

**Física Moderna e Contemporânea numa história em quadrinhos por estudantes do
Ensino Médio**

Modern and Contemporaneous Physics in comics by high school students

**La Física Moderna y Contemporánea en una historia en cómics de estudiantes de
Escuela Secundaria**

Recebido: 07/09/2020 | Revisado: 15/09/2020 | Aceito: 30/09/2020 | Publicado: 01/10/2020

Eduardo Gois

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7885-3765>

Universidade de Passo Fundo, Brasil

E-mail: goisfisica@gmail.com

Graciela Ormezzano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3340-7216>

Universidade de Passo Fundo, Brasil

E-mail: gormezzano@upf.br

Resumo

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) não se diferencia da Física Clássica somente por sua nomenclatura ou por seus significados. Esta, por ser elemento curricular de significativa importância, e por ser um viés de entendimento do mundo, necessita ser abordada nos diversos níveis de escolaridade. O objetivo da pesquisa foi investigar o modo em que alunos do Ensino Médio percebem o processo educativo em FMC, quando expostos a metodologias de ensino com estratégias didáticas nas quais podem revelar o que aprenderam. Trata-se de uma pesquisa qualitativa descritivo-interpretativa que promoveu um processo educativo, de forma lúdica, por meio da construção de uma história em quadrinhos que serviu como instrumento da investigação. Para compreensão dos dados utilizou-se a leitura de imagens proposta por Ott (2008). Por fim, os alunos demonstraram percepções sobre FMC, sobre seu histórico, estado teórico e algumas demonstrações científicas de forma satisfatória. Esta proposta poderá ser utilizada, futuramente, por professores como uma possibilidade didática para estudar a FMC no Ensino Médio, pois privar o discente desse conhecimento de forma sistematizada, é também privá-lo de uma das revoluções intelectuais que essa nova área da Física proporcionou ao mundo.

Palavras-chave: Ensino; Física Moderna e Contemporânea; Educação Estética; Ensino Médio; Processo educativo lúdico; História em quadrinhos.

Abstract

Modern and Contemporaneous Physics (MCPhys) aren't different from Classic Physics only by its name or by its meanings. The latter, for being a curricular component of significant importance, and for being a way to understand the world, has its effective approach needs to be addressed at various levels of education as a necessity. The objective of the research was to investigate the way in which High School students realize the educational process MCPhys, when exposed to methodologies with teaching strategies in which they can prove what they have learned. This is a qualitative descriptive-interpretative research that promoted an educational process, in a playful way, through the construction of a comic book that served as a research tool. To understand the data used to read images proposed by Ott (2008). Finally, students showed perceptions of MCPhys on its historical, theoretical state and some scientific statements satisfactorily. This proposal could be used in future by professors as a teaching opportunity to study the FMC in High School because deprive the student of this knowledge in a systematic way, it is also deprive him of one of the intellectual revolutions that this new area of Physics provided to the world.

Keywords: Teaching; Modern and Contemporaneous Physics; Aesthetics Education; High School; Playful Educacional Methodologies; Comic Book.

Resumen

La Física Moderna y Contemporánea (FMC) no se diferencia de la Física Clásica solo por su nomenclatura o sus significados. Esto, por ser un elemento curricular de gran importancia, y por ser un sesgo de comprensión del mundo, necesita ser abordado en diferentes niveles educativos. El objetivo de la investigación fue investigar la forma en que los estudiantes de secundaria perciben el proceso educativo en FMC, cuando se exponen a metodologías de enseñanza con estrategias didácticas en las que pueden revelar lo aprendido. Se trata de una investigación cualitativa descriptivo-interpretativa que promovió un proceso educativo, de manera lúdica, a través de la construcción de una historieta que sirvió como instrumento de investigación. Para comprender los datos se utilizó la lectura de imágenes propuesta por Ott (2008). Finalmente, los estudiantes demostraron percepciones sobre FMC, sobre su historia, estado teórico y algunas demostraciones científicas de manera satisfactoria. Esta propuesta podría ser utilizada, en un futuro, por los docentes como una posibilidad didáctica para estudiar

FMC en el escuela secundaria, porque privar a los estudiantes de este conocimiento de manera sistemática, es también privarlos de una de las revoluciones intelectuales que esta nueva área de la Física ha brindado mundo.

Palabras clave: Enseñanza; Física Moderna y Contemporánea; Educación Estética; Escuela Secundaria; Proceso educativo lúdico; Historieta.

1. Introdução

O Ensino de Física enfrenta vários desafios em todos os níveis de escolaridade. No Ensino Fundamental preocupa-se apenas com uma revisão de conteúdos, isso quando a instituição de ensino disponibiliza a Física nessa etapa da escola. No Ensino Médio, pode-se afirmar que se está longe de uma situação ideal, pois embora presente no elenco de conteúdos, é possível observar que são poucos os docentes ministrando aula nesse nível que possuem formação específica. A restrição à Física, trazida de maneira cultural, e a associação à forma matemática de apreendê-la são entraves fortes, discutidos frequentemente em eventos e artigos científicos da área, entretanto, não se chega a definir conclusões sobre os modos de resolver esta questão. No que concerne ao nível Superior, um momento diferente dos anteriores se estabelece. Nesse contexto, podem ser apontados: a pouca utilização da História da Física nas aulas; a baixa produtividade de pesquisas nessa área; a discussão de problemas que levem o aluno a restringir-se a situações matemáticas e não físicas e a continuidade, somente, do ensino da Física Clássica, na maioria das escolas - mesmo em contradição ao disposto na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), (Brasil, 1996) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) (Brasil, 2000, 2002).

A evolução atual na ciência e na tecnologia é notória. Percebe-se, pelos meios de comunicação e pela literatura científica, que isso se evidencia cada vez mais. Todavia, a Física ainda se encontra em repouso no que diz respeito ao ensino de Física Moderna¹ e Contemporânea² (FMC) no Ensino Médio. A falta de engenheiros e de cientistas pode estar vinculada ao desinteresse da maioria dos alunos pelas ciências exatas em específico pela Física, comumente rotulada como disciplina difícil. Esses alunos acabam por ser imersos em uma Física Clássica e reducionista, cujos preceitos apontam que todos os fenômenos do Universo

¹ Concebe-se Física Moderna como a física do mundo microscópico, estudada a partir de 1850 até 1940, também conhecida como Física Quântica.

² Física que atualmente é estudada, no que concerne ao entendimento sobre as partículas e suas interações através de campos e altas energias.

poderiam ser descritos ao se conhecer a sua menor parte. Entretanto, com as descobertas de Max Planck [1900] e Albert Einstein [1905], a natureza microscópica da matéria – a qual evidencia que essa se comporta de forma inexplicável com o que, até então, era explicável – segundo Chesman, André e Macêdo (2004), traz uma nova forma de entendimento do mundo e do Universo.

