



A FÍSICA E OS SUPER-HERÓIS: UMA FORMA DIVERTIDA DE FALAR DE CIÊNCIA

PHYSICS AND SUPERHEROES: AN AMUSING WAY TO TALK ABOUT SCIENCE

Letícia Maria de Oliveira

leticia.maria@univasf.edu.br

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Senhor do Bonfim, Avenida Antônio Carlos Magalhães, s/n, CEP 48970-000, Senhor do Bonfim - Bahia

Kassiano Ademir Amorim Ferreira

kassioferreira567.amorim@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Campus Universitário Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis – Santa Catarina

RESUMO

A ciência, em especial, a física, ao contrário do que comumente se pensa, requer muito do processo imaginativo para ser apreciada. É preciso, portanto, buscar estratégias de apresentá-la aos jovens que contemplem a imaginação e a criatividade, tornando a física mais interessante e divertida. Para isso, é importante aproveitar os elementos que compõem a cultura dos jovens e foi nesse sentido que essa proposta se desenvolveu, escolhendo os super-heróis das Histórias em Quadrinhos e as personagens dos mangás como alternativa para unir o universo científico com o universo cultural. Como fazem parte do mundo do entretenimento e são muito conhecidos dos jovens, esses personagens podem ser utilizados para apresentar a física de forma divertida e estimulante para este público. Nesse sentido, foram realizadas oficinas no contraturno escolar, nas quais os heróis eram utilizados para apresentar e exemplificar os fenômenos e conceitos da física. Durante as oficinas, os estudantes foram estimulados à produção textual, criando seus próprios heróis e histórias, e fazendo suas interpretações acerca dos superpoderes. A análise dos textos produzidos mostrou o processo de criação dos jovens, como eles compreendem as personagens da ficção e como eles as relacionam com os fenômenos físicos. Essa proposta não buscou somente desenvolver uma proposta de divulgação científica nas escolas, tampouco de medições sobre compreensões errôneas ou corretas dos conceitos científicos, mas demonstrar como o mundo cultural dos jovens é importante no processo de aproximação com a ciência e, principalmente, incentivar a criatividade e a imaginação dos jovens por meio da produção textual e, assim, os estimular a conhecer mais sobre o universo da ciência.

PALAVRAS-CHAVE: Divulgação científica; Física; Super-heróis; Cultura do aluno; Produção textual.

ABSTRACT

Science – and physics, in particular - despite what it is commonly thought, requires lots of imaginative process to be appreciated. Therefore, it is necessary to seek strategies to present science to young people in a way that takes into account imagination and creativity, making

physics more interesting and fun. For this, it is important to take advantage of the elements that make up the culture of the young and based on this was developed a proposal choosing the comic book superheroes and the manga characters as an alternative to unite the scientific universe with the cultural universe. As part of the entertainment world and well known to young people, these characters can be used to present physics in a fun and stimulating way for this audience. In this sense, workshops were held in the school counterpart, in which the heroes were used to present and exemplify the phenomena and concepts of physics. In this sense, workshops were not held against school shifts, in which heroes are used to show and exemplify the phenomena and concepts of physics. During the workshops, students were encouraged to produce texts, create their own heroes and stories, and make their own interpretations of superpowers. The analysis of the produced texts showed the process of creation of the young, how they understand the characters of fiction and how they relate them to physics phenomena. This proposal did not only seek to develop a proposal of scientific dissemination in schools or of measurements on erroneous or correct understandings of scientific concepts, but rather to demonstrate how the culture of youth is important in the process of bringing young people closer to science. And, above all, to encourage creativity and imagination of young people through textual production and, in this way, stimulate them to know more about the universe of science.

KEYWORDS: *Scientific divulgation; Physics; Super heroes; Student culture; Text production*

INTRODUÇÃO

A escola sempre foi um importante ambiente de saber e conhecimento. Contudo, e infelizmente, esse conhecimento transmitido nesses espaços sempre se configurou como relativo a um saber teórico, restrito e, assim, muito pouco interessante, principalmente aos jovens do século XXI. Trata-se, pois, de um momento de repensar e reconstruir esse espaço e esse conhecimento, relacionando-os com toda diversidade cultural da atualidade e ao conjunto de informações do mundo que nos cerca, reivindicando para a escola um papel mais atuante na disseminação do conhecimento (CHASSOT, 2003). Esse tema torna-se bastante complexo e desafiador quando o conhecimento e o saber trabalhado referem-se às ciências - em especial, à física.

A física enquanto disciplinar escolar, além de ser basicamente o uso de fórmulas para a resolução de exercícios, também não tem relação com a realidade em que os jovens estão inseridos. Essa problemática traz o distanciamento que existe entre dois mundos: o mundo do formalismo escolar e o mundo cotidiano dos alunos. A falta de interação entre esses dois mundos dificulta a apreciação por parte dos estudantes em conhecer mais sobre essa área da ciência (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007).

Nesse sentido, atividades extraclasse, no âmbito da divulgação científica, podem contribuir, e muito, na aproximação entre a cultura do jovem e a cultura científica. Ademais, essas atividades podem fazer com que o estudante seja apresentado a uma física divertida e criativa.

Uma das formas divertidas de apresentar as ciências ao público jovem é a partir do uso das histórias em quadrinho (HQs), que são muito populares entre eles. De acordo com Caruso (2005), as histórias em quadrinhos têm uma linguagem simples e um grande apelo visual. Também deve-se considerar que os quadrinhos trabalham com o imaginário de seus leitores, tendo a função de entretenimento, diversão e - por que não? - de conhecimento.

