

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

MARCUS VINICIUS PERES

**UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA EM QUADRINHOS WATCHMEN, EM UMA AULA DE
EQUIVALÊNCIA MASSA-ENERGIA NO ENSINO MÉDIO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

MARCUS VINICIUS PERES

**UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA EM QUADRINHOS WATCHMEN, EM UMA AULA DE
EQUIVALÊNCIA MASSA-ENERGIA NO ENSINO MÉDIO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a aprovação na disciplina.

Professora responsável pela disciplina:
Prof^a. Dr^a. Noemi Sutil

Orientador: Prof. Dr^o. Awdry Feisser
Miquelin

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de salientar que inúmeras pessoas que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho, não serão citadas, em virtude do pouco espaço deste tópico.

Agradeço ao professor Dr. Awdry Feisser Miquelin que aceitou orientar esse trabalho e também foi um dos professores com o maior número de disciplinas ministradas no curso de licenciatura em física, se fazendo presente ao longo de todo curso.

Ao professor Cristóvão Renato Moraes Rincoski por disponibilizar o espaço de suas aulas para aplicação desse trabalho.

Aos alunos envolvidos, que colaboraram com o desenvolvimento e com a pesquisa realizada em suas aulas.

Aos professores pesquisadores presentes na banca por se colocarem a disposição para participarem da avaliação deste trabalho.

Por fim, gostaria de resaltar a extrema relevância de minha namorada, família e amigos, que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada.

RESUMO

PERES, Marcus. Utilização da história em quadrinhos *Watchmen*, em uma aula de equivalência massa-energia no ensino médio. 2015. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Atualmente, diversos trabalhos abordando a importância da questão da física moderna no ensino médio foram feitos (Canato Jr. e Menezes (2012), Barcellos e Zanetic (2007), Borges (2005) e etc.) evidenciando a necessidade de ensinar esses conceitos para os estudantes. Ao mesmo tempo diversos autores destacam a necessidade de utilizar maneiras diferenciadas de ensinar essa física. Historicamente essas teorias contribuíram, de alguma maneira, com a humanidade. Por isso foi realizada em duas salas do ensino médio uma aula sobre a equivalência massa-energia cujo enfoque principal foram às histórias em quadrinhos de *Watchmen*. Assim, as percepções dos alunos foram captadas e analisadas com o auxílio da *Tabla Aristotélica de Invención*.

Palavras-chave: Massa-energia. *Watchmen*. História em Quadrinhos.

ABSTRACT

PERES, Marcus. Use of comic book Watchmen, in a mass-energy equivalence class at high school. 2015. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Currently, several studies addressing the importance of the question of modern physics in high school were made, highlighting the need to teach these concepts to students. While many authors highlight the need to use different ways to teach the physics. Historically these theories were applied in a manner that guided the course of humanity. So was conducted in two high school halls a class on the mass-energy equivalence whose main focus were the stories in Watchmen comics. Thus, the perceptions of students were captured and analyzed with the help of Tabla Aristotelian of Invención.

Keywords: mass-energy. Watchmen. Comic Book.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVA	8
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
4. QUESTÃO DE PESQUISA	16
5. OBJETIVO DE PESQUISA	16
6. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	17
7. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	33
ANEXOS	35

1. INTRODUÇÃO

A física moderna, cada vez mais, se faz presente na sala de aula e mesmo sendo um assunto interessante e presente no cotidiano das pessoas, tem um espaço mínimo nas escolas devido ao pouco tempo de aula e recente abordagem dos pesquisadores com relação ao assunto. Além disso, assuntos como a relatividade e a física quântica costumam trazer dificuldades para os alunos na parte matemática. Porém com a tecnologia e os aparelhos eletrônicos atuais como celulares, computadores e *tablets* utilizando conceitos de física moderna para seu funcionamento, a abordagem desses assuntos torna-se fundamental devido ao acesso facilitado que as novas gerações encontram para com esses aparelhos, segundo Canato Jr e Menezes (2012).

Por vezes a física torna-se cansativa e muito matematizada fazendo com que os alunos percam o interesse na matéria, por isso este trabalho busca desenvolver uma alternativa para auxiliar a compreensão dos estudantes no que diz respeito ao teorema massa-energia.

Para enriquecer as aulas, diversas mídias podem ser utilizadas com fins educacionais, auxiliando todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem: aluno, professor e etc. O personagem Dr. Manhattan da série *Watchmen*, será a peça principal na problematização da aula sobre teorema massa e energia. Segundo Oliveira (1997), *Watchmen* é um marco na história das histórias em quadrinhos sendo considerada uma obra importante e revolucionária, indo na contramão do que acontecia com as histórias de super-heróis: estavam destinadas ao desgaste e ao fracasso. Além da história em quadrinhos, em 2009 foi lançado o filme *Watchmen* alcançando um público muito maior por se tratar de uma mídia segundo Silva Jr (2010) de uma importância enorme na vida das pessoas a partir do século XX.

Portanto, de acordo com Nascimento Jr e Piassi (2013), o personagem Dr. Manhattan foi inserido em uma aula de equivalência massa-energia com o suporte das histórias em quadrinhos para que o estudante pudesse visualizar a teoria em um meio de educação não-formal, contribuindo para uma aproximação entre ciência e cultura particular representada pelos quadrinhos. Por isso esses recursos, por vezes subutilizados em sala de aula, puderam contribuir para o entendimento do conteúdo potencializando o processo de ensino-aprendizagem.

Para o desenvolvimento do projeto, diversos artigos e livros envolvendo física moderna para o ensino médio e a utilização de quadrinhos na educação, foram analisados.

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pois as disciplinas de física (sete e oito) do ensino médio abordam a física moderna. Para as análises posteriores, foi utilizada a *Tabla Aristotélica de Invención*, descrita em Kemmis e McTaggart (1988), que será explicada adiante.

2. JUSTIFICATIVA

Ao longo do curso de Licenciatura em Física da UTFPR, os alunos são incentivados pelos professores a desenvolver aulas e atividades criativas, tendo contato com as principais metodologias de ensino e teorias de aprendizagem. Essa poderia ser a principal justificativa para o desenvolvimento de um trabalho unindo física moderna ao cinema e aos quadrinhos. Mas essa motivação pessoal começa a ser construída na década de 60.

Meu avô era caminhoneiro e nessa época, quando retornava para casa das inúmeras viagens que fazia, sempre trazia um dos populares “gibis” para o seu filho mais novo, meu pai. Essas revistinhas coloridas e cheias de ação e imagens auxiliaram tanto sua formação quanto alfabetização. O hábito de ler essas histórias continuou e, obviamente, se estendeu até mim.

Sempre gostei de ler: poesia, romance, ficção, mas com certeza o ponto de partida foram os gibis. Segundo Vergueiro e Ramos (2009) as histórias em quadrinhos podem ser trabalhadas em diversos assuntos e contextos, por isso esse recurso está presente em meu projeto.

Ainda há a questão da física moderna. Na matriz curricular do curso de Licenciatura em Física existe a matéria Estágio Supervisionado que proporciona ao aluno de graduação contato e experiências em salas do ensino médio da própria instituição. Quando fiz essa disciplina, fui designado para trabalhar com os alunos de física do quarto ano e percebi que a curiosidade destes estudantes sobre os fenômenos da relatividade e quântica era maior do que quando estudavam a física clássica, ressaltando que esses alunos pertenciam a uma instituição federal de ensino. Mesmo assim alguns conceitos trabalhados parecem confundir, por isso uma abordagem envolvendo história em quadrinhos pode auxiliá-los a refletirem sobre o tema massa-energia.