Duas situações são mais evidentes no que tange a essa visão complexa e difícil de resolver impressas à Física: certa carência de recursos didáticos empregados por alguns professores, e a compreensão da Física, somente por um viés matemático, encaminhamento o qual justifica o fato de que os estudantes apresentam, em sua maioria, dificuldade nesse componente. Logo, um professor que ministra aulas de Física, com formação específica na área, tem que possuir a clareza necessária de que os fenômenos característicos estudados acontecem pela integração do sujeito na natureza. Dessa forma, física e matemática são ciências exatas diferentes, porém sinérgicas.

A permanência nessa linha de raciocínio permite definir que a Matemática é uma ciência vultosa, pois, sem ela, muitas descobertas estariam ainda por ser encontradas. A Matemática é diferente da Física e vice versa, todavia, a Física sem a Matemática se torna ainda mais laboriosa, uma vez que esta é a ferramenta que torna aquela, em muitos casos, palpável a todos. Em uma analogia simples, a Física poderia ser descrita sem a Matemática como um pintor sem pincel, um motorista sem carro. Isso remete a uma pequena reflexão: tanto o pintor quanto o motorista encontrariam outra forma de exercer suas atribuições, porém, não seria tão prático quanto com suas respectivas ferramentas. A Matemática precisa estar em interface com a Física, é ela que permite que um ser no outro lado do mundo entenda um fenômeno que foi produzido, por exemplo, aqui no Brasil. É nessa hora que a Matemática se torna indispensável, ela é o desenho da Física, é a imaginação no papel. Para que se tenha uma boa aprendizagem em Física não basta a compreensão matemática, em que tudo se resolve, mas se faz imprescindível um entendimento básico dessa ciência, e como sabe-se, o aluno tem receio sobre essa visão, porque tem dificuldades matemáticas ao chegar ao Ensino Médio.

Entretanto, desde a descoberta de Newton e Leibniz, do cálculo diferencial, a Matemática atua junto com a Física de uma forma simbiótica, servindo para compreensão e explicação dos fenômenos físicos. Então, é necessário mostrar ao educando que a Física não é tão intrincada como rotularam alguns, que, por um problema histórico, ancorado em um aglomerado de entraves, acabaram utilizando-se aulas reduzidas a fórmulas. São, portanto, várias as situações que fomentam o rótulo da Física como disciplina difícil e isso acaba afastando os alunos da realidade e de seu direito ao entendimento do processo de funcionamento

do seu mundo. Esses apontamentos direcionam-se para um problema mais grave, que é a baixa frequência de estudo da FMC em aula. Assim, torna-se uma realidade, um clichê comum à área: como entender FMC sem conhecer a Física Clássica? Esse questionamento é comumente suscitado por alunos e por alguns professores.

Justifica-se este estudo em duas frentes: primeiro, a validade na LDB e reforçada pelos PCN e PCN+, e em segundo, a necessidade de mostrar aos estudantes que o pensamento, as ações científicas, as situações econômicas e as políticas atuais se desencadeiam de uma revolução iniciada, de certa forma, na mudança da maneira de entender a Ciência. A Física Clássica e a FMC estão ligadas, intimamente, provando que ao se estudar apenas uma dessas partes se nega a evolução científica, econômica, intelectual e, por que não dizer, cultural e humana.

A FMC é uma evolução da Física Clássica, pois amplia o entendimento sobre as partículas no mundo macroscópico e microscópico que esbarravam em situações impossíveis de se compreender segundo as teorias clássicas. O ato de não compreender essa nova faceta da Física é decorrente do problema aqui apontado. O déficit na formação pode ser um dos fatores originadores dessa situação, o que faz com que o professor também sinta receio de adentrar em tal área. Ressaltando que a Física encontra dificuldades no campo do ensino, como discutido, enfatiza-se o problema do qual este artigo trata: De que modo os alunos do Ensino Médio percebem o processo educativo em FMC, quando expostos a metodologias de ensino que buscam, de forma lúdica, promover a aprendizagem sem perder o rigor científico?

Assim, o objetivo da pesquisa foi investigar o modo em que alunos do Ensino Médio percebem o processo educativo em FMC, quando expostos a metodologias de ensino com estratégias didáticas nas quais podem revelar o que aprenderam. A seguir, explicitam-se os materiais e os métodos utilizados nesta investigação para atingir tal objetivo.

2. Materiais e Métodos

Trata-se de uma pesquisa qualitativa descritivo-interpretativa ancorada no paradigma humanista de Bertrand e Valois (1994), que vem ao encontro da ideia proposta pelos PCNs e PCN +, assim como da Educação Estética. Além disso a ativa participação do pesquisador no processo de interpretação dos dados corrobora com o método qualitativo como sugere no seguinte recorte de Pereira A.S et al. (2018):

Os métodos qualitativos são aqueles nos quais é importante a interpretação por parte do pesquisador com suas opiniões sobre o fenômeno em estudo. (Pereira A.S et al. 2018)

Esta proposta de ensino realizou-se, em sala de aula, na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, durante os meses de outubro e novembro de 2013. O colégio é uma instituição particular, que contempla o Ensino Médio, situada no centro da cidade. Teve como participantes 32 alunos, matriculados no segundo ano do Ensino Médio, sendo 17 do gênero masculino e 15 do feminino. A classe social dos sujeitos corresponde à classe média, conforme categorização da Secretaria de Assuntos Estratégicos.

Foram utilizados oito períodos de aula, com duração de 45 minutos cada, tratando dos seguintes temas: a física moderna – que se enquadra, primeiro, na descoberta de Planck, a estrutura atômica, a quantização da energia; após se tratou da relatividade especial proposta por Einstein [1905] – e a relatividade geral [1916] – que se concentra, especificamente, na história, na contração do comprimento e na dilatação temporal; a atração da luz pela gravidade. Finalizando com o modelo padrão das partículas, que corresponde à Física Contemporânea.

Os conteúdos foram organizados da seguinte forma: história dos cientistas; problemas averiguados; resultados encontrados e contribuições. Foram selecionados como materiais para a preparação das aulas os livros: *Uma introdução conceitual à mecânica quântica para professores do Ensino Médio*, de Ricci e Ostermann (2003); *Física Moderna*, de Chesman, André e Macêdo (2004); *Os fundamentos da Física 3*, de Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007); *Física para cientistas e engenheiros* (Volume 3), de Tipler e Mosca (2010); *Física conceitual*, de Hewitt (2011) e *Fundamentos de Física* (Volume 4), de Halliday, Resnick e Walker (2012).

A metodologia de ensino se desenvolveu perante a compreensão de que o professor pode fornecer os subsídios teóricos para o aprendizado por meio de aulas expositivas dialógicas, as quais não se enquadram na antiga técnica autoritária, tradicional e verbalista, que inibe o aluno, pelo contrário, este é convidado a participar. Corroborando esse entendimento Lopes escreve:

É importante ressaltar que na aula expositiva dialógica o intercâmbio de experiências não se explicita na simples forma de perguntas e respostas. Vai mais além proporcionando uma troca de conhecimentos em que professor e alunos reaprendem por intermédio da descoberta coletiva de novas interpretações do saber sistematizado. (Lopes, 1991. [s.p])

Baseados nas características da Educação Estética, as quais preconizam a arte como maneira de expressar a essência da aprendizagem, os participantes foram divididos em dois grupos: um deles fez uma história em quadrinhos (HQ) e, o outro, uma peça de teatro.