Não se reduz e nem se inferioriza a ciência ao considerá-la uma forma de brincadeira. Pelo contrário. Assim, considerando e apresentando a ciência desta forma aos jovens estudantes, consegue-se também dotá-la de criatividade, alegria e prazer. Afinal, se a ciência é uma forma de imaginação, e se todos os experimentos são uma forma de brincadeira, então a ciência não pode ser tão séria assim. No entanto, é isso que muita gente supõe. Trata-se de outra falácia comum: de que a prática da arte é divertida, e que a da ciência é aborrecida (BRONOWSKI, 1998).

Nesse sentido, segundo Gonzaga et al. (2014) qualquer manifestação de arte pode-se acrescentar a ciência para transmitir um pouco do sentido de questionamento, inspiração dos cientistas. Mesmo não objetivando contar uma história extraída da realidade, aventuras de super-heróis acabam por se tornar grandes veículos de divulgação científica.

Aproximando a ciência da cultura dos jovens, pode-se fazer com que essa área do conhecimento se torne mais divertida e seja capaz de atrair a atenção da juventude da atualidade. Os quadrinhos de super-heróis norte-americanos estão repletos de ciência, como é mostrado por Gresh e Weinberg (2005) ao analisar alguns dos super-heróis, mostrando em perspectivas física, química e biológica, a possibilidade da existência, ou não, do superpoder e/ou do super-herói. Analisar, de acordo com os preceitos científicos, a possibilidade de existência de um superpoder, pode ser uma atividade bem curiosa para os jovens, principalmente ao descobrirem que a ciência, em especial a física, é uma grande destruidora de super-heróis.

Gonzaga et al. (2014) analisam múltiplos super-heróis e também vilões a partir dos conceitos da física. Alguns dos principais assuntos abordados pela física podem ser ilustrados com quadrinhos de super-heróis, seja para apontar uma aplicação correta ou equivocada de seus conceitos. Isso mostra que existe física nos quadrinhos, e que ela é possível de ser utilizada como forma de divulgar a ciência, em especial, a física, de uma forma divertida e curiosa. Muitos super-heróis e seus respectivos superpoderes serão aqui apresentados e o primeiro deles é o personagem Flash, da DC Comics.

Flash é um herói que tem supervelocidade, adquirida após um raio atingi-lo em seu laboratório (GONZAGA et al., 2014). De maneira simples, analisando pela segunda lei de Newton, a força de seus golpes, desde que estivesse em movimento acelerado, seria grande devido a essa aceleração. Mas ele teria problemas com atrito, já que a força que ele aplicaria no solo seria aplicada sobre ele com a mesma intensidade e direção, mas com sentidos diferentes (SANT'ANNA et al., apud. 2010 GONZAGA et al., 2014). Se esse atrito fosse reduzido, diminuindo a força de apoio, ou normal, tornaria sua supervelocidade inútil, pois o herói mal conseguiria caminhar. Um dos inimigos do Flash, o Capitão Frio, consegue reduzir o atrito ao usar um raio congelante no solo, criando dificuldades para o herói se deslocar. O Flash enfrenta muitos outros problemas além da força de atrito e sua redução. Um deles diz respeito à sua necessidade calórica, pois o corpo, assim como uma máquina térmica, precisa de energia para realizar trabalho. Considerando as incríveis velocidades em que corre, chegando a alcançar a velocidade da luz, é necessário que ele consuma uma quantidade estupendamente grande de calorias (GONZAGA et al., 2014; GRESH e WEINBERG, 2005). E por falar em velocidade da luz, a capacidade de um homem com uma massa de dezenas de quilos alcançá-la já configuraria uma grande impossibilidade física para o herói.

Outro personagem dos quadrinhos bastante conhecido é o Super-Homem, que veio do planeta Krypton para a Terra quando ainda era um bebê, e apresenta vários poderes como superforça, capacidade de voar, uma incrível resistência física, além de também atingir altas velocidades. Muitos desses poderes não seguem uma explicação física e as dadas pelos autores das histórias também não são muito lógicas. Para a superforça do Super-Homem, a primeira

explicação dada dizia respeito à aceleração da gravidade do planeta Krypton, que seria maior que a da Terra. Com isso, a força do homem de Krypton seria muito maior que a dos terráqueos (GRESH e WEINBERG, 2005).

Utilizando essa força, o homem de aço, como é conhecido, já levantou pessoas, carros, prédios, aviões, entre outros objetos de grande massa. A força necessária para erguer um objeto em um planeta é igual à massa do objeto multiplicada pela aceleração gravitacional presente nesse planeta. Assim, para levantar veículos com algumas toneladas de peso, ele precisaria de uma grande força. Para, por exemplo, levantar um Boeing 747 que, vazio, tem uma massa de 178.756 kg ou aproximadamente 178 toneladas (RODRIGUES, 2010), e usando a aceleração da gravidade da Terra a $9,8 \text{ m/s}^2$, o herói exerceria uma força de 1.751.808,8 N, o que seria digno apenas de super-heróis.

Segundo Gresh e Weinberg (2005) um atleta no auge de sua forma física consegue erguer apenas o peso de seu próprio corpo. Então, ao se considerar a massa do Super-Homem como 100 kg (GRESH e WEINBERG, 2005; GONZAGA et al., 2014) seu peso seria de 980 newtons (usando a aceleração da gravidade da Terra como $9,8 \text{ m/s}^2$), ou seja, muito menor que o peso do Boeing 747 ou de outros veículos. Vemos aqui como a física pode destruir os superpoderes de um ícone.

Em 1962 estrearam os quadrinhos que contam a história de outro personagem: Dr. Bruce Banner, que foi atingido por raios gama e, toda vez que fica irritado, se transforma no Hulk, um monstro gigante, com forma sobre-humana (GRESH e WEINBERG, 2005). A força imensa do Hulk, combinada com sua resistência sobre-humana, são seus principais poderes. Pelos olhos da física, a grande massa do Hulk lhe proporciona uma grande força, já que pela segunda lei de Newton, a massa é uma grandeza diretamente proporcional à força (HEWITT, 2002). Assim, sua superforça não é tão absurda se levamos em consideração que o Hulk media 2,15m de altura e pesava quase 500 kg (GRESH e WEINBERG, 2005).