Em Barcellos e Zanetic (2007), também percebemos a problematização relacionando o teorema massa-energia com a física nuclear. Quando acompanhei as aulas de física moderna do ensino médio percebi que o tempo de aula para esse conteúdo é de duas horas/aula. Infelizmente é um tempo muito curto para um assunto tão importante (cabe destacar que a física clássica também é muito importante, mas já tem o seu lugar bem definido à muito tempo). Então, ainda que exista um crescimento no que diz respeito à abordagem de física moderna no ensino médio, Ostermann e Moreira (2000), alguns assuntos de relevância considerável, permanecem fora das salas de aula mesmo tendo grande importância na história da humanidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo dos anos, os educadores procuram soluções, ou pelo menos ajuda, com questões como: a falta de entendimento, o desinteresse por parte dos alunos, a não colaboração em sala de aula. Situações como essas costumam ser comuns nas escolas seja pela metodologia usada ou por falta de afinidade de alguns alunos com determinada matéria. Segundo os documentos oficiais, PCN+ (2002), as metodologias variadas podem interferir positivamente nas aulas de modo a potencializar o processo de ensino-aprendizagem.

Dentro das inúmeras possibilidades e materiais propícios para se trabalhar em sala de aula, encontram-se as histórias em quadrinhos. A comunicação através de desenhos existe desde a pré-história, quando os homens pintavam suas vidas nas paredes para eternizar seus feitos. As histórias em quadrinhos como conhecemos começaram a surgir no começo do século XX, porém de acordo com Oliveira (1997) eram produzidas com um forte efeito humorístico, as tirinhas encontradas nos jornais nos Estados Unidos ou simplesmente: *comics*.

Desde então o mercado de revistas de super-heróis, humor, terror e público infantil vem evoluindo de maneira que se adapta para todo tipo de pessoas e interesses. Com isso as histórias começam a abordar questões científicas para explicar a origem, desenvolvimento e superpoderes. O super-homem, por exemplo, fez com que os quadrinhos de heróis sofressem uma exigência de explicações para todos aqueles feitos: voo, força, visão de calor e etc. Com isso, começava o processo de introdução da ciência nas “revistinhas de criança”.

Mas a importância maior é o fato de que Super-homem tenha dado origem a uma legião de heróis tão mirabolantes que seus desenhistas e roteiristas se viram obrigados, constantemente, a recorrer à ciência para encontrar temas para uma infinidade de histórias. (OLIVEIRA, 1997, p. 53).

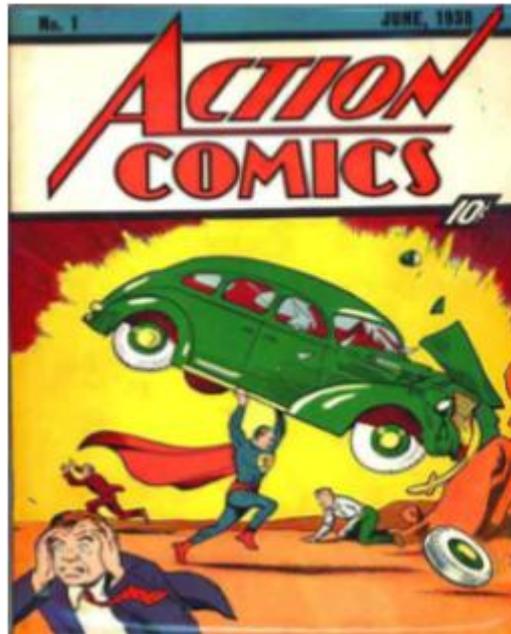


Figura 1 – Primeira aparição do Super Homem
Fonte: Nascimento Jr, 2013, p. 30

Como em qualquer outra mídia, os quadrinhos sofreram fortes influências da sociedade e de seus acontecimentos. O Capitão América é o melhor exemplo disso: um rapaz magro e baixo com o caráter perfeito para ser um soldado, que pela constituição física não conseguia atingir seu objetivo. Sendo assim, entra para um projeto cujo objetivo era desenvolver supersoldados. Fortes, confiantes, ágeis, eram essas pessoas que seriam responsáveis pela vitória do exército americano sobre as forças do “eixo do mal” na segunda guerra mundial. Mas apenas o soldado Steve Rogers consegue passar por tudo e virar o Capitão América.

Temos diversos exemplos de super-heróis que ganham seus poderes graças à ciência: o incrível Hulk nada mais é do que um cientista que é bombardeado por radiação gama e ganha força descomunal, além de uma imponente cor verde. O Homem Aranha é um estudante comum que, durante a visita a um laboratório é picado por uma aranha radioativa e ganha a habilidade de grudar na parede. O Quarteto Fantástico é uma equipe que faz uma viagem espacial e sofre as consequências da radiação do espaço. Batman, ou Bruce Wayne, é um bilionário de dia e um cavaleiro mascarado durante a noite, como não tem poderes

especiais mantém uma divisão científica em sua empresa voltada para o desenvolvimento de utensílios que permitem que lute contra o crime.

Durante todo esse tempo, as Hqs transmitem a esse leitor conceitos, modos de vida, visões de mundo... e informações científicas. As estratégias de divulgação que usam os gibis apresentam grande potencial por uma série de razões, entre elas: o preço (as Hqs são uma mídia acessível do ponto de vista econômico. É possível produzir-se um gibi utilizando-se apenas papel, lápis, nanquim e uma máquina xerográfica); a popularidade do meio (como foi referido anteriormente, cada revista é lida em média por três indivíduos); a sua linguagem cujos signos são facilmente decodificáveis por diversos tipos de pessoas de diferentes culturas; o fato dos quadrinhos estarem já associados ao divertimento, o que diminui a aversão que o leitor normal costuma ter a estratégias de divulgação. (OLIVEIRA, 1997, p. 9)

Como podemos observar, muitas situações envolvendo histórias em quadrinhos podem ser utilizadas para auxiliar a aula de alguns professores, porém essa mídia sofre com o preconceito de uma parte da sociedade que vê nessas revistas, apenas histórias voltadas para o lazer que não podem, de maneira alguma, ser tolerada em sala de aula. Vergueiro e Ramos (2009) destacam que tempos atrás as histórias em quadrinhos eram tidas como leitura de lazer e por isso motivo de represálias nas escolas que não aceitavam essas “revistinhas”, visto que seu conteúdo não acrescentava nada para a formação dos estudantes. E não só os professores, diretores e funcionários das escolas têm resistência com os quadrinhos nas escolas. Mesmo que seja um material aceito e indicado pelos diferentes documentos educacionais, os pais também resistem ao potencial das revistas. Segundo Sousa e Vianna (2013) o uso de tirinhas nas escolas sofria preconceitos dos envolvidos no processo de aprendizagem: pais e professores.

Felizmente, essa visão começa a sofrer alterações e os trabalhos que discutem a utilização das histórias em quadrinhos ficam cada vez mais frequentes. Por tudo isso, seria interessante o trabalho ser norteado por alguns eixos teóricos: quadrinhos na educação, física moderna no ensino médio, divulgação científica, física e quadrinhos e física e arte, todas voltadas para o objetivo de discutir e introduzir a HQ *Watchmen* e o filme de mesmo nome em sala de aula.

Como já abordado anteriormente, um dos principais problemas encontrados em sala de aula é o desinteresse que muitas vezes os alunos têm e acaba atrapalhando o professor, segundo Vergueiro e Ramos (2009). De acordo com Borges (2005) a desmotivação dos alunos compromete não só o aprendizado, mas também o trabalho do professor em sala de aula. Destaca ainda a preocupação dos alunos com a nota que irá receber e não com o conhecimento em si, caindo na

inquietação sobre a real importância do conteúdo ensinado para sua vida. Então, afirmações como “Mas nunca vou usar isso na minha vida” tornam-se comum, visto que esses alunos não conseguem relacionar aquilo que aprendem com os diversos aparelhos e situações que veem em seu dia-a-dia. Logo, as histórias em quadrinhos podem ser usadas de modo que despertem a atenção desses estudantes, como um atrativo.

Infelizmente, apesar do esforço e boa vontade da maioria dos professores, grande parte de nossas crianças e adolescentes demonstra desinteresse pelos conteúdos trabalhados nas diferentes disciplinas escolares. A elaboração e a aplicação de projetos envolvendo o uso de histórias em quadrinhos na sala de aula podem ajudar a alterar essa situação e contribuir para um aprendizado mais envolvente. (VERGUEIRO; RAMOS, 2009, p. 74)

Além de poderem auxiliar o professor em sala de aula, os quadrinhos funcionam como uma grande ferramenta de divulgação e promoção da física na sociedade. Segundo Nascimento Jr e Piassi (2013) a formação de um cidadão passa pelo relacionamento do estudante com o que a cultura humana produz. Nesse contexto a leitura e o contato com histórias em quadrinhos permite que as ciências se popularizem reforçando assim o interesse dos estudantes nos conceitos trabalhados nas aulas.