Os estudantes utilizaram todo material que julgaram necessário, a fim de que, livres de regras, pudessem, com autonomia, expressar seus sentimentos e deixar suas ideias mais evidentes. Inicialmente, criaram a história, desenhando e montando a HQ e o roteiro da dramatização. No dia designado para tal, apresentaram a sua criação para os outros colegas com o intuito de socializar o conhecimento adquirido. Para este artigo foi escolhida a leitura da HQ. A citação a seguir se faz pertinente:

No desenho, a linguagem verbal, construída essencialmente como discurso direto, combina, através de uma relação textual eficaz, com o uso da imagem sem redundância visual. A natureza deste meio, agora difundida em escolas e bibliotecas, fornece aos jovens leitores a melhor maneira de apropriar-se dos códigos visuais de forma rápida e eficiente. (Gennari, 1997, p.108). [tradução nossa]

O objetivo dessas atividades foi estimular a expectativa dos alunos acerca de suas próprias criações e proporcionar, através da arte, uma maneira lúdica, descontraída, mas rigorosa, do ponto de vista científico, para a compreensão da FMC, apoiados na formação estética. Encerrando estas etapas, empregou-se uma avaliação processual dos alunos e do professor.

Utilizaram-se os pressupostos formulados por Banks para legitimar o uso da HQ como instrumento. Esse autor foi o apoio para contemplar uma discussão sobre o uso das imagens visuais para a coleta de dados.

[...] as metodologias de pesquisa visual tendem mais ao exploratório do que ao confirmatório. Ou seja, as metodologias visuais não são tão empregadas como método de coleta de dados de dimensão e forma predeterminadas que vão confirmar ou refutar uma hipótese previamente postulada, mas sim como método destinado a levar o pesquisador a esferas que ele pode não ter considerado e em direção a descobertas que não tinham sido previstas (Banks, 2009, p. 24).

Parafraseando o autor, há duas boas razões para essa escolha: a primeira é que as imagens são onipresentes na sociedade e, por isso, algum exame de representação visual pode ser incluído em todos os estudos que dizem respeito ao grupo social. A segunda é porque a pesquisa que incorpora imagens na criação ou na coleta de dados pode revelar alguns aspectos sociológicos que nenhum outro meio poderia conceber.

O método de leitura das imagens enquadrado-se nas categorizações baseadas no sistema *Image Watching* (OTT, 2008): descrição, análise, fundamentação, interpretação e revelado. Todas as categorias culminam no revelado que tem a incumbência de mostrar o conhecimento adquirido pelos estudantes. Outra característica que fomenta o uso dessa estratégia é *Thought Watching*, que pode ser traduzido como uma espécie de preparação para o processo criativo.

3. Ensino de FMC e Educação Estética

Este item busca apresentar como podem ter-se indícios de quanto é fundamental a FMC no Ensino Médio. Entretanto, admite-se que esta situação não é uma realidade em todas as escolas, o que acaba por resultar numa limitação - a qual encerra o ensino concentrado somente na Física Clássica- fazendo com que o aluno seja excluído de discussões mais atuais e do que, realmente, se pesquisa em Física na contemporaneidade, veja-se:

Como se sabe, normalmente, a Física ensinada nas escolas avança, no máximo até o início do nosso século. São inúmeras as razões para a introdução de tópicos contemporâneos na escola média. Dentre elas, pode-se citar:

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física. (Ostermann; Ferreira; Cavalcanti, 1998, p.270).

Dentro dessa linha é necessário um olhar especial ao entendimento de Sanches (2006), que procurou pesquisar qual o estado da FMC, na perspectiva de alunos, professores e livros didáticos. A autora evidencia um despreparo dos professores pesquisados, dentre esses, apenas um afirmou sentir-se preparado para tal assunto, os demais pensam que a inadequação em sua formação é uma das causas aparentes desse entrave, porém todos concordam com a inserção da FMC no Ensino Médio. Na análise dos alunos, foi constatado que esses se distanciam cada vez mais da Física. O ensino tradicional, voltado somente para o cálculo, a falta de aulas práticas e de conceitos que facilitem o aprendizado colaboram para essa situação. Os livros didáticos, apesar de proporem a introdução do tema, o fazem de modo inadequado, uma vez que recaem sobre antigos problemas, como a grande quantidade de exercícios, preocupação matemática e memorização de alguns conteúdos.

Nóbrega e Mackedanz (2013) corroboram uma das causas anotadas anteriormente, eles acreditam que o desânimo dos professores visto que suas cargas horárias são demasiadas, e a remuneração baixa, consubstanciada com o atual descompromisso dos adolescentes pode ser uma das causas que afastam os jovens, da escolha por licenciaturas, evidenciando o problema de professores de outra área, ministrarem Física.

Com esta lacuna na formação inicial, muitos professores em exercício apenas reproduzem o livro didático em sala de aula, não envolvendo o estudante com questões práticas, associadas ao cotidiano dos mesmos, exceto quando propostas atividades similares pelo livro didático. Isto significa que o professor deixa de contextualizar o conteúdo da ciência, o que poderia torná-lo mais próximo do estudante e aumentar a significância de sua aprendizagem. Ainda assim, existem certos assuntos que podem ser vistos como tabu entre estes professores, em especial assuntos relacionados a tópicos como eletromagnetismo, a óptica física e a física moderna, principalmente na parte da temida física quântica. (Nóbrega; Mackedanz, 2013, p.1-2.)

É perceptível então que o fato destes professores permearem as salas de aulas, e por vezes, não se preocuparem com o fenômeno físico, mostra a falta de contato sistematizado ou formal com assuntos discutidos atualmente na Física. Nesse sentido, o trabalho de Nóbrega e Mackedanz (2013) destaca-se pelo fato de propor a utilização de notícias e artigos científicos. Os autores baseiam-se nas discussões atuais para despertar o interesse dos alunos e adentrar na área da FMC. Utiliza uma matemática acessível e ao mesmo tempo propõe o entendimento e a aprendizagem dos conteúdos de Física Clássica, assim como, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Os autores sugerem uma remodelação nos currículos, para uma introdução eficaz da FMC, pois o currículo enfatiza a Física Clássica.

Então, considerando-se essas situações, Nóbrega e Mackedanz (2013), propõem o porquê não utilizar uma das maiores máquinas já criada pelo ser humano, o *Large Hadron Collider* (LHC), como uma ferramenta na busca da atenção e gosto dos alunos pela Física. Ademais, é determinada de maneira específica a grandiosidade do equipamento que a Organização Europeia para a Investigação Nuclear (CERN) comporta. É dada uma noção de componentes e funcionamentos interessantes, que, ao mesmo tempo em que ensinam, impressionam. Os cálculos feitos são simples e fomentam um entendimento bastante transparente de algumas das funções e situações do LHC.