Se um personagem com essa massa possui uma grande força, isso é cientificamente aceitável, embora a superforça do Hulk extrapole esses limites. O maior problema do Hulk é a sua própria existência: Bruce Banner deveria ter morrido com a exposição aos raios gama. Gresh e Weinberg (2005) estimam que Banner recebeu uma radiação de 1.000 rems. Com esse nível de radiação, Bruce Banner não teria se transformado em um gigante esverdeado, ele teria morrido. E se a radiação fosse menor, sua vida não seria muito longa, além de sofrida, com múltiplos tipos de câncer destruindo seu corpo (GRESH e WEINBERG, 2005).

Seguindo a análise de heróis dos quadrinhos, os próximos são Lanterna Verde, da DC Comics, e a Mulher Invisível, da Marvel Comics. Ambos possuem poderes estreitamente ligados à luz. Lanterna verde, recriado em 1959, mostrava Hal Jordan, que encontrou nos destroços de um disco voador uma lanterna verde que lhe concedia seus poderes, sempre que ele tocava na bateria (GRESH e WEINBERG, 2005). A lanterna que Hal Jordan usava lhe permitia fabricar construtos de cor verde, entre outras habilidades, tais como levantar objetos e até mesmo voar. A única falha era com objetos de cor amarela, pois os poderes eram inúteis com qualquer material dessa cor (DC Comics, 1959 apud GONZAGA et al., 2014).

Ao se decompor a luz branca, temos o vermelho, o verde e o azul (as cores primárias) que ao se misturarem criam as outras cores, inclusive o amarelo, que contém partes iguais de vermelho e de verde (GRESH e WEINBERG, 2005). A fraqueza do personagem Lanterna Verde é algo que não faz sentido pelos olhos da física, já que o amarelo é parte da cor verde.

Já a Mulher Invisível enfrenta outro problema com a luz. Sue Storm, a verdadeira identidade da heroína, integrante do Quarteto Fantástico, ganhou a capacidade de tornar seu corpo invisível ao ser bombardeada por raios cósmicos, durante uma viagem espacial. Ao ficar

invisível, a luz visível não é refletida por Sue, pelo contrário, vai atravessar o seu corpo. O problema para Sue é que toda sua estrutura ocular, também seria invisível. Para a visão funcionar, a luz não pode atravessar o olho, desse modo, a Mulher Invisível seria cega (GRESH e WEINBERG, 2005).

Encerrando a análise de super-heróis de quadrinhos norte-americanos, o próximo é Magneto, dos X-men. Magneto não é um herói, mas sim um anti-herói, que constantemente enfrenta os mutantes dos X-men (GONZAGA et al., 2014). Magneto basicamente pode gerar e controlar campos magnéticos. Um campo magnético é uma região ao redor de um polo magnético ou de uma partícula carregada em movimento. (HEWITT, 2002). Sabendo que a geração de campos magnéticos está relacionada ao movimento dos elétrons, e até mesmo sua intensidade está relacionada com esse movimento e a interação de pares de elétrons (HEWITT, 2002), os poderes de Magneto, supõe-se, então, que venham deste controle.

A problemática dos poderes de Magneto é que eles podem criar campos magnéticos unidirecionais, afetando apenas um objeto, mas deixando outros intactos (SILVA, 2012). Contudo, os campos magnéticos não são unidirecionais: pelo contrário, são multidirecionais, além de afetarem todos os materiais sensíveis ao magnetismo. Ou seja, o campo magnético gerado por nosso anti-herói afetaria todos os objetos sensíveis ao magnetismo que estivessem ao seu redor (SILVA, 2012).

Mas não só em personagens de quadrinhos norte-americanos que existe física. Diferenciando dos outros autores, Linsingen (2007) vai demonstrar a possibilidade de trabalhar a ciência a partir de um tipo específico de histórias em quadrinhos: os mangás.

Os mangás são histórias em quadrinhos japoneses. Dizer isso não significa dizer que são as HQs "importadas do Japão". Eles apresentam certas características que as HQs ocidentais não oferecem quanto à manipulação das imagens, ao design dos quadrinhos, à narrativa, ao enredo e ao enfoque diferenciado de acordo com o tipo de público (LINSINGEN, 2007, p. 1, 2).

Uma das categorias de mangás com boas possibilidades de se encontrar ciências entre suas páginas é o Shounen mangá, um estilo voltado para o público masculino, com cenas de ação, violência e poderes fantásticos (LINSINGEN, 2007). Nessas cenas de ação, assim como nos enredos, existem muitos conteúdos científicos que, se identificados, podem ser explorados em atividades de divulgação da ciência.

Assim como os super-heróis, os personagens dos mangás também podem ter seus poderes e habilidades analisados através da física. O primeiro que abordaremos é Son Goku, do mangá Dragon Ball, de Akira Toriyama. Goku é um alienígena que foi enviado para Terra ainda bebê e cresceu como humano. Assim como ocorre com o Super-Homem, a raça de Goku tem origem em um planeta com a gravidade maior do que a da Terra (TORYAMA, 2014).

Entretanto, o personagem já treinou em um planeta com uma aceleração gravitacional dez vezes maior que a da Terra, ou seja, ela seria da ordem de 98 m/s^2 . Nesse planeta Goku tinha apenas um pouco de dificuldade para andar e correr (TORYAMA, 2014). Capítulos à frente, Goku conseguiu, nesse mesmo planeta, usando a sua habilidade de flutuar, levitar carregando consigo pesos de treinamento presos aos seus membros inferiores. Inicialmente, cada peso tinha 1 tonelada, totalizando 4 toneladas. Depois, ele utilizou quatro pesos com 10 toneladas cada, totalizando 40 toneladas (TORYAMA, 2015). A força sustentada pelo herói japonês atinge, de fato, os limites ficcionais.