Podemos notar então, que os quadrinhos de ficção além de contribuírem com a popularização da ciência também se relacionam com diversas matérias e interesses da sociedade como, por exemplo, as artes. Porém, mesmo os quadrinhos tendo potencial para conversar com outras áreas, vale destacar que faltam estímulos para a leitura na aula de física, sendo essa habilidade explorada apenas para os enunciados de problemas e etc. Essa informação é reforçada por Nascimento Jr e Piassi (2013), que evidenciam a leitura em aulas de física como sendo escassa e sem estímulos, visto que essas atividades se prendem somente a física, se relacionando a nenhum tipo de atividade de leitura efetivamente, como: obras literárias, notícias e etc. Contudo, segundo Borges (2005) existem poucos trabalhos que discutem a inserção de conteúdos que realmente mostrem para o aluno que as tecnologias usadas no dia-a-dia podem ser abordadas e, mais que isso, estudadas em sala de aula com seu professor. Para isso muitas vezes se torna fundamental o uso da física moderna em uma sala de ensino médio.

Essa questão de materiais escassos está relacionada ao fato de que os conteúdos de física moderna são, normalmente, deixados de lado pelas escolas e

professores mesmo sendo previsto pela Lei de diretrizes e bases da educação nacional de 1996. Então o ensino da física clássica se mantém dominante, assim é necessária a formação de ideias que possam inserir a física moderna no ensino médio.

Perante isso, e por considerar que grande parte dos alunos do ensino médio estudam apenas tópicos de física clássica, a reformulação curricular torna-se cada vez mais necessária e urgente, pois não é admissível que os estudantes não tenham contato com o conhecimento construído pela ciência no século XX. Esse contato, além de possibilitar a compreensão de fenômenos ligados a situações que ocorrem na vida dos estudantes, contribui para atrair jovens a seguir a carreira científica, estudando o que de mais recente acontece no ramo da ciência. (BORGES, 2005, p. 3)

Reforçando ainda a ideia de que a física moderna está inserida no cotidiano das pessoas, Miranda et al. (2013) chamam atenção para o fato de que o discurso da ciência está presente em várias mídias existentes e acessíveis para toda a sociedade como jornais, revistas, cinema e etc.

Ainda assim mesmo quando trabalhada em sala, a física moderna aparece de forma “quadrada”, sem contextualização conforme Peron e Guerra (2011). As dúvidas são trazidas pelos alunos muitas vezes, graças a revistas e programas de televisão que são vistos por eles.

Dúvidas que se referem ao que há de mais novo no estudo dessa ciência: buraco negro, teoria do Big Bang, possibilidade de viagem temporal entres outras. Porém nem sempre essas dúvidas podem ser sanadas, ou por que falta ao professor conhecimento acerca destes assuntos, ou por que ele deve seguir um currículo que não aborda estes temas e que está repleto de outros conteúdos que devem ser tratados em uma carga horária reduzida. (PERON; GUERRA, 2011, p. 2)

Logo conteúdos como esse podem ser abordados utilizando *Watchmen* visto que o personagem analisado tem sua história contada a partir das bombas de Hiroshima e Nagasaki.

Dentro da física moderna *Watchmen* pode ser trabalhado com o enfoque em massa-energia discutindo, por exemplo, os poderes do Dr. Manhattan e relacionando a popular equação desenvolvida por Einstein e apresentada no ano miraculoso da física em 1905, quando Einstein publicou quatro artigos de grande impacto na física.

A relação $E=mc^2$ é sem dúvida uma das expressões mais famosas e populares da Física. Podemos facilmente encontrar sua dedução matemática nos livros mais utilizados no ensino superior, tanto no nível da chamada física básica, quanto nas temáticas de física moderna (tratando de relatividade e quântica). (BARCELLOS; ZANETIC, 2007, p. 1)

Em *Watchmen*, uma frente de conhecimento muito importante na trama é a física nuclear que está intimamente ligada com a relação massa-energia. Visto que a trama está intimamente ligada à guerra nuclear.

Watchmen foi escrito por Alan Moore e adaptado para o cinema em 2009. Basicamente a obra tenta fornecer uma visão mais realista sobre o fato de super-heróis se relacionarem com pessoas, procurando amenizar as utopias presentes nesse universo. O Super Homem tem o poder de dominar o mundo, mas prefere ajudar as pessoas e combater o mal, ou seja, em raros momentos vemos os nossos famosos heróis como seres com problemas pessoais e emocionais, suscetíveis à corrupção e por vezes, maus. É bem verdade que o Homem Aranha seja um adolescente com problemas comuns a idade e Batman, Justiceiro e Wolverine façam os papéis de anti-heróis, mas não vemos esses personagens inseridos em um contexto social tão parecido com o nosso como acontece em *Watchmen*.

Para a abordagem do conceito de física moderna, talvez o Dr. Manhattan seja um dos principais personagens existentes no universo dos quadrinhos.

E nada mequetrefe como escalar paredes ou força proporcional à de uma aranha. Estamos falando de alteração estrutural da matéria, telecinésia, manipulação do espaço-tempo contínuo e muita força física. Na prática, onipotência. Bastou o surgimento desse personagem pro mundo de *Watchmen* divergir inteiramente do nosso. Os Estados Unidos venceram a Guerra do Vietnã e a Guerra Fria se encerrou com a vitória do Ocidente ainda nos anos 60 e não na década de 90. O dia-a-dia das pessoas foi influenciado. Entre vários prodígios científicos e tecnológicos, Manhattan também tornou possível a produção barata de carros elétricos eficientes, decretando o fim do motor à combustão. (OLIVEIRA, 1997, p. 88)

É interessante notar que devido os enormes poderes do personagem a humanidade passa a ser vista sem muita importância e o ser que até então era um cientista preocupado com seus trabalhos, ascende ao posto de um deus.

Com todos esses poderes ele pode simplesmente “proteger” o mundo de possíveis ameaças. Porém surge um herói que foge aos padrões das histórias em quadrinhos. Alan Moore e Dave Gibbons criam um “super-homem” inserido em uma sociedade que sofre influência de uma guerra e esse herói combate e modifica a história simplesmente pelo fato de existir. A frase presente no primeiro quadrinho da figura a seguir ilustra com precisão a situação do Dr. Manhattan.

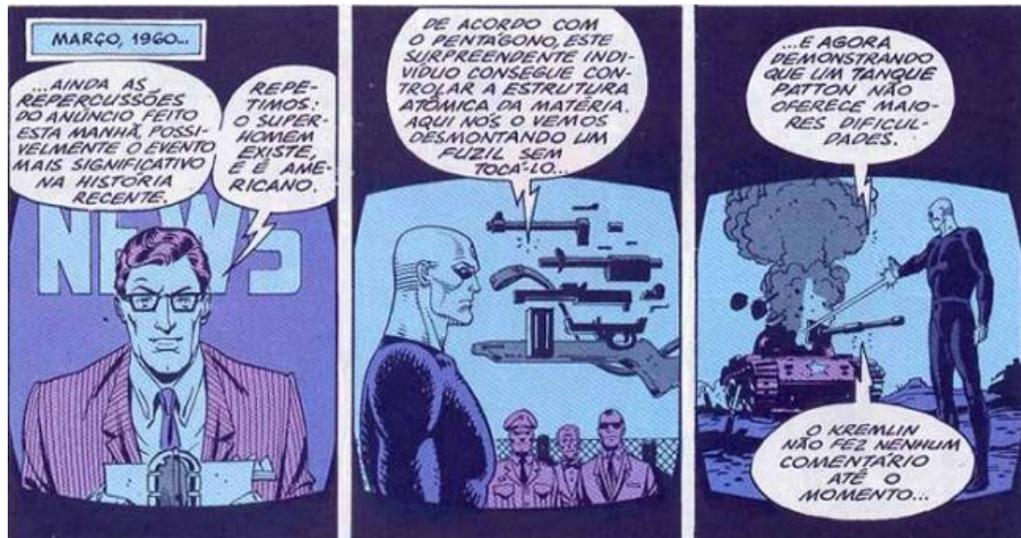


Figura 2 – O super-homem existe e é americano
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, vol. 4.