Já, Bastos Filho (2003), traz à baila a discussão da Física Quântica, sobre o viés das questões epistemológicas. O pesquisador procura apresentar as características de algumas frentes filosóficas, as quais procuram explicar o que se entende por real, compreensível e causal no que tange à teoria quântica. E, sobre a possibilidade da quantização dos fluxos de campo na

radiação eletromagnética, Duarte (2013) apresenta um estudo aprofundado, direcionado a professores e a físicos teóricos, apoiado na unificação da expressão clássica e quântica para energia de radiação eletromagnética.

Com base nos autores citados é possível admitir-se que a FMC vem sendo contemplada nas publicações científicas nacionais. Todas elas foram escolhidas pelas suas peculiaridades e contribuições para uma abordagem da FMC, porém demonstram a importância de investigar estratégias didáticas mais criativas que venham a inserir de forma eficaz a FMC no Ensino Médio.

Nesse sentido, se evidencia uma breve ligação entre o ensino da Física e a Educação Estética. Como ponto de partida, é necessário esclarecer que Schiller [1759-1805], na obra *A educação estética do homem numa série de cartas* ([1795] 2002), retomou o problema da beleza desde a perspectiva da formação humana, utilizando pela primeira vez a expressão “educação estética”. A essa ideia, podemos associar o que afirma Moreira:

O pensamento de Schiller aborda a questão da natureza do homem. Ele acredita que o homem possa ir além de seu estado natural, da sua realidade física para um estado moral. A cultura não é suficiente para libertar esse homem. Muitas vezes, ela o priva da liberdade e cria carências. Somente com a intervenção de uma educação estética, é possível o surgimento de um homem moral e ideal. É a arte que pode ser o caminho para a humanidade, é ela que possui leis eternas e modelos imortais que não pertencem a um tempo certo e definitivo (2007, p. 162).

A educação estética preocupa-se com a formação humana, introduzindo aspectos subjetivos e suas várias possibilidades, o desenvolvimento da criatividade, a sociologia das artes, as ciências cognitivas e semióticas, a história da visão e da ótica, as teorias da imaginação, a literatura e a crítica textual.

Gennari (1997) procura conceituar o olho humano, partindo de um pressuposto histórico. Para tanto, reúne várias interpretações desenvolvidas desde o surgimento do ser humano, relatando que vários cientistas, em suas respectivas épocas, fizeram suas considerações sobre a anatomia e sobre o modo como esse órgão proporciona a visão. Quanto a isso, aceita-se, atualmente, que os objetos refletem a luz e que os nossos olhos, ao trabalharem como lentes, focalizam as imagens em nossa retina, possibilitando uma perturbação que gera um impulso elétrico, o qual é decodificado pelo cérebro.

A visão, assim como a interpretação, estabelece um vínculo pertinente com as discussões postas até aqui, pois não é possível concebê-la como mera função sensorial perturbada pelos fótons que produzem sinapses e permitem enxergar. A visão traz uma interpretação da vida possibilitando compreender as imagens. Um grande conjunto de

significações e sentidos é criado nesse âmbito, e, assim, entender a visão como um funcionamento fisiológico e neurológico, por si só, não sustenta a capacidade plena da educação no que tange às interpretações de mundo. Os processos de ensino e de aprendizagem em Física pode beneficiar-se em grande medida do estudo do imaginar e do imaginário, até mesmo no entendimento da relatividade de Einstein, partindo do pressuposto de que esta, ao menos por enquanto, só existe naquele campo para corpos macroscópicos.

A representação semiótica é indispensável para a Física. De modo genérico, podemos conceituá-la como um modo dominante de representação da comunicação por gestos ou signos. Em outras palavras, a imagem e a forma como são apresentadas podem caracterizar uma faceta da semiótica que incorpora palavras, gestos, sons e outros meios de expressão (Gennari, 1997).

A representação semiótica passa a ser indispensável, apesar de estar em aberto no que diz respeito às relações que se estabelecem entre o pensamento, a escrita e a imagem. Existem várias perspectivas para tal relação, podendo-se citar desde as correntes filosóficas até as lógico-matemáticas. Independente da abordagem, porém, o certo é que o estudo da Semiótica pode ser aplicado nas ciências exatas, sobretudo com o amparo da interdisciplinaridade, e do modo estético de concebê-la.

Parece ser pertinente resgatar uma contribuição de Galeffi (2007) quanto ao uso da Educação Estética, a fim de fortalecer o que se está discutindo, principalmente no campo transdisciplinar. Como destaca o excerto a seguir, o ser estético é aquele que procura o sentido como verdade, é o ser sensível, no que se refere ao sentido, para seus anseios em termos artísticos, culturais e existenciais:

A educação estética começa, assim, como educação de si mesmo e de suas relações com os outros e o mundo em sua abrangência e infinitude. Educação estética não é apenas aprender a ouvir uma música, a cantar uma cantiga, a observar uma pintura, a dançar, a fazer teatro, a ler literatura. Tudo bem, tudo isto cabe em uma educação estética pensada como cultura erudita; entretanto, o estético é aquilo que cada um é em sua superfície existencial, porque o importante é como são desafiadas e afiadas as cordas do tempo e da transformação inevitável (Galeffi, 2007, p. 104).

Para compreender esse sentimento característico da estética, precisamos considerar cinco estratégias textuais, segundo Gennari (1997): a palavra, a imagem, o som, o gesto e o número. Embora, nesse exercício que foi solicitado aos participantes da pesquisa foram utilizadas somente a palavra e a imagem, uma vez que se tratava de criação de uma HQ.

4. Os Alunos Significam sobre o Aprendido

Na leitura da HQ, é considerada uma imagem visual como uma página inteira, pois deste modo se podem abranger melhor as percepções dos alunos.

Na Figura 1, os estudantes utilizaram texto escrito e fotografia. Na figura que aparece no topo da página há um personagem chamado Max. Após, vê-se Albert Einstein ao lado da obra *A persistência da memória*, de Salvador Dalí. No final da capa átomos são representados graficamente em três dimensões e uma estrela trocando massa com um outro corpo.

Figura 1: Capa da HQ.



Fonte: acervo Eduardo Gois.

Os alunos usaram imagens em perspectiva, uma parte em cores e outra em preto e branco. A ausência de cor foi usada para expressar as pessoas, as outras imagens foram coloridas. A composição utilizou o recorte e a colagem de figuras que buscaram na Internet.

O fato das duas pessoas estarem representadas em preto e branco e ambas representarem pessoas adultas, uma na meia idade e outra idosa, pode permitir fazer uma relação com o modo em que as fotos eram feitas em décadas passadas, talvez, uma tentativa de simbolizar retratos antigos. O que leva a entender que os estudantes percebem estas duas pessoas como partes do passado. As outras figuras coloridas representam percepções de algum objeto ou fenômeno, veja-se, a obra de Dalí possui, a representação da liquidez do tempo, por isso o autor caracteriza suas obras por relógios derretendo. Isso mostra que os alunos percebem o tempo, ou pelo menos

percebiam, de forma absoluta separada do espaço. O átomo não é visível, porém a expressão usada na capa assemelha-se ao que se considera como uma boa representação do modelo atômico, ou seja, formado por um núcleo e por uma região de probabilidade do elétron se encontrar, todavia a escala está muito distante do que se admite como real. Assim, os estudantes contemplam Planck na responsabilidade pela Física Quântica em interface com Einstein. Por fim, uma estrela trocando massa com um outro corpo celeste, mostra a percepção dos estudantes, sobre o conteúdo estudado com o mundo macroscópico e microscópico ao mesmo tempo, segundo a figura do átomo.