Outro poder apresentado pelas personagens de Dragon Ball é a transformação em Super Saiyajin. Nessa transformação, as personagens ficam com cabelos loiros e com uma aura

luminosa dourada em volta de seu corpo. Em estágios mais avançados é possível ver alguns raios circundando essa aura (TORYAMA, 2015). Pelo enredo, essa transformação garante mais poder ao usuário, mas fisicamente isso não está tão correto. A energia usada para essa transformação é a energia química acumulada pelo corpo através dos alimentos. A energia química é transformada em energia luminosa e elétrica, além de ser convertida em energia cinética, já que os personagens vão estar se movimentando durante as lutas. Logo, o gasto energético com essa transformação ativa seria imenso, o que não favoreceria o poder dos personagens.

Seguindo a análise física dos mangás, podemos aplicar a segunda lei de Newton para explicar algumas situações. No mangá Dragon Ball podemos ver que alguns personagens ganham um aumento exponencial de massa muscular, mas ficam com a aceleração prejudicada nos capítulos 386, 387 e 388. Nesses capítulos é explicado que toda aquela massa realmente proporciona uma maior força, mas prejudica a aceleração (TORYAMA, 2015).

Utilizando o mangá Naruto, alguns personagens podem ser analisados. O primeiro deles será Oonoki. Entre seus vários poderes ele pode levitar e fazer outras pessoas levitarem (KISHIMOTO, 2014). Esse poder está relacionado com a densidade. O personagem em questão reduz a massa, seja a sua ou a de outros, logo, a densidade também é reduzida, tornando-se menor que a do ar, permitindo assim a levitação (KISHIMOTO, 2015).

Outro personagem que apresenta uma relação com a densidade é Nagato, com suas várias habilidades consideradas raras no universo onde está inserido. Uma dessas habilidades consiste em criar uma pequena esfera negra nas palmas das mãos e lançá-la ao céu, onde essa esfera exerce um poder de atração sobre tudo que está no solo (KISHIMOTO, 2015). Para exercer uma atração gravitacional deve-se ter uma grande massa. Pela lei da gravitação universal, a massa do corpo é diretamente proporcional à essa força de atração. Como a esfera lançada por Nagato exerce grande atração e é pequenina, infere-se que ela tem uma alta densidade, ou seja, uma grande massa concentrada em um pequeno volume. Talvez não seja coincidência o poder ter o nome de Chibaku tensei, traduzido como Estrela da devastação celestial (KISHIMOTO, 2015).

O último personagem a ser apresentado é Natsu, do mangá Fairy Tail. Segundo o enredo, Natsu é um mago que utiliza fogo, podendo cuspi-lo ou envolver seus membros com fogo para aumentar o poder destrutivo de seus golpes. Natsu também tem a habilidade de comer fogo para aumentar seu poder (MASHIMA, 2014). A última habilidade aqui relatada pode ser comparada com o funcionamento de uma máquina térmica, que é um dispositivo capaz de converter energia interna em trabalho mecânico (HEWITT, 2002). Assim, o fogo que Natsu come, compreendido como a energia interna, será convertido em energia mecânica que, nesse caso, são seus poderosos golpes. A única coisa que parece incoerente é que Natsu converte todo o calor do fogo que come em energia mecânica, e segundo Hewitt (2002), uma máquina térmica converte apenas parte do calor em energia mecânica. Nesse caso, Natsu seria o que se chama de máquina perfeita, com 100% de rendimento.

A partir dessas análises, feitas por diversos autores, nota-se como existem múltiplos exemplos e conceitos físicos nas histórias em quadrinhos, bem como nos mangás japoneses. Desse modo, esse trabalho buscou a construção e a concretização de uma proposta de divulgação científica nas escolas, com ênfase nos fenômenos físicos, a partir dos super-heróis de HQs e dos mangás, relacionando, assim, o universo das ciências com o universo cultural dos jovens. Ademais, nesta proposta também buscou-se o estímulo ao processo criativo dos jovens a partir de produções textuais.

METODOLOGIA

Este trabalho foi decorrente de um projeto de extensão, executado por meio da Universidade Federal do Vale do São Francisco, denominado: "A Física e os Super-heróis: uma dupla imbatível". Tratou-se, pois, de um projeto de divulgação científica, realizado em quatro escolas, com o intuito de apresentar aos estudantes a física que pode ser percebida no universo dos super-heróis.

Num primeiro contato com os estudantes, a partir de conversas informais, desenvolveu-se a problematização e os pontos-chave para a continuidade da proposta. Nessa etapa, percebeu-se o distanciamento e a aversão que muitos jovens sentiam pela física, e se partiu para a construção de possíveis alternativas para mudar essa relação. Assim, a etapa da teorização consistiu em fundamentar teoricamente a proposta, colaborando desse modo com a elaboração da ação. A etapa seguinte consistiu na intervenção, com a realização das oficinas nas escolas, que garantiu não somente a coleta de dados, como também proporcionou algo novo aos olhos dos estudantes.

As escolas participantes do projeto foram: Educandário Nossa Senhora do Santíssimo Sacramento, Colégio Modelo Luís Eduardo Magalhães, Colégio Batista Nova Sião, todos localizados na cidade de Senhor do Bonfim – BA, e o Colégio Presbiteriano Augusto Galvão, no município de Campo Formoso – BA. Embora tenha havido variações no número de alunos presentes a cada dia das oficinas, reuniu-se uma média de oito alunos por oficina, entre estudantes do último ano do Ensino Fundamental e do primeiro e segundo ano do Ensino Médio. A participação dos alunos era voluntária e as oficinas aconteciam no contraturno escolar.