Em determinada cena o Dr. Manhattan e o Comediante estão em um bar no Vietnã, uma nativa aparece e confronta os personagens. Ocorre uma briga e evidencia-se a falta de preocupação do personagem com a condição humana.

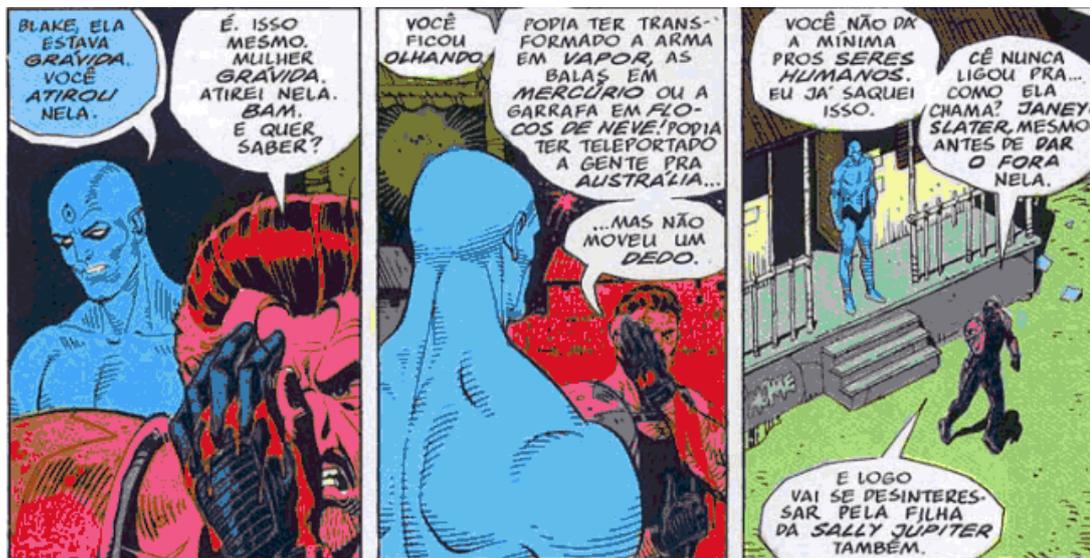


Figura 3 – Diálogo Dr. Manhattan e Comediante
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 2.

Trechos como esse exigem determinado cuidado por parte do professor. Cabe aqui uma lembrança à polêmica envolvendo as histórias de Will Eisner, alguns anos atrás no Brasil, quando uma grande parte da sociedade criticou o uso da obra, achando-a “politicamente incorreta” para a escola (Folha de São Paulo, 2010).

Curiosamente, é comum vermos filmes que retratam uma realidade perversa da sociedade, serem aceitos e louvados em sala de aula. É a forma de mostrar essa questão de “dois pesos e duas medidas” que, por vezes, são impostas para as

histórias em quadrinhos. Nesses casos o instrumento utilizado em questão não sofre com nenhum preconceito por atingir uma parcela maior da sociedade, até mesmo os professores.

São muitos os exemplos de filmes brasileiros sobre violência nas grandes cidades (*Cidade de Deus, Tropa de Elite, Carandiru*) que costumam ser utilizados por alguns professores para propor discussões com os alunos a respeito de questões sociais. Se a mesma violência ou tipo de temática desses filmes é retratada numa história em quadrinhos, a reação costuma ser outra: o material é considerado *inapropriado*. (VERGUEIRO; RAMOS, 2009, p. 77)

Neste trabalho em questão os quadrinhos foram utilizados por permitirem uma melhor visualização sobre determinados temas. Situações que seriam de interesse para o desenvolvimento da aula usando HQ, muitas vezes, eram muito curtas no filme comprometendo assim a estrutura da aula. A seguir encontra-se o cronograma do trabalho de conclusão de curso.

4. QUESTÃO DE PESQUISA

Com a leitura de artigos e livros envolvendo os temas de interesse, a pergunta que norteou a prática é:

“Como potencializar o estudo do teorema massa-energia no ensino médio, problematizando Watchmen?”

5. OBJETIVO DE PESQUISA

O objetivo geral do trabalho é investigar possíveis formas de enriquecer o tema massa-energia com o auxílio de *Watchmen*. Também foi possível trabalhar com alguns objetivos específicos, como:

- Desenvolver duas aulas para o ensino médio com o uso das histórias em quadrinhos;
- Responder qualitativamente o maior número de perguntas presentes na *Tabla Aristotelica de invención*;
- Analisar a possibilidade de desenvolvimento de um questionário a partir da *Tabla Aristotelica de invención*;

- Observar se, realmente, o uso dos quadrinhos contribui para o entendimento dos estudantes, mesmo que a importância se resume a atrair atenção para a aula.

6. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi aplicado em turmas do 4º ano do ensino médio da UTFPR, nas quais se trabalha a física moderna. Como o ensino médio da instituição é paralelo ao ensino técnico, se tem um ano de física a mais do que as escolas regulares, permitindo assim que os estudantes tenham contato com disciplinas formais de física moderna. Com isso o planejamento das aulas foi facilitado visto que o conteúdo trabalhado já constava na ementa da disciplina.

Para o desenvolvimento da aula foi utilizado o modelo dos três momentos pedagógicos, descrito por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), ou seja, a aula foi disposta no seguinte formato:

- Problematização Inicial;
- Organização do Conhecimento;
- Aplicação do Conhecimento.

Como instrumento de análise, foi utilizada a *Tabla Aristotélica de invención* vista em Kemmis e McTaggart (1988), que se trata de uma estrutura cujo objetivo é examinar e discutir um tema de uma forma mais profunda e detalhada. Para a pesquisa a estrutura pode ser montada de modo que relacione aspectos envolvidos no processo ensino aprendizagem.

Esse artifício se relaciona com o conceito de investigação-ação na medida em que permite uma potencialização do trabalho se refletindo nas aplicações, devido ao aprofundamento promovido pela teoria. Além disso, o envolvimento de quadrinhos para auxiliar em uma aula de física usa questões da sociedade e da cultura, promovendo assim um impacto diferenciado, com uma abrangência muito maior.

Segundo Kemmis e McTaggart (1988) a investigação-ação usa de uma ação para recair nas aplicações, como aulas e atividades no geral. Então, a *Tabla Aristotélica de invención* surge como uma ferramenta para a aplicação do trabalho.

Uma montagem simplificada pode envolver professores, estudantes, tema e ambiente na seguinte disposição:

	A Professores	B Estudantes	C Tema	D Contexto
1. Professores				
2. Estudantes				
3. Tema				
4. Contexto				

Tabela 1 - *Tabla Aristotélica de Invención* proposta por Kemmis e McTaggart (1988).

Fonte: KEMMIS E MCTAGGART, 1988, p. 123.

No exemplo acima o foco das perguntas seriam acompanhar as letras, por exemplo: o termo [A3] da matriz, tem como foco o professor. Como existem inúmeras coisas e situações que influenciam o processo de ensino-aprendizagem, a tabela montada para auxiliar esse projeto tem algumas diferenças.