Dalí parece trazer uma reflexão sobre a ambiguidade do tempo transcorrer de forma evolutiva, mas ao mesmo tempo estar presente, nas memórias das pessoas. O pintor também demonstra interesse pelas conquistas da ciência moderna entre as quais está a proposição de Albert Einstein na união do espaço-tempo, além disso, Dalí admirava o físico por suas contribuições não só com a ciência e sim com discussões e opiniões sobre as mais variadas áreas, afinal Einstein acreditava no ser humano

A pior das instituições gregárias se intitula exército. Eu o odeio. [...] Detesto com todas as forças o heroísmo obrigatório, a violência gratuita e o nacionalismo débil. A guerra é a coisa mais desprezível que existe. Preferia deixar-me assassinar a participar desta ignomínia. No entanto, creio profundamente na humanidade (Einstein, 1981, p.12).

Esta capa revela que o aluno percebe a FMC. A figura de Einstein, dos relógios que contemplam o tempo, o átomo e o mundo microscópico, e o mundo macroscópico representados pela estrela. Pode-se perceber que algumas ideias que antes permeavam o intelecto dos alunos se mantêm, mas se consubstanciam formando um novo entendimento da FMC, entrelaçando passado com futuro, preto e branco com cor, e a história real com a sua criação, ao colocarem o personagem da sua história, na capa junto com as demais figuras. Essa percepção é reforçada pela seguinte citação:

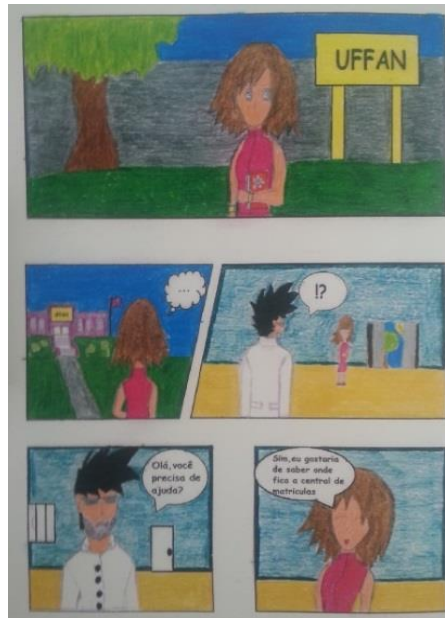
Uma diferença muito nítida encontra-se no fato de que a linguagem verbal é linear ao passo que a linguagem não verbal não disponibiliza para seu leitor essa linearidade.

Se na linguagem verbal, não é possível conceber uma palavra encavalada em outra, na pintura, por exemplo, várias imagens podem aparecer sobrepostas ou justapostas no mesmo espaço do suporte da obra, construindo novos sentidos.

O texto não verbal quando considerado predominantemente descritivo representa uma realidade singular concreta, num ponto estático do tempo. Por exemplo, uma foto, capta um estado isolado e não uma transformação de estado, típica da narrativa. (Dal'vesco, 2007, p.84)

Veja-se a seguir a Figura 2, que consiste na primeira página da HQ contendo também narrativas visual e verbal:

Figura 1: Página 1.



Fonte: acervo Eduardo Gois

Nesta imagem temos cinco quadrinhos, desenhados e coloridos com lápis de cor, pelos estudantes, percebe-se que são desenhos simples mas que colaboram para sequência da história. Dois personagens, uma mulher e um homem. A profundidade foi sugerida pela linha do horizonte, presente em todos os quadros, e o aumento e a diminuição do tamanho dos objetos. A sigla UFFAN significa Universidade Federal de Física Atômica e Nuclear.

Na primeira figura, admite-se que os alunos percebem a Física relacionada ao estudante universitário, pois a menina representada está com um livro, no qual um átomo está desenhado, indicando alguém que mesmo antes de adentrar na faculdade já está envolvida com a área. Na segunda figura, a menina se depara com a UFFAN, onde aparentemente pretende aprofundar seus conhecimentos de Física. Isso contribui para a interpretação de que os educandos ainda percebem esse tipo de Física, somente dentro de locais direcionados para o estudo dessa disciplina. O uso das reticências permite observar que a menina pensava, antes de adentrar na UFFAN. Na terceira figura, percebe-se que o rapaz, ao receber a menina, fica surpreso com sua presença. Porém os alunos tentam manter uma sequência no seu desenho, pois observa-se na porta atrás dela a árvore que apareceu na primeira figura. A quarta figura é a primeira a trazer texto escrito, que diz: “Olá, você precisa de ajuda?” Então, esta frase concretiza a ideia de que

a menina estava chegando, pela primeira vez, à universidade ou o rapaz que a abordou não a conhecia. Outro fato a levar em conta é que o rapaz parece ser informal, não apresentando as características comuns a que são associadas às pessoas das universidades, principalmente, por alunos de Ensino Médio. A última figura traz à tona o que se percebia nos desenhos acima, ou seja, o texto confirma que a menina busca a universidade para estudar, o texto diz: “Sim, eu gostaria de saber onde fica a central de matrículas?”

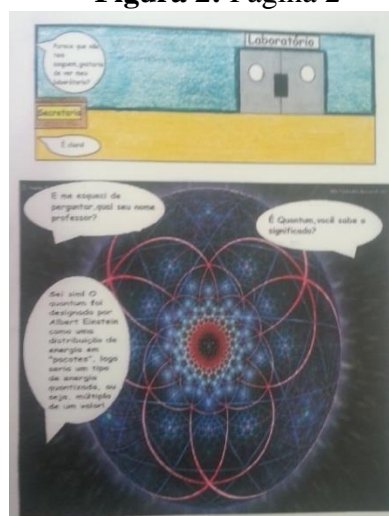
Neste caso existe uma proposta educativa sugerida pelos PCN+. Na qual:

A partir da idéia central, discutir com os alunos e selecionar os assuntos desenvolvidos e as estratégias a adotar para o trabalho. Com orientação dos professores, os grupos de alunos poderiam realizar pesquisas, apresentar suas propostas de trabalho e escolher as formas de apresentação final: representação teatral, campanhas de esclarecimento, debates, propostas de atuação solidária, entre outras. (Brasil, 2002, p.56).

Os alunos mostram habilidades artísticas para formar uma história. Nesta imagem, não se preocupam com conteúdo de Física, mas em propiciar uma origem da história, para que, provavelmente, no decorrer possam embasar tais discussões, o desenho traz técnicas e concepções da Educação Estética, enfim numa só imagem podem se evidenciar situações que caracterizam um aspecto transdisciplinar.