Para cada oficina foi estabelecido um tema da física, sendo esses: força, gravidade, energia, termodinâmica, eletromagnetismo e ondas. Os principais exemplos e super-heróis abordados nas oficinas foram os apresentados na Introdução deste trabalho. Em média, teve-se uma duração de uma hora por tema em todas as escolas. Nas oficinas eram apresentados os super-heróis e seus superpoderes e a eles eram relacionados os conceitos de física. Flash, Hulk, Super-Homem e Goku foram alguns dos super-heróis mais utilizados como exemplos. A dinâmica da oficina ocorreu também pelas participações dos jovens por meio de comentários, dúvidas ou com os exemplos que eles apresentavam.

Os dados foram obtidos das observações de todas as oficinas, considerando as participações dos estudantes durante esse processo, por meio de um diário de bordo. A outra fonte de dados foi proveniente dos textos que os participantes produziram ao final de cada ciclo de oficina. As análises dos textos buscaram encontrar a sua lógica, o contexto em que foram construídas e as relações explícitas estabelecidas. Contudo, também foram considerados elementos não explicitados, confusões, incompreensões e compreensões conceituais, sobre as quais os alunos não têm consciência, partindo de uma análise do tipo Análise de Enunciação.

A Análise de Enunciação se baseia na hipótese de que o Discurso não é algo estático e pronto, mas dinâmico e que se constrói, de fato, no ato formal de sua enunciação. Deste modo, o Discurso não se encontra pronto na mente do sujeito que o emite, mas é formado quando deve ser enunciado para o outro. O analista procura neste Discurso, as figuras, as elipses, as omissões, etc. Estes elementos são formas de quem enuncia o Discurso explicitar (às vezes pelo ocultamento) as contradições, as incoerências e as imperfeições do Discurso (ROSA, 2013, p. 133).

Assim, não somente o que estava explícito no discurso foi analisado, mas também as omissões e algumas contradições, buscando entender como esses elementos representavam

a percepção dos alunos com respeito a uma nova forma de falar de física. Esses aspectos encaixam em dois tipos de Análise de Enunciação: a análise lógica, que analisa a articulação dos enunciados no decorrer do discurso, e a análise dos elementos formais atípicos, onde se busca o que não é típico, como as omissões e contradições (ROSA, 2013). Em suma, o que buscou por meio dessa proposta foi observar o processo de construção dos jovens, os conceitos físicos presentes em seus textos e as conexões desses com os personagens, além da elaboração do enredo considerando elementos como cenários, características dos heróis, dentre outros. A partir dos textos produzidos, foi observado como os alunos fizeram a construção dos heróis e suas análises, utilizando os princípios da física, mesmo que de forma confusa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análises das oficinas

Um dos objetivos dessas oficinas era fazer com que os alunos percebessem que é possível reconhecer a física através dos super-heróis. As oficinas serviram como uma forma de conectar o que Fourez (2003) chama de cultura escolar e cultura do aluno. A estratégia utilizada trouxe alguns benefícios como, por exemplo, a atenção que os alunos depositaram nos momentos de exposição. Eles estavam em grande parte do tempo atentos, observando e escutando. A partir desse comportamento, entende-se que a estratégia utilizada constrói uma forma atrativa de divulgação da ciência, em que os jovens são despertados para diversos temas e assuntos sobre os quais não haviam pensado antes. Um dos grandes desafios das oficinas era também fazer com que os participantes estabelecessem conexões entre os conceitos da física e os super-heróis de uma forma fluida e natural.

Uma participação interessante foi do estudante G. Quando perguntado quais dos super-heróis conhecidos teria um soco mais forte, ele respondeu que seria o Flash, por causa da sua aceleração. Mas o próprio aluno questionou o motivo de não ser o Super-Homem, já que ele também possuía uma grande capacidade de aceleração. A postura do estudante, desenvolvida pela instigação promovida, mostra como o processo reflexivo é importante, pois não somente formulou uma resposta, como também analisou as outras possibilidades. Com isso, nota-se que levar até os jovens um elemento pertencente à sua cultura, possibilita uma reflexão sobre as possibilidades e o coloca como um questionador. Cria-se uma possibilidade de construção do conhecimento, unindo as duas culturas e reforçando a importância da divulgação da ciência de uma forma dinâmica, capaz de prender a atenção dos jovens.

As oficinas revelaram que analisar superpoderes pela perspectiva da física garante que os estudantes percebam os conceitos de uma forma divertida, e não complicada. Isso é conectado ao interesse que é despertado nos estudantes, e também com as ideias de Bronowski (1998) de que o estudo científico também pode ser divertido.

Nas oficinas, essa diversão era proveniente não apenas dos superpoderes dos heróis, mas também em razão das discussões e das falas inusitadas que surgiam. Uma delas foi quando a estudante J, durante a discussão sobre a troca de calor envolvendo os heróis, relacionou os conceitos com a situação de um casal namorando, onde haveria essa troca de calor. Outro participante, o estudante C, em meio à discussão sobre a gravidade e como ela afetava a capacidade de voar do Super-Homem, disse algo bastante interessante, ligado à sua crença: "Dizem que quando Jesus voltar os corpos vão subir, mas então, pela física da gravidade, isso não será possível".

Em ambas as participações, percebe-se que os estudantes estabeleceram relações dos conceitos com outros elementos de suas vidas, em suas relações pessoais e religiosas. Dessas situações, pode-se notar o benefício dessa estratégia: ela serve como um meio para que os estudantes percebam os conceitos físicos e consigam enxergá-los em outros lugares, sejam ficcionais ou cotidianos. Também se percebeu, nessa última fala, a influência religiosa, visto que das quatro escolas participantes do projeto, apenas uma não era ligada a instituições religiosas, o que não foi proposital.