No lugar de professor, tema e contexto entram as categorias Ficção científica (HQ), processo ensino aprendizagem e prática educacional. Dessa maneira a *tabla aristotélica de invención* utilizada para o auxílio da análise deste trabalho teve as seguintes indagações:

	[1] Estudantes	[2] Prática Educacional	[3] Ficção Científica	[4] Ensino- aprendizagem
[A] Estudantes	[A1] O que pensam os estudantes sobre o teorema massa-energia?	[A2] Como os estudantes encaram uma Prática educacional envolvendo quadrinhos?	[A3] Qual a concepção dos estudantes sobre Ficção Científica?	[A4] Como os estudantes reagiram à proposta e como essa informação se refletiu no ensino-aprendizagem?
[B] Prática Educacional	[B1] De que maneira a aula mediada por Watchmen abre espaços dialógicos com os estudantes?	[B2] A prática educacional utilizada, obteve resultados diferentes das práticas tradicionais? Se sim, quais foram os mais evidentes?	[B3] Envolver aulas de física com ficção científica podem promover avanços em relação a aula tradicional?	[B4] Como uma Prática educacional baseada em Watchmen pode potencializar o Ensino-aprendizagem de $E=mc^2$?
[C] Ficção Científica	[C1] Como a ficção científica está presente no cotidiano dos estudantes?	[C2] Como os estudantes se comportam perante uma abordagem baseada em Ficção científica?	[C3] O uso da ficção científica contribuiu de alguma forma, para o entendimento do assunto?	[C4] Como a ficção científica auxilia o processo de ensino-aprendizagem?

[D] Ensino- aprendizagem	[D1] Como o processo de ensino-aprendizagem, diferenciado por essa abordagem, contribui para a formação dos estudantes?	[D2] Quais as potencialidades da relação ensino-aprendizagem de equivalência massa-energia, pautada em uma prática educacional com Watchmen.	[D3] O processo de ensino-aprendizagem foi potencializado pela ficção científica?	[D4] Como avaliar o processo desencadeado pelo ensino-aprendizagem baseado no tema do TCC.
--------------------------------	---	--	---	--

Tabela 2 – Matriz do Trabalho.

Fonte: Autor

Esse recurso descrito por Kemmis e McTaggart (1988) possibilita que se faça uma intensa reflexão do trabalho para preencher a matriz, permitindo que os dados obtidos colaborem não só com a pesquisa, mas também com um eventual trabalho que venha em sequência.

Com os dados coletados através da prática foi possível responder algumas perguntas, no entanto é importante salientar que o este trabalho tem o compromisso de responder o maior número de itens, embora alguns fiquem sem uma resposta mais contundente.

É importante destacar que o plano de aula elaborado encontra-se no apêndice deste trabalho escrito. Após a aplicação do TCC em sala de aula, foi feita uma atividade que consistia em duas perguntas:

- 1) De que maneira a abordagem diferenciada contribuiu para seu entendimento do assunto?
- 2) Descreva os pontos que mais chamaram sua atenção.

As perguntas não tinham como objetivo avaliar os estudantes, mas auxiliar na análise sobre suas impressões. Com isso, eles possuíam a liberdade de se expressarem como bem entendessem contribuindo para as respostas da *tabla aristotélica de invención*. Então, além de contar com as impressões de sala de aula, poderia utilizar as informações cedidas em uma atividade para a conclusão desse trabalho.

Então, observando o comportamento em sala de aula e a atividade proposta, foi possível encontrar alguns indícios de respostas para as perguntas presentes na matriz. Um dos tópicos mais comentados foi a inovação no que diz respeito a utilização de *Watchmen* como instrumento da aula.

Aluno 1 – Utilizar o “Watchmen” como recurso para ensinar física é, com certeza, uma técnica interessante. Diferiu das

aulas um pouco maçantes, e achei bem melhor. Sinceramente, há vários elementos de livros e filmes, por exemplo, que poderiam ser utilizados pelos professores do ensino médio.

Outro tópico citado pelos estudantes está intimamente ligado à questão da atenção em sala de aula. O discurso de que a utilização de HQ desperta não só o interesse, mas também a vontade de aprender, se fez presente em cerca de um terço das respostas dos estudantes, como amostragem segue o discurso de um dos alunos:

Aluno 2 – A abordagem com elementos diferenciados, relacionando o conteúdo com história em quadrinhos contribuiu ao “prender” melhor minha atenção, pois é um assunto que acho muito interessante. Além disso, cria uma curiosidade ao relacionar o que vimos em sala com sua utilização, e como isso foi explorado pelo autor da história em quadrinhos, o que nós leva a pesquisar mais sobre o assunto.

Aluno 3 – Mesmo com a utilização de cálculos mais avançados, a aula não foi “perdida” e o uso dos quadrinhos para ilustrar ajudou a chamar a atenção, pois auxiliou na compreensão do que estava sendo passado.

Na grande maioria das respostas foi possível observar que a ficção científica e elementos de cultura como os quadrinhos, estão presentes no cotidiano dos estudantes, permitindo que a abordagem das ciências através desses recursos, potencialize o processo de ensino-aprendizagem e colabore como uma alternativa não só para a compreensão do aluno, como também para o trabalho do professor. Além desses fatores, por *Watchmen* ter sido adaptado para o cinema, o objeto problematizador é bem conhecido do público alvo, fortalecendo o objetivo de captar a atenção e relacionar os conceitos trabalhados na aula de física, com elementos ocorridos na história da humanidade, como a bomba atômica.

Devido aos aspectos já destacados e as respostas reproduzidas anteriormente, obtemos subsídios para responder os elementos [A2], [A3], [A4], [B1], [B2], [B3], [C1], [C2], [C3].

No que diz respeito à equação, $E = mc^2$, os estudantes mostraram conhecer a expressão e alguns até sabiam que, de alguma maneira, estava relacionada com o projeto Manhattan, mas faltava a instrução que ligasse todas essas “pontas”. Aqui cabe um comentário. O TCC foi aplicado antes de o assunto ser trabalhado, sendo assim, o início da aula foi marcado por uma rápida revisão de conteúdo partindo das transformações de Lorentz. Obviamente, essas equações não foram esmiuçadas, mas era necessário mostrar que para referenciais com velocidades muito altas, as transformações de Galileu, que já haviam sido abordadas, não eram suficientes. Logo, o “papel” das transformações de Lorentz foi apresentar aos estudantes o fator de Lorentz, ou seja:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Isso se fez necessário para a apresentação da massa relativística, pois:

$$m_r = \gamma m_0 = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)$$

Em sala de aula foi destacado que para velocidades baixas o fator de Lorentz tende a um, ou seja:

$$m_r = \gamma m_0, \text{ se } \gamma = 1, m_r = m_0!$$

Ou seja, essas informações nos traziam alguns problemas como:

- 1) Uma massa, medida em um referencial inercial relativístico pode apresentar resultado diferente quando medida em outro.
- 2) Se a velocidade do referencial móvel se aproximar da velocidade da luz, a massa sofre um colapso tornando-se infinita.

Essas eram informações importantes para a aula, mas a continuação das discussões ficou a cargo do professor titular da turma para serem feitas no decorrer

do semestre. Os conceitos de massa inercial e massa relativística que eram necessários para a aula, já tinham sido explorados até então.

Sendo assim, passada essa rápida revisão, a aula recaiu na expressão $E = mc^2$. Inicialmente, para a dedução da equação, seria utilizado o livro Física Quântica (1974). Porém a matemática utilizada nesse livro de graduação complicaria o andamento da aula, visto que os alunos de ensino médio não tiveram contato com as ferramentas utilizadas. Então decidimos partir da equação mais utilizada pelos livros de ensino médio:

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$

Que nesse caso, se tivessem $v = 0$, o momento linear também seria zero. Logo, depois de algumas manipulações:

$$E = m_0c^2$$

Essa dedução simples foi suficiente, em conjunto com a explicação sobre o contexto histórico, para elucidar a ligação entre a equivalência massa-energia com o projeto Manhattan.

Aluno 4 - O ponto mais importante foi a explicação da origem da famosa equação $e=mc^2$.

Aluno 5 – A história da bomba atômica e as equações envolvidas.

Além do envolvimento da equação com a história reproduzi uma resolução disponível em Traghetta (2013), que fornece uma noção sobre o poder das bombas atômicas:

$$\Delta m_{little\ boy} = \frac{E}{c^2} = \frac{58.10^{12} J}{(3.10^8)^2} = 0,64g$$

$$\Delta m_{fat\ man} = \frac{E}{c^2} = \frac{88.10^{12}}{(3.10^8)^2} = 0,98g$$

Essas informações chamaram atenção de boa parte dos alunos que as destacaram como sendo os pontos mais interessantes.

