em seu plano anual. O professor poderia deixar como nota de Avaliação Parcial da terceira etapa, caso isso não fosse possível pelo tempo que cada escola distribui o seu ano letivo, poderia deixar como 40% da nota de Avaliação Parcial da referida etapa e 60% da nota da Avaliação Parcial da quarta etapa da prova de Física.

Para escolas de Ensino Fundamental II e Médio, que trabalham com feira de ciências na terceira Etapa do seu calendário letivo, poderiam utilizar o manual citado para organizar, com a equipe de Ciências da Natureza. Essa pontuação desenvolvida pelos alunos poderia compor a nota dessas disciplinas, dentro lógico, do plano anual dos docentes de Física, Química e Biologia.

Uma outra sugestão seria, de utilizar a nota da apresentação da feira de ciências como avaliação da Verificação Parcial da terceira etapa, A outra parte do trabalho, a apresentação da peça de teatro, com a simulação do game, seria a nota referente à Verificação Global da mesma etapa.

Como o trabalho é amplo e pode ser utilizado por toda a equipe docente da escola, as equipes de Linguagens e Códigos e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias e de Matemática e suas Tecnologias poderiam utilizar a nota da apresentação para compor uma nota final equivalente a essas disciplinas. Com isso, poderiam utilizar da interdisciplinaridade para trabalhar com seus alunos.