Um inesperado fato foi ainda a marcante presença feminina. Geralmente, os super-heróis são voltados para o público masculino, mas as meninas que participaram das oficinas se destacaram, mostrando conhecer muitos dos personagens apresentados e rompendo, assim, com a ideia de que os quadrinhos pertencem apenas ao mundo cultural dos meninos.

Análises dos textos

Como parte das oficinas, aos estudantes foi solicitado que criassem textos nos quais poderiam analisar personagens já existentes ou criar seu próprio personagem, sempre relacionando a física com seus superpoderes. Os textos foram analisados buscando não somente apontar erros e acertos conceituais, mas principalmente observar como os jovens são capazes de perceber a física e de falar sobre ela a partir de sua imaginação, e compreender como os estudantes estabelecem suas conexões, considerando todo o processo de contextualização e as influências que sofrem do universo cultural dos heróis já existentes. Foram selecionados alguns desses textos, os quais terão seus trechos apresentados e discutidos a seguir.

Os primeiros trechos a serem apresentados e discutidos foram produzidos pelo estudante G. Além dos recortes que aqui estão expostos, os jovens elaboraram enredos e contextos para suas histórias. No caso do aluno G, foram criados três heróis, cujas origens também estão contextualizadas, como comumente os autores de HQs fazem. O mesmo aluno ainda construiu uma descrição dos poderes dos heróis Borke, Lolly e Planet, respectivamente, como se vê nos seguintes trechos:

Devido a seu corpo ser composto por um material elástico, Broke, seu novo nome depois da mutação, pode fazer com que qualquer força de ataque ou objeto lançado em sua direção possam ser facilmente capturados e sua força e velocidades anulados (ação e reação são anulados) e, além de conseguir atirar bolas vindas de sua própria massa corporal em alta velocidade ($A=f/m$), ele também consegue converter uma força aplicada a ele em energia e usá-la para aumentar a velocidade e a potência de seus golpes (energia cinética/ação e reação).

Com a ajuda de uma bota que, por meio do impulso, ao aplicar uma grande força no chão, atinge uma altura de 7m (ação e reação) e de dois punhos de vibranium que, junto com sua agilidade, fornecem-na uma super força ($F=m.a$) fazem com que ela se torne uma heroína ou uma vilã de grande risco para a sociedade.

Além de seu núcleo central gerar grandes quantidades de energia, ele também controla o formato do corpo de Planet por meio da atração que o núcleo tem com as outras partes do corpo, como se seu núcleo fosse um planeta e seus membros e sua cabeça orbitassem esse planeta (Atração gravitacional) e consegue modificar os seus átomos em qualquer outro. Planet também consegue voar por meio da anulação da gravidade e por meio da mudança de densidade de seu núcleo, ele pode atrair objetos ou até mesmo fazer com que esse objeto faça parte de seu corpo, aumentando sua massa.

Percebe-se que o estudante buscou construir seus heróis respaldados em princípios físicos usando, de forma geral, uma abordagem relativa à segunda e à terceira lei de Newton como explicação dos poderes de seus dois primeiros heróis. Já na construção de seu terceiro herói, o estudante fez uso do conceito de gravitação universal e de densidade para respaldar fisicamente seu poder. Embora um pouco confuso e focado em elementos ficcionais, nota-se uma busca do aluno para explorar ao máximo como a física colaboraria com esses poderes, e de como a relação entre densidade e força gravitacional poderia ser importante para esse poder.

Mesmo com muitas confusões conceituais, o estudante explora sua criatividade e sua capacidade de fazer relações partindo dos conceitos da física, os quais talvez nunca lhes tenham parecido tão próximos. É interessante notar ainda que ele fez uso de seu mundo cultural e de sua afinidade para com os quadrinhos, já que ele utilizou elementos de heróis existentes, como o cenário (Gotham e o Asilo Arkhan) presentes nas histórias do Batman, e o vibranium que aparece nas histórias do Capitão América. Isso mostra a possibilidade de conexão entre esses dois universos. Vale ressaltar também que o jovem produziu três textos, todos interconectados, o que indica uma manifestação espontânea e prazerosa quanto à atividade de produção textual.

Os estudantes D, L e H também criaram seus personagens e utilizaram a força como conceito principal, baseada na segunda Lei de Newton. O estudante D narrou a história de um herói com supervelocidade, que impede um assalto a um banco. Para isso “ele afastou-se o suficiente e entrando em uma velocidade absurda, acertou-o com um golpe que lhe feriu até levá-lo ao óbito”.

O Estudante L criou dois personagens: o vilão Burdock, dito com superforça e outros dons, e o herói Jampa, que é descrito como forte e muito veloz. Durante o combate, conta o estudante:

Jampa percebeu que era muito mais rápido que Burdock, então ele correu muito rápido para poder bater no outro cara com toda sua força, Burdock pensou que ele estava fugindo só que Jampa com o plano em mente, quando Jampa chegou perto de Burdock bateu na cara dele que com o tamanho da força que ele exerceu no murro, destruiu metade do quarteirão.

Nessas duas histórias se nota uma grande influência do personagem Flash, sendo a rapidez o superpoder escolhido na ação do ato heroico de combater os vilões. Em ambas, é o movimento acelerado que contribui para o aumento da força e essa afirmativa é recorrente em outras histórias criadas pelos estudantes. Contudo, a relação entre força e aceleração, referente à segunda lei de Newton, nem sempre é clara na compreensão dos jovens, que acabam por relacionar a força com a velocidade, o que remete à forma aristotélica de pensar o movimento.

Já o estudante H construiu uma relação entre força e massa a partir de uma heroína alienígena que também possuía uma grande força e enfrentava guerreiros alienígenas. Em uma das descrições do combate, ele diz que os inimigos “por estarem com espada e escudo, não conseguiram se movimentar muito rápido, pois o peso era demais”. Poderíamos dizer que ele, em termos confusos, tentou relacionar a ideia de massas maiores com uma maior dificuldade em alterar o movimento.