Aluno 6 - A questão dos cálculos da equação $e=mc^2$ e sua aplicação prática.

Aluno 7 – Obviamente a quantidade de plutônio e urânio transformados em energia.

Aluno 8 – Quando se demonstrou o quão pouco de urânio e plutônio se precisa para uma bomba atômica.

É possível perceber que alguns alunos confundem a quantidade de plutônio e urânio utilizado na construção da bomba atômica, com a quantidade de massa desses elementos transformada em energia, como podemos perceber na resposta do aluno 8.

Através das respostas dos alunos 4, 5, 6, 7 e 8 podemos encontrar parâmetros para responder as perguntas [A1], [B4] e [D2].

A principal aplicação da equivalência massa-energia tem sido as bombas atômicas por se tratarem de um marco da história da humanidade:

Podemos ver nos textos didáticos uma área na qual a relação híbrida massa energia aparece com frequência: a física nuclear. Aí podemos detectar uma importante aliança feita pela relação massa energia com outra área. A física nuclear é uma área que irá se consolidar mais tarde do que o eletromagnetismo. Um evento de fácil recorrência para pensar a física nuclear é a bomba atômica de 1945. (BARCELLOS; ZANETIC, 2007, p. 8)

Sendo a bomba atômica o principal evento que traz $E = mc^2$ para o ensino médio, nada mais natural que utilizar *Watchmen* para auxiliar no desenvolvimento de uma aula sobre esse assunto, visto que a própria origem do Dr. Manhattan foi destacada em sala de aula.

As equações utilizadas foram retiradas tornaram-se famosas no livro *The Feynman Lectures on Physics*. Mas a construção original, principalmente a discussão sobre a massa relativística, não ocorreu dessa forma. Segundo Lemos (2000):

O aumento da massa com a velocidade é apenas aparente, uma partícula não engorda quando posta em movimento. Na formulação mais fundamental da teoria especial da relatividade, em termos de tensores no espaço-tempo quadridimensional, a massa de uma partícula é um escalar determinado pela magnitude do quadrimomento, logo não varia com a velocidade. Finalmente, $E = mc^2$ exprime a equivalência entre massa e

energia, com a energia medida no referencial de repouso momentâneo da partícula.

Sendo assim, a correta demonstração (complexa para o ensino médio), mostra que:

$$m\gamma\mathbf{a} + m\gamma^3\frac{\mathbf{a}\cdot\mathbf{v}}{c^2}\mathbf{v} = \mathbf{F}$$

Fazendo algumas manipulações, temos que:

$$\mathbf{F} = \frac{\mathbf{F}\cdot\mathbf{v}}{v^2}\mathbf{v} + \mathbf{F}_\perp \equiv \mathbf{F}_\parallel + \mathbf{F}_\perp,$$

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{a}\cdot\mathbf{v}}{v^2}\mathbf{v} + \mathbf{a}_\perp \equiv \mathbf{a}_\parallel + \mathbf{a}_\perp.$$

Continuando, obtemos:

$$m_t^{(A)} = \frac{3}{4}m_0\frac{1}{\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) - 1\right]$$

onde

$$\beta = \frac{v}{c}.$$

Finalmente,

$$m_t^{(L)} = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{1/2}}.$$

Para elucidar a questão, Lemos (2000) faz a seguinte discussão:

É natural, pelo exposto, que a noção de massa variável com a velocidade tenha sido importada pela teoria especial da relatividade nos seus estágios iniciais de desenvolvimento. O crescimento indefinido da massa relativística para $v \rightarrow c$ costuma ser usado para explicar porque c é uma velocidade limite: à medida que v se aproxima de c a inércia torna-se arbitrariamente grande e uma dada força produz uma aceleração cada vez menor, tornando o limite $v = c$ inatingível. O principal defeito dessa explicação reside no fato de a massa relativística não coincidir em geral com a razão entre força e

aceleração e, conseqüentemente, não poder ser considerada como medida da inércia nos moldes newtonianos (como já vimos, a equação de movimento relativística de uma partícula não é simplesmente $m_r a = F$). As Eqs. (15) mostram claramente que a noção newtoniana de inércia como resistência à aceleração é incompatível com a dinâmica relativística, a menos que se esteja disposto a aceitar a ideia esdrúxula de que uma mesma partícula possua inércias diferentes conforme o tipo de força à que esteja submetida. Assim, uma partícula carregada movendo-se ao longo de um campo elétrico uniforme exibiria como inércia a massa longitudinal, ao passo que uma partícula movendo-se num campo puramente magnético teria como inércia a massa transversal.

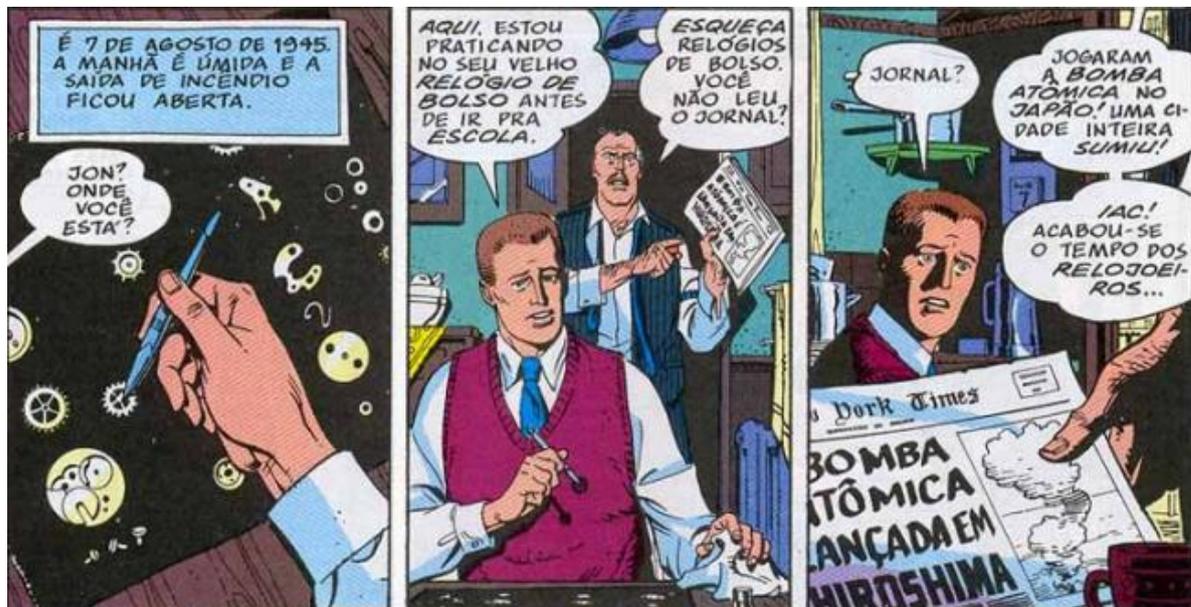


Figura 4 – Diálogo Dr. Manhattan e seu pai.
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.