A Figura 3 revela um direcionamento a uma história em que personagens jovens estão dentro do mundo da Física. Talvez uma analogia entre o jovem professor e a turma nos dias em que aconteceram as aulas expositivas dialógicas.

Figura 2: Página 2



Fonte: acervo Eduardo Gois.

Esta imagem visual se divide em duas figuras, podemos notar que uma desenhada e outra foi selecionada da Internet. Ambas trazem textos escritos. A de cima dá ênfase ao laboratório que aparece ao fundo. E a da parte inferior parece ser um fractal, representando um átomo, com linhas curvas e retas ao mesmo tempo, expressando figuras geométricas.

Na primeira figura utilizaram o desenho como nas anteriores e textos verbais, os quais possibilitam dar sequência ao enredo da história. A segunda figura usa a Internet como recurso para pesquisar imagens interessantes, que chamam a atenção, pela exatidão das formas, algo que seria muito difícil fazer a mão sem ter uma vasta experiência em desenho geométrico e teoria da cor.

Na figura de cima, é possível entender que o texto indica a importância do laboratório no ensino de Física, quando diz: Parece que não tem ninguém, gostaria de conhecer meu laboratório? Reforçando essa percepção temos alguém, supostamente, um professor ou técnico responsável pelo local. O aluno permanece com a ideia de que a Ciência Moderna, incluindo a própria Física acontecem, principalmente, no laboratório. Não conseguindo transcender que atividades cotidianas representam a FMC tanto quanto as atividades de laboratório. Um adendo é interessante em relação ao cinema, mas é possível fazer uma relação da mesma situação com a HQ:

Uma vez que, a dificuldade da experiência cinematográfica é inclinar-se para um mundo de ficção onde a imagem dos filmes apresenta definitivamente a imagem fotográfica, o filme torna-se a revelação da realidade compreendida em seu desenvolvimento. Engajados na construção de um contexto imaginário, a imagem faz da invenção seu próprio princípio constitutivo. O filme usa descobertas científicas e tecnologias industriais para implementar e aplicar sua própria viagem e história em desenhos animados e filmes, ficcionistas em relação a cultura ou as culturas dos homens. (Gennari, 1997, p.286) [tradução nossa]

Dando continuidade à história, a menina aceita ir ao laboratório. A figura da parte inferior define o personagem do rapaz quanto a sua profissão, eis o texto que segue, a menina pergunta: “Eu me esqueci de perguntar, qual seu nome professor?” Ele responde: “É Quantum, você sabe o significado?” Ela responde: “Sei sim! O quantum foi designado por Albert Einstein como uma distribuição de energia em “pacotes”, logo seria um tipo de energia quantizada, ou seja, múltiplo de um valor!”

O texto dessa segunda pergunta nos traz várias percepções dos alunos. Eles utilizam a palavra quantum como nome do professor para representar os estudos de Planck, embora creditem ao nome de Albert Einstein, a designação, o que pode parecer um erro de aprendizado,

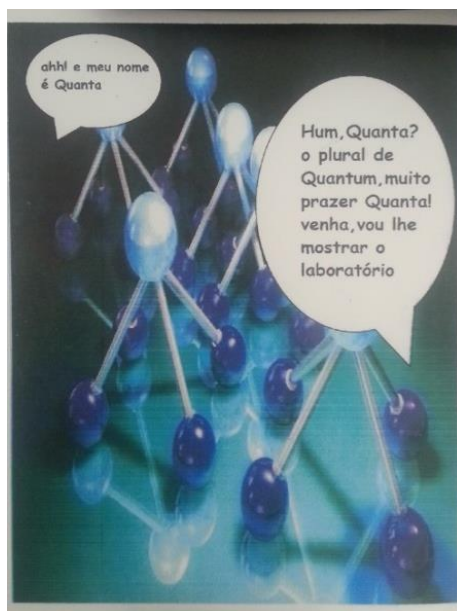
mas ao mesmo tempo eles podem ter percebido que o quantum, realmente, foi significativo com o efeito fotoelétrico, logo foi Einstein quem, efetivamente, o promoveu.

Outra questão que vale a pena destacar é a utilização de aspas na palavra pacotes, mostra que os educandos perceberam a questão de porções determinadas de energia. Ao entender o quantum como o múltiplo de um valor, reforça essa percepção, partindo do pressuposto que o múltiplo é sempre uma parte determinada, sem frações.

Além do texto verbal, na segunda imagem visual, os alunos usam uma espécie de fractal que chama atenção pela sua coloração, observe-se, então, que eles tentam dar fundo à conversa entre os personagens com uma representação que viesse a combinar com a FMC, esse desenho inspira a ideia de um átomo, então o fato de um mundo infinito estar encerrado dentro de uma esfera, mostra que o aluno percebe o átomo como uma entidade complexa. O fato de usar um fractal remete à ideia de indeterminação, característica da FMC, tanto em questões experimentais como na mudança do pensamento humano.

A Figura 4 é composta por texto escrito e por uma única imagem selecionada pelos alunos. Existe monocromatismo em diversos tons de azul. Corpos geométricos são expressos em esferas e cilindros, há uma ligação entre essas formas parecendo representar a união dos átomos.

Figura 3: Página 3.



Fonte: Acervo Eduardo Gois.

A imagem acima traz a sequência dos textos, a menina: “ahh! e meu nome é Quanta”. O rapaz: “Hum, Quanta? o plural de Quantum, muito prazer Quanta! venha, vou lhe mostrar o

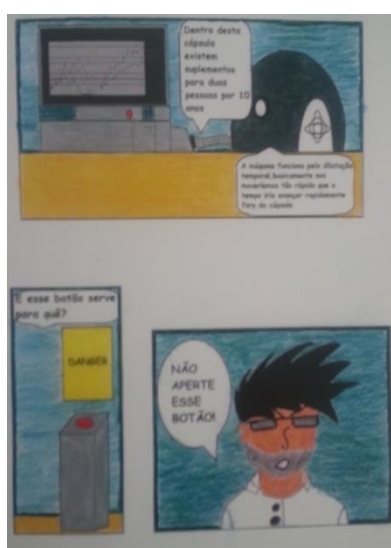
laboratório.” Nota-se um forte direcionamento para conceitos quânticos, os estudantes relacionaram a figura que, aparentemente, reporta-se a moléculas, com a ideia de quantização da energia e da matéria, apesar de não ter usado elementos que discutam, diretamente, essa ideia, fica evidente sua preocupação em relacionar átomos à FMC. Na frase em que realça que quanta é o plural de quantum os alunos utilizam da desinência numérica para mostrar que absorveram uma informação, a qual pode ser um importante elemento no entendimento de ondas eletromagnéticas, no que tange à dualidade onda partícula, e no efeito fotoelétrico quanto ao seu funcionamento.