Os termos utilizados, em todos os textos produzidos pelos estudantes, são bastante simplórios e confusos quanto ao conceito que se pretende demonstrar a partir do super-herói. Não se encontrou em nenhuma produção frases como “aumento da resistência ao movimento” ou “à mudança de estado”, também não foram encontradas referências ao conceito de inércia e nem se percebeu aprofundamentos conceituais. Desse modo, em hipótese alguma, pode-se

afirmar, a partir dessas produções textuais, que o aluno “compreendeu” determinado conceito ou que esse lhe foi “ensinado”. O que se pode dizer é que o jovem conheceu uma nova forma de lidar com a física e com ela se divertiu.

Promover uma atividade criativa relacionada à física faz com que o jovem a veja em elementos de seu entretenimento, com os quais tem afinidade e isso pode transformar, de maneira positiva, momentaneamente ou efetivamente, sua relação com essa área da ciência.

Outro aspecto notado com a análise dos textos foi que a grande maioria dos estudantes, ao produzirem suas histórias, respaldou-se nas leis de Newton, em especial na segunda e terceira lei, embora nas oficinas tenham sido abordados outros temas como as leis da termodinâmica, energia, eletromagnetismo e ondas. Isso talvez se deva ao fato de que há uma ênfase muito grande no ensino da mecânica, desde o último ano do ensino fundamental e em grande parte do Ensino Médio.

Entretanto, apesar de todos utilizarem o mesmo conceito, é interessante notar como a imaginação foi utilizada para inseri-lo na história. Cada um criou seus próprios personagens, em situações em que aqueles poderes eram necessários, não se prendendo apenas à descrição técnica, mas inserindo seus heróis em contextos subjetivos. Nesse caso, se estimulado, é gerado um processo de retroalimentação, pois ao criarem, buscam conhecer um pouco mais sobre determinado conceito e, conhecendo um pouco mais, podem criar mais histórias.

Também se percebe nessas produções como a presença dos super-heróis existente na mídia é marcante. Eles criaram personagens com poderes semelhantes a alguns heróis famosos. Como o estudante L que descreveu seu personagem Burdock como “tão forte, soltava laser pelos olhos, voava alto...” lembrando o Super-Homem, ou o personagem do estudante D que tinha super velocidade e algumas partes de seu texto remetem aos poderes do Flash. Isso não significa um menosprezo à criatividade deles, ou um plágio, mas mostra como esses heróis são presentes no universo cultural dos jovens, ao ponto de influenciarem em suas produções.

Já o texto da estudante B, em que também foram criados heróis, merece destaque por ser um dos poucos que abordou um tema diferente de força. Ela optou por utilizar os conceitos de termodinâmica e criou um herói e um vilão, que não foram nomeados, sendo que o herói controlava o calor e o vilão, o frio. Pelo enredo, o herói consegue derrotar o vilão. A autora inclusive diz que “esse herói já teria ampla vantagem, pois o calor tende a passar do corpo quente para o frio.” A aluna também fala que o vilão “teve seus jatos frios esquentados” pelo herói. Nesse trecho ela justifica a vantagem que foi descrita antes. Percebe-se que a aluna conseguiu criar um herói a partir das leis da termodinâmica, mesmo que ela própria não seja consciente disso.

As estudantes J e B não criaram histórias, mas analisaram o personagem Thor. A estudante J contextualizou brevemente o personagem e como ele possui um lado místico, e falou de suas habilidades e poderes. Nota-se que ela primeiro buscou mostrar o que os quadrinhos oferecem de explicação sem base científica, para depois começar uma análise científica, na qual o foco principal foi a segunda Lei de Newton. Ela fala sobre como Thor tem uma grande força por ter uma grande massa, e como isso dificulta o seu deslocamento: “é um pouco difícil alguém com 290 kg correr para esmurrar alguém, ele pode ter a força, mas para um inimigo mais forte (que ele só vai encontrar em alguma competição de fisiculturista) fica um pouco complicado”. Novamente vemos a associação entre massa e força, bem como o conceito de massa enquanto a inércia de um corpo, ambos colocados de forma bem simples. Nessa mesma associação de ideias, a jovem referiu-se ao termo “pode ter a força”, o que nos

remete a uma concepção aristotélica de que a força é algo intrínseco ao corpo, ou seja, algo que ele possui, e não a uma interação.

Isso nos mostra, entre outros aspectos, que o processo de reconstrução e adaptação cognitiva é um processo que vai se construindo aos poucos, principalmente, quando se tratam de conceitos relacionados a uma das maiores expressões científicas da história: a 2ª lei de Newton. Logo na sequência, ela fala sobre a terceira Lei de Newton, dando uma explicação curta e clara sobre o enunciado da lei. A associação que ela faz entre a lei e Thor, mesmo que aparentemente simples, é correta. O tempo de contato com todos os grupos de alunos foi muito escasso e reduzido, insuficiente para promover uma relação mais clara com os conceitos e sua adaptação e assimilação por parte dos jovens.

A mesma aluna ainda fez um comentário sobre o papel de Isaac Newton no mundo dos super-heróis: "Só nesse tema já fica claro que Newton odiaria quadrinhos, por que o cara estraga prazer de todo mundo". De uma forma divertida, a jovem demonstrou algo bastante interessante: que a física é a pior inimiga dos superpoderes. Ao se fazer a análise de muitos personagens, nota-se que a grande maioria deles será conceitualmente incoerente e impossível. A jovem conseguiu perceber esse fato e o relatou de uma forma divertida, colocando Newton como alguém que odiaria quadrinhos. Assim, ela mostra ter consciência de que fazer uma análise dos quadrinhos, não é somente procurar acertos, mas sim, de uma forma divertida e leve, aplicar conceitos aos personagens ainda que isso os "enfraqueça" ou os "destrua".