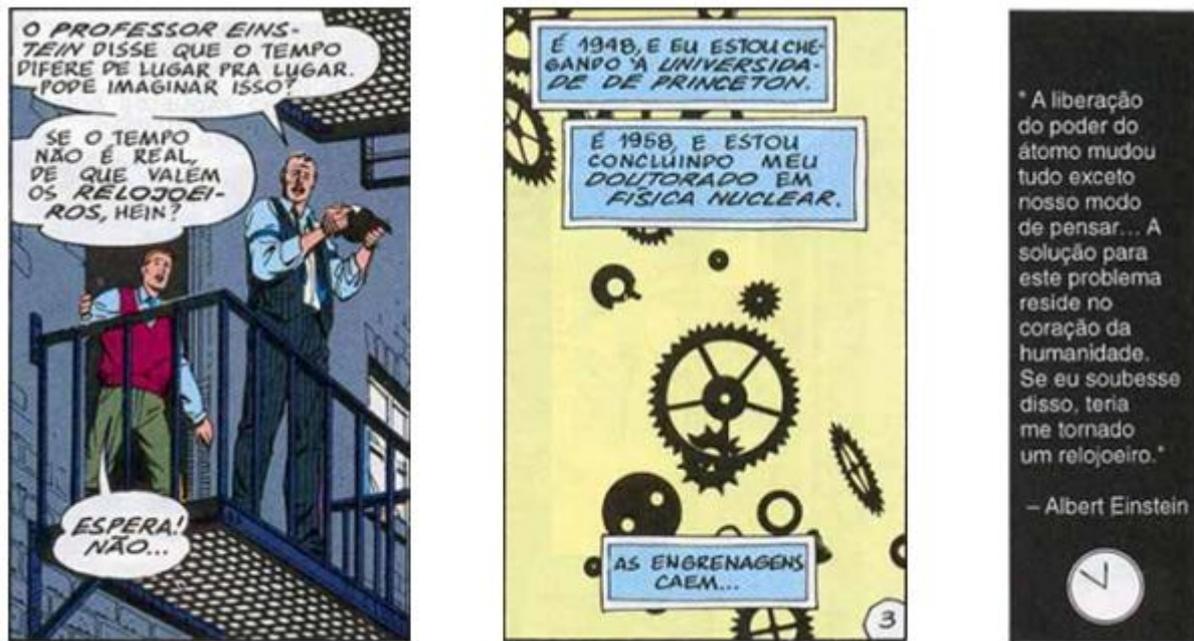


Figura 5 – Junção de imagens sobre a origem do personagem.
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.

No primeiro quadrinho da figura 5, ocorreu um erro. Afinal, já que um relojoeiro é necessário em referencial inercial, para comparar o seu trabalho com outro relojoeiro em outro referencial inercial, basta utilizar as transformações de Lorentz.

A última imagem é uma frase de Albert Einstein que se encontra no final do capítulo. Após a apresentação dessas imagens foi ressaltado o fato de Einstein ser um pacifista fervoroso, apresentando o seguinte trecho:

A pior das instituições gregárias se intitula exército. Eu o odeio. Se um homem puder sentir qualquer prazer em desfilar aos sons de música, eu desprezo este homem... Não merece um cérebro humano, já que a medula espinhal o satisfaz. Deveríamos fazer desaparecer o mais depressa possível esse câncer da civilização. Detesto com todas as forças o heroísmo obrigatório, a violência gratuita e o nacionalismo débil. A guerra é a coisa mais desprezível que existe. Prefiro deixar-me assassinar a participar desta ignomínia. (EINSTEIN, 1981)

Em seguida destacou-se o envolvimento de Einstein com o projeto Manhattan apresentando uma frase retirada de Traghetta (2013), na qual o próprio Einstein disserta sobre sua participação no desenvolvimento da bomba atômica.

Minha participação na produção da bomba atômica consistiu de um único ato: eu assinei uma carta ao presidente Roosevelt, na qual eu enfatizava a necessidade da realização de experimentos em grande escala no que dizia

respeito à viabilidade da produção de uma bomba atômica. (EINSTEIN, 1952)

A partir dessa declaração foi apresentada, para os alunos, a carta citada e extraída de Traghetta (2013) que se encontra nos anexos do trabalho. É importante salientar que Albert Einstein ganha destaque em diversos discursos dos alunos, talvez uma mostra de que a teoria pode não ser conhecida do grande público, mas o cientista por traz, sim.

*Aluno 6 – Pude obter um embasamento teórico sobre todas as histórias de bombas atômicas, **Einstein** e ficção científica. Assim como exemplos interessantes a cerca de um conteúdo disciplinar tão teórico e carregado de informações matemáticas complexas. Apesar de eu não escolher física nuclear como meu “estilo de vida”, me interessou bastante o assunto e sem duvidas a abordagem de maneira histórica e descontraída facilitou o entendimento.*

*Aluno 9 – A ideia de **Einstein** sobre a “dissuasão” nuclear. Tal ideia iria tornar-se concreta na guerra fria, quando a URSS e os EUA mantinham determinadas quantidades de bombas. Entretanto, enquanto todos têm bombas a guerra se torna convencional.*

É importante destacar que os conceitos e informações trabalhadas em sala de aula contribuíram para um melhor entendimento sobre alguns aspectos que os alunos já conheciam, como por exemplo, o contexto da guerra fria que se faz presente na história da humanidade e em *Watchmen*.

Essas constatações podem contribuir para responder os itens [A4], [B1], [C1], [C2], [C4] e [D2].

Prosseguindo com a aula destacou-se o fato de que a tecnologia desenvolvida pelo projeto Manhattan contribuiu também para o avanço tecnológico nas usinas nucleares. Além de preceder um período de incentivo as ciências por parte das grandes potências, o que resultou em diversos fatos históricos, como a corrida espacial e a guerra fria. Para interligar todas essas informações a *Watchmen* estabeleceu-se uma discussão a partir do seguinte trecho dos quadrinhos:



Figura 6 – Reflexos da existência do Dr. Manhattan.

Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.

Para finalizar, foi entregue para cada aluno uma atividade que consistia em responder duas perguntas sobre a aula. Esse material encontra-se nos anexos.

7. CONCLUSÃO

A *Tabla Aristotélica de invención* permitiu um entendimento melhor sobre o próprio trabalho, afinal com as relações expostas e destrinchadas o objetivo se tornou mais evidente. Através das interações e das respostas dos estudantes foi possível colher alguns indícios que nos levam a responder uma parte das perguntas realizadas. Cabe salientar que responder todas as perguntas não era um objetivo, algumas precisam de informações mais específicas para sua resolução. Dessa forma, essas pendências podem ser solucionadas em outras pesquisas, com o intuito de expandir este trabalho de conclusão de curso. No tocante a *Watchmen*, percebeu-se uma boa recepção dos estudantes envolvidos, com parte destes

destacando a utilização dessas histórias em quadrinhos como atrativo para uma aula de física e também como uma maneira de representar aquelas informações passadas de uma maneira mais formal.

As perguntas que podem ser respondidas já foram discutidas e são as seguintes: [A1], [A2], [A3], [A4], [B1], [B2], [B3], [B4], [C1], [C2], [C3], [C4] e [D2]. Mesmo que tenha sido encontrado, nos discursos dos alunos, indícios para responder esses tópicos, alguns não foram respondidos em sua totalidade necessitando de uma discussão mais ampla.

Apesar de o tema utilizado ser equivalência massa-energia, foi observado em *Watchmen* diversas possibilidades para se abordar outros tópicos de física moderna. A seguir algumas dessas opções:

- Efeito fotoelétrico;
- Consequências da radiação;
- Astrofísica;
- Avanço tecnológico;
- Modelos Atômicos.