Nesse mundo, muitas grandezas físicas são encontradas apenas em múltiplos inteiros de uma quantidade elementar; quando uma grandeza apresenta esta propriedade, dizemos que é *quantizada*. A quantidade elementar associada à grandeza é chamada de **quantum** da grandeza (o plural é *quanta*). (Halliday; Resnick; Walker, 2012, p. 178)

Tal compreensão demonstra que o efeito quântico está presente na percepção dos estudantes, eles de fato fizeram a transição da Física Clássica para a FMC, entendendo que a origem dessa nova fase da Física se enquadra no estudo das energias e efeitos atômicos. Isso fomenta a preocupação quanto ao entendimento da evolução da Ciência no aspecto de cultura humana, mostrando que a necessidade do aluno de Ensino Médio estar consciente destas qualidades da FMC se faz presente.

A imagem da Figura 5 possui três quadros, todos com desenhos e textos escritos que trazem mais dados que os demais. Há utilização de gráficos, desenhos e uma palavra na língua inglesa *danger*, que traduzida para o português significa: perigo.

Figura 5: Página 4.



Fonte: Acervo Eduardo Gois

O primeiro quadro apresenta gráficos, isso remonta à percepção dos alunos, quando tiveram contato com as aulas expositivas dialógicas. Nessas, foram contemplados com alguns gráficos que fomentavam informações sobre os fenômenos, assim eles consideraram que em pesquisas Físicas o uso de gráficos é constante. Ademais, aparecem no desenho máquinas interligadas aos computadores que geram os gráficos, permitindo a interligação entre esses objetos. O signo que representa o átomo novamente aparece, conforme já se mencionou anteriormente.

O texto, segundo o rapaz: “Dentro desta cápsula existem suplementos para duas pessoas por 10 anos.” Segunda parte do texto, ainda nas palavras do rapaz: “A máquina funciona pela dilatação temporal, basicamente nos moveríamos tão rápido que o tempo iria avançar rapidamente fora da cápsula.” Esse texto permite considerar que o fato de se ter suplemento para duas pessoas na cápsula mostra a concepção de viagens tripuladas, além disso, pela primeira vez especificamente aparece a relatividade especial. Os alunos evidenciaram que o intervalo de tempo seria maior fora da nave, ou seja, no referencial da Terra. Assim, seria maior que o intervalo de tempo próprio, que neste caso, seria o da nave, reforçando a seguinte compreensão: “Quando o intervalo de tempo entre os mesmos eventos é medido em outro referencial, o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.” (Halliday; Resnick; Walker, 2012, p. 146).

Dando continuidade, a segunda figura é a que traz a palavra em língua inglesa *danger*, que mostra a percepção dos alunos quanto a possível condição dos laboratórios de Física avançada existirem somente em países dessa língua. O texto dessa figura, nas palavras da menina: “E esse botão serve para quê?” Acarreta a percepção sobre a veia cinematográfica de acidentes científicos, já que para uma viagem em tal velocidade acontecer, precisaria de um fato dessa categoria. O botão que aparece na figura está pintado da cor vermelha, o que está em sintonia com exemplo utilizado por Merleau-Ponty (1999) sobre a questão de tensão proporcionada por essa cor. Na terceira figura o professor transparece estar assustado, e a sua fala é: “NÃO APERTE ESSE BOTÃO!” A utilização de letras maiúsculas mostra a preocupação do professor com essa ação da menina e a utilização de um tom elevado da voz, um grito de alerta.

Essa imagem revela a utilização da relatividade especial, assim como a ligação da Física Moderna com o átomo. Se por um lado, a questão do acidente científico para que uma viagem dessa proporção acontecesse parece inquestionável. Por outro, devido à realidade conhecida não permitir uma viagem a essa velocidade, o aluno pode entender que para que algo do gênero acontecesse, somente seria possível através de uma ficção científica.

A figura 6 é dividida em duas figuras. Ambas contêm texto escrito e visual. A primeira transmite a ideia de movimento, explosão ou energia. O que faz perceber que o aluno utilizou de uma velocidade alta, e que assim a figura representa esse fenômeno. A segunda expressa um cenário modificado, em relação às páginas anteriores da HQ.

Figura 6: Página 5



Fonte: Acervo Eduardo Gois.

A primeira figura traz o texto: “353 anos depois”. Esse dado não é aleatório, os alunos no seu estudo usam da relatividade temporal para demonstrar que nos relógios aqui da Terra, onde a cápsula se encontrava no início, passaram-se trezentos e cinquenta e três anos, para isso utilizam a equação $\Delta t = \Delta t_0 / \sqrt{1-(v/c)^2}$, referida por Halliday, Resnick e Walker (2012), onde Δt corresponde ao tempo anotado em referencial na Terra, Δt_0 é o tempo no referencial da cápsula, em que se encontram o rapaz e a menina, conveniente perceber que eles usam uma velocidade em relação ao relógio do laboratório de $0,9996c$ o que de fato corresponde a aproximadamente 353 anos, quando o tempo próprio foi de dez anos. Então os educandos percebem que é possível através da relatividade einsteiniana haver uma diferença de anotação do mesmo evento dependendo do referencial adotado, e que utilizam da Matemática de forma correta para criar a história.

Além disso, na segunda figura eles trazem a ideia de avanço no tempo, pois caracterizam o cenário de forma diferente, ou seja, em comparação com o que se tinha antes não existem mais edificações como as conhecidas, a Terra parece estar muito menos habitada. Isso mostra a percepção de que ao avançar no tempo o mundo como conhecemos, muda, indiferente de

como eles possam ter representado, essa foi a percepção. Um texto no final contribui para o enredo: “Aleluia! Chegamos! Tem alguém ali!” Essa frase mostra que os viajantes do tempo tinham noção de que ao viajarem por dez anos com a velocidade acima citada o tempo transcorreria de outra forma no planeta Terra, configurando a surpresa de encontrarem alguém vivo. Isso se mostra compatível com o susto levado pelo professor quando a menina apertou o botão.

Os alunos revelam, através da Figura 6, um contexto para sua narrativa, dando um caráter histórico e recorrendo a nomes e a conceitos da Física Quântica. Atingem o clímax da história com a relatividade especial, somando-se a isso colocam um número matemático com relação a um cálculo que contempla essa face mais científica e dura da disciplina de Física, mostrando que, por sua simples escolha, têm capacidade em trabalhar com esses cálculos matemáticos no Ensino Médio.

Esta última, a figura 7 também foi realizada com uma única imagem, com tratamento de computador sobre uma fotografia e fundo manual em lápis de cor. Ela traz o tom de comédia adotado pelo grupo de alunos. O professor Max mesmo após a passagem de 353 anos, ainda continuava vivo e à procura de sua filha. A comédia mostra o tom lúdico e confirma a percepção sobre o comprometimento dos alunos. Ainda que tenham mantido a parte prazerosa do trabalho, não abriram mão da rigorosidade científica.

Figura 7: Contracapa da HQ



Fonte: Acervo Eduardo Gois

O caráter estético que promove a formação de um ser livre, comprometido apenas com a preocupação em aprender, fundamenta essa última parte, trazendo referência à cultura que a

pessoa constrói, ao passar pelas diferentes abordagens e conteúdos. O final corrobora a ideia de que os educandos podem, sim, desfrutar de uma atividade prazerosa ao estudar, sem imposições, proporcionando uma aprendizagem significativa, utilizando uma abordagem humanista, que prioriza a experiência de todos e cada um dos alunos.

O grupo percebeu nessa atividade uma maneira criativa de aprender, de início se sentiu acuado com a metodologia, principalmente, no aspecto não diretivo, que remetia a ele a responsabilidade sobre a construção da HQ, utilizada aqui como instrumento de investigação. O fato de estarem acostumados com regras a seguir e com roteiros elaborados de antemão, pareceu ser o pior empecilho. Entretanto, no desenvolvimento e após a conclusão da atividade, os estudantes sentiram-se satisfeitos com os resultados apresentados, afirmando que haviam compreendido algumas partes da história e de como se diferencia a FMC da Física Clássica. Foi relatado também, que desconheciam os estudos contemporâneos da Física, porém após a metodologia aplicada sentiam-se um pouco “mais seguros” quanto a essa temática.

5. Considerações finais

Tendo em vista que se procurou aprofundar um problema latente sobre a falta de estudos em FMC, nos diversos níveis de escolaridade, a empreitada foi compreender qual seria a percepção de alunos de Ensino Médio sobre a FMC, utilizando-se de propostas artísticas embasadas na Educação Estética. Para que essa tarefa fosse cumprida com propriedade, foi necessário construir um referencial teórico abordando ambas as áreas.

Acerca dessas correntes teóricas, existem várias perspectivas, entretanto adotou-se aquela que corresponde a uma abordagem humanista. A Educação Estética foi a alternativa que se usou como padrão para escolher uma metodologia para o ensino da Física. Ao entender que um ser estético, molda-se para sociedade, ancorado na cultura, nos seus sentimentos, pensamentos e sensações, a Educação Estética se enquadra perfeitamente na proposta de trabalhar com as percepções dos alunos.

Ao ter que definir como proceder para compreender tais percepções dos educandos, visto que uma percepção se faz em comparação a algum conhecimento anterior, foi escolhida a turma na qual se realizariam as aulas e adotou-se a leitura de imagens de Ott como método descritivo-interpretativo. Assim, a HQ reuniu textos verbais, gráficos, imagens prontas e desenhos, adentrando nas estratégias textuais da Educação Estética, a qual pode revelar, através das expressões dos alunos, suas aprendizagens significativas. Chegando de fato na compreensão

das percepções dos estudantes, é possível afirmar que o problema da pesquisa foi respondido e o objetivo atingido.

Os alunos perceberam a FMC através de estratégias lúdicas ancoradas nas artes, utilizando o material que foi discutido em aulas expositivas dialógicas com eles, sobretudo possibilitando afirmar que dentro da abordagem humanista, os adolescentes tiveram mudanças comportamentais no que respeita a modos de conhecer, mas, não abandonaram algumas características intrínsecas. Neste ponto, vê-se um direcionamento aos estereótipos apresentados pela mídia, mesmo após a metodologia executada, os educandos incluíram assuntos que não foram discutidos em sala de aula, e foram utilizados como parte do entendimento sobre os fatos, sem serem questionados de forma crítica. As produções cinematográficas são fortemente oferecidas como fonte de estudos, muitas delas tratam assuntos tocantes a FMC de modo completamente equivocado, o que ocasiona dúvidas sobre o impacto produzido por tais produções. Esse fato pode não ocasionar um obstáculo de aprendizagem, todavia precisa ser tratado adequadamente para se transformar num aspecto contributivo sob a orientação de um educador que leve a uma reflexão científica. Porém, foi necessário, após essa metodologia, fazer um *feedback* com os alunos a respeito de suas percepções, em alguns momentos pontuais. No caso de erro de percepção, foi sugerido novamente aos educandos para reverem o entendimento que se julga como correto do ponto de vista da Física. Assim, algumas alternativas a melhorar na metodologia também são consideradas. A escolha de textos escritos adequados à idade dos estudantes sobre alguns ramos da FMC parece uma alternativa fundamental, visto que a leitura pode clarear alguns aspectos que tenham ficados não bem compreendidos em sala de aula.

Por fim, este trabalho se mostrou significativo, parece ter promovido o entendimento da FMC pelos alunos, e poderá ser utilizado, futuramente, por colegas professores como uma possível ferramenta didática para estudar a FMC no Ensino Médio, dessa forma se espera que trabalhos futuros possam expandir essa temática com possibilidades de variação nos instrumentos, se adequando as realidades, pois privar o discente daquela significa não apenas impedir seu conhecimento de forma sistematizada, mas também privá-lo de uma das revoluções intelectuais que essa nova área da Física proporcionou ao mundo.

Referências

Banks, M. (2009). Dados visuais para pesquisa qualitativa: Coleção Pesquisa Qualitativa. São Paulo: Bookman Editora.

Bastos Filho, J. B. (2003). Os problemas epistemológicos da realidade, da compreensibilidade e da causalidade na teoria quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 125-147.

Bertrand, Y., Valois, P., & Pinheiro, E. (1994). *Paradigmas educacionais: escola e sociedades*. Lisboa: Instituto Piaget.

Brasil. (1996). Senado Federal. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96. Brasília: 1996. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm

Brasil. (2000). Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciências Humanas e suas tecnologias. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/cienciah.pdf> PCNEM.

Brasil. (2002). PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

Chesman, C., Macedo, A., & André, C. (2004). *Física moderna experimental e aplicada*. São Paulo: Livraria da Física.

Dal'vesco, M. T. (2007). Os discursos narrativos não-verbais na história em quadrinhos da personagem menino Maluquinho-de Ziraldo. Chapecó: Simproeste.

Duarte, C. de A. (2013). Sobre a possibilidade da quantização dos fluxos de campo na radiação eletromagnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(3), 3305-3305-4. Recuperado de <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/353305.pdf>.

Einstein, A. (1981). *Como vejo o mundo*. (14 ed), Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

Ferraro, N. G., Soares, P. A. D. T., Santos, J., & Ramalho Jr, F. (2007). *Os fundamentos da física. Termologia, Óptica*. São Paulo: Moderna.

Galeffi, D. A. (2007). Educação estética como atitude sensível transdisciplinar: o aprender a ser o que se é propriamente. In: Ormezzano, G. (Org.). *Educação estética: abordagens e*

perspectivas. Em Aberto, Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 21(77): 97-111.

Gennari M. (1997). La educación estética: arte y literatura. Barcelona: Paidós Ibérica.

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2012). Fundamentos de física. (9 ed). Rio de Janeiro: LTC.

Hewitt, P. G. & Gravina, M. H. (2011). Física conceitual. (11 ed). Porto Alegre: Bookman, 2011.

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., da Silva Sotero, D. H., Costamilan, G. B., Monteiro, L. V., ... & da Silva, L. M. P. (1996). Fundamentos de física. Porto Alegre: Bookman.

Lopes, A. O. (1991). Aula expositiva: superando o tradicional. In: Feltran Filho, A. et al. Técnicas de ensino: por que não? Campinas, SP: Papirus, 1991.

Merleau-Ponty, M. (1999). Fenomenologia da percepção. São Paulo: Martins Fontes.

Nóbrega, F. K. & Mackedanz, L