A estudante B também analisou o personagem Thor. Em seu texto ela fala: "O Thor joga o martelo em direção ao Hulk, ele não consegue parar, mas basta ele atrair o martelo pesado através de seu poder que ele vem em direção a mão dele e ele pega sem nenhum esforço..." Ela analisou passagens do filme Os Vingadores, de 2012, dizendo que Thor consegue parar seu martelo facilmente, enquanto o Hulk, que é um personagem com muita mais massa, não consegue fazer o mesmo. Ela ainda fala que "é impossível alguém atrair um martelo sem ter imã ainda mais não quebrar a mão com o martelo". Como Thor não possui nenhum imã nas mãos, seu poder de atrair o martelo realmente só pode existir na ficção. Afinal, já que o martelo tem uma massa considerável e muitas vezes, uma grande aceleração, realmente a mão do Thor já teria sido totalmente danificada. A aluna aplicou algumas leis da física ao personagem, em especial, a terceira lei de Newton, mas demonstrou não saber sobre quais conceitos estaria falando.

Assim como nos demais textos, embora existam muitas confusões conceituais e superficialidade em suas descrições, nota-se um despertar para o estabelecimento de novas conexões do saber, principalmente ao entender que podem procurar nos heróis a física que antes não viam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse projeto foi construído com o intuito de mostrar como os super-heróis podem ser utilizados em atividades de divulgação científica, principalmente com relação à física, sempre malvista pelos jovens. Ao mostrar aos jovens essa nova perspectiva, eles puderam perceber que a física não é algo restrito ao formalismo da sala de aula, mas que está presente em múltiplos aspectos do cotidiano, inclusive em algo que é tido apenas como um mero entretenimento.

As construções textuais dos estudantes mostraram como os quadrinhos fazem parte do seu universo cultural, e como seu uso em atividades escolares de contraturno pode estimular

a criatividade nos jovens. Assim sendo, a união entre a cultura científica e a cultura dos estudantes é um modo de tornar a física mais interessante para eles.

Os super-heróis foram criados para o público infanto-juvenil, e são muito populares, estando presente nos quadrinhos, filmes e animações. Então, eles podem ser vistos como um elo de união entre essas duas culturas. As oficinas funcionaram como uma forma de mostrar aos alunos a possibilidade de unir essas duas culturas. Eles puderam perceber que a física não é restrita ao formalismo escolar e que não se resume às fórmulas e aos cálculos. Assim, com essa nova visão sobre a física, puderam então unir suas culturas e criarem suas histórias.

No processo criativo de produção textual, o jovem procura conhecer mais sobre determinada personagem, bem como sobre a física relativa aos seus poderes. Desse modo, de uma forma livre e descontraída, ele busca conhecer mais a ciência para que, a partir dela, possa criar.

A busca deles por inserir conceitos físicos nos personagens foi muito além de erros e acertos. Eles exploraram vários elementos para criar suas histórias, assim como ocorre nos quadrinhos comerciais ao mostrarem como os personagens são e quais seus poderes e como foram adquiridos, dando vivacidade às criações. E apesar das confusões conceituais, houve uma grande preocupação por parte dos jovens em inserir a física em seus argumentos, tornando-a parte importante do enredo. Isso converge totalmente com o objetivo do trabalho, pois assim existe um entrelaçamento mais profundo entre a cultura escolar e do estudante, evitando que os super-heróis se tornem apenas mais um exemplo sem sentido, passando a integrar seu universo não só do entretenimento como também do conhecimento.

REFERÊNCIAS

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.

BRONOWSKI, Jacob. **O olho visionário: ensaios sobre arte, literatura e ciência**. Tradução de Sérgio Bath. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

CARUSO, Francisco; CARVALHO, Miriam de; SILVEIRA, Maria Cristina de Oliveira. Ensino não-formal no campo das ciências através dos quadrinhos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 4, Out./Dez. 2005.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GRESH, Lois H.; WEINBERG, Robert. **A ciência dos super heróis**. São Paulo: Ediouro, 2005.

GONZAGA, Luiziana A.; MACETI, Huemerson; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, Celso Luis. A física dos super-heróis de quadrinhos (HQ). **Caderno de Física da UEFS**, Feira de Santana, v. 12, n. 1, p. 07-30, 2014.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. – 9.ed. - Porto Alegre: Bookman, 2002.

KAKALIOS, James. **The Physics of Superheroes**. Nova Iorque: Gotham Books, 2005.

KISHIMOTO, Masashi. **Naruto**. v. 55, edição pocket. Panini Comics: São Paulo, 2014.

KISHIMOTO, Masashi. **Naruto**. v. 58, edição pocket. Panini Comics: São Paulo, 2015.

KISHIMOTO, Masashi. **Naruto**. v. 59, edição pocket. Panini Comics: São Paulo, 2015.

LINSINGEN, Luana Von. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectiva CTS. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. Especial, 2007.

MASHIMA, Hiro. **Fairy Tail**. v. 39. Editora JBC: São Paulo, 2014.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. Boeing 747. **Revista eletrônica AeroDesign Magazine**, São Paulo, v. 2, n. 1, 2010.

ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino de ciências**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul: Campo Grande, 2013.

SILVA, André Coelho da. Eletromagnetismo e o anti-herói Magneto: uma possível abordagem no ensino médio. **RenCiMa**, v. 3, n. 2, p. 125-135. 2012.

TESTONI, Leonardo André; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Histórias em Quadrinhos e o Ensino de Física: uma proposta para o ensino sobre inércia. Jaboticatubas: 2004. **IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, 2004.

TORYAMA, Akira. **Dragon Ball**. v 18. Panini Comics: São Paulo. 2014.

TORYAMA, Akira. **Dragon Ball**. v 36. Panini Comics: São Paulo. 2015.