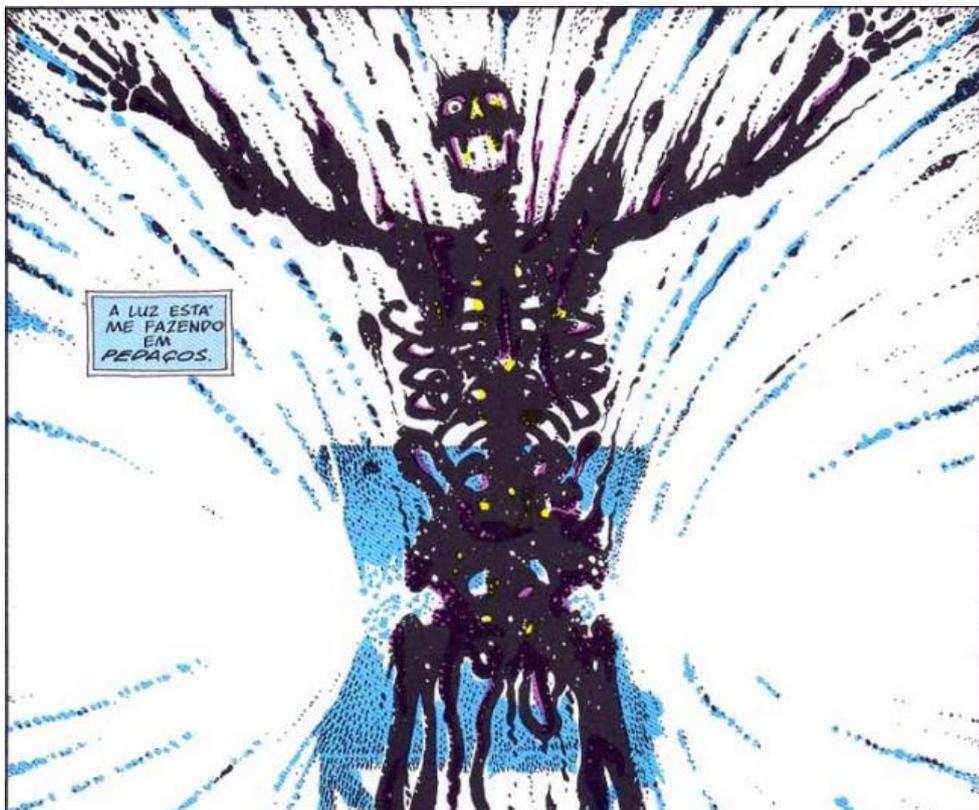


Figura 7 – Efeito fotoelétrico.
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.



Figura 8 – Radiação.

Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.



Figura 9 – Astrofísica.

Fonte: Moore; Gibbons, 1999, nº 4, p. 15



Figura 10 – Avanços tecnológicos.
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v.4.



Figura 11 – Modelos atômicos.
Fonte: Moore; Gibbons, 1999, v. 4.

Através das respostas dos alunos e do auxílio da *tabla aristotélica de invención*, nota-se que *Watchmen* se caracteriza por fazer as ligações entre ciências, aplicações dos conteúdos e importância histórica. Além de funcionar como um atrativo para uma aula de física, fato destacado nos trabalhos citados.

REFERÊNCIAS

- BARCELLOS, Marcília Elis; ZANETIC, João. **Abrindo a Caixa Preta da Massa-Energia**. SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA. São Luís. 2007. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0136-1.pdf>>. Acesso em Mar. 2014
- BORGES, Mauro Duro. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma experiência didática com a teoria da Relatividade Restrita**. 2005. 133 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia; REIS, José Carlos. **Cinema e história da ciência na formação de professores**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. São Luís. 2007. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0147-1.pdf>>. Acesso em Mar. 2014
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em Mar. 2014
- CANATO JR, Osvaldo; MENEZES, Luis Carlos de. **A física quântica como conhecimento em rede no ensino de física**. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, MARESIAS. 2012. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xiv/sys/resumos/T0327-1.pdf>>. Acesso em Set. 2014
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo**. Rio de Janeiro: Nova fronteira, 1981.
- EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1974.
- KEMMIS, Stephen; MCTAGGART, Robin. **Cómo planificar La investigación-acción**. Barcelona: Laertes, 1988.
- LEMOS, Nivaldo. $E=mc^2$: origem e significado. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 1, mar. 2000. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_3.pdf>. Acesso em Jan. 2015
- LIVRARIA DA FOLHA. **Polêmica e clássica HQ de Will Eisner será adaptada ao cinema**. Uol, 2010. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/livrariadafolha/772615-polemica-e-classica-hq-de-will-eisner-sera-adaptada-ao-cinema.shtml>>. Acesso em Mar. 2014
- MIQUELIN, Awdry Feisser. **Ensino-investigativo de física: trabalhando numa abordagem sistêmica em ambiente multimídia-telemático**. 2003. 125 f. Dissertação – Programa de pós-graduação do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MIRANDA, Lucas Mascarenhas de; OLIVEIRA, Luzya Marxiellen Montan; MEDEIROS, Vitor Iotte; FLÔR, Cristhiane Cunha. **Imagem da Ciência no Cinema: um levantamento de produções cinematográficas comerciais produzidas no período entre 2000 e 2011**. Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo. 2013. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0675-1.pdf>>. Acesso em Fev. 2014
- MOORE, Alan; GIBBONS, Dave. **Watchmen**. Rio de Janeiro: Abril, 1999
- NASCIMENTO Jr, Francisco de Assis; PIASSI, Luiz Carlos. **Quarteto Fantástico: ensino de física, histórias em quadrinhos, ficção científica e satisfação cultural**. 2013. 114 f. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, Ivan Carlo de Andrade de. **A Divulgação Científica nos Quadrinhos: Análise do Caso Watchmen**. 1997. 143 f. Dissertação – Faculdade de Comunicação Social da Universidade Metodista do Estado de São Paulo, São Paulo, 1997.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, mar. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/ienci>>. Acesso em Out. 2014

PERON, Thiago da Silva; GUERRA, Andreia. **Relatividade restrita no 1º ano do ensino médio: abordagem histórica e influências**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, Manaus. 2011. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0331-1.pdf>>. Acesso em Mar. 2014

SCHNEIDER, Steven. **1001 filmes para ver antes de morrer**. Rio de Janeiro: Sextante, 2008.

SILVA Jr, Nelson. In: **Arte e Ciência: um encontro interdisciplinar**. Maringá: Massoni, 2010.

SNYDER, Zack. **Watchmen**. Vancouver: Paramount Pictures, 2009.

SOUSA, Eduardo Oliveira Ribeiro de; VIANNA, Deise Miranda. **Usando Quadrinhos para Discutir Ótica**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, São Paulo. 2013. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0421-1.pdf>>. Acesso em Fev. 2014

TRAGHETTA, Dinis Gomes. **A bomba atômica revelada: a recriação da bomba atômica através da literatura aberta**. Curitiba: Appris, 2013.

VERGUEIRO, Waldomiro; RAMOS, Paulo. **Quadrinhos na educação: da rejeição à prática**. São Paulo: Contexto, 2009.

ANEXO 1 - Carta de Albert Einstein enviada à F. D. Roosevelt utilizada em sala de aula.

Albert Einstein
Old Grove Road
Peconic, Long Island
2 de Agosto de 1939
F. D. Roosevelt
Presidente dos Estados Unidos
Casa Branca, Washington D. C.

Senhor:

“Algumas pesquisas desenvolvidas recentemente por E. Fermi e Szilard, cujas comunicações me foram entregues em manuscritos, induziram-me a considerar que o elemento Urânio possa ser transformado...em uma nova e importante fonte de energia... Considero, portanto, que seja meu dever solicitar a V. Excia grande atenção para os fatos e recomendações que seguem: Nos últimos quatro meses, foi confirmada a possibilidade...produzir...”uma reação nuclear em cadeia” capaz de gerar grande quantidade de energia...Atualmente temos quase que certeza...chegar a estes resultados num futuro próximo. Este novo fenômeno poderá permitir a construção de bombas extremamente potentes. Uma única bomba...explodindo num porto, poderá destruir inteiramente o porto e grande parte do território adjacente. ... seria interessante e oportuno um contato permanente entre a alta administração do governo e o grupo de físicos que estão estudando a “reação em cadeia” na América...Sou conhecedor do fato de que a Alemanha efetivamente bloqueou a venda de Urânio das minas Tchecoslováquia...A decisão de agir rapidamente desta forma pode ser explicada pelo fato do filho do subsecretário de Estado, Von Weizsäcker, trabalhar no instituto Kaiser Guilherme de Berlim, onde estão sendo realizadas...as mesmas pesquisas sobre o Urânio que se desenvolver nos Estados Unidos.

Cordialmente

Albert Einstein.

ANEXO 2 – Perguntas para os alunos sobre a aplicação do TCC em sala de aula.

De que maneira a abordagem diferenciada contribuiu para seu entendimento do assunto?

Descreva os pontos que mais chamaram sua atenção.

MOORE, Alan; GIBBONS, Dave. **Watchmen**. Rio de Janeiro: Abril, 1999

TRAGHETTA, Dinis Gomes. **A bomba atômica revelada: a recriação da bomba atômica através da literatura aberta**. Curitiba: Appris, 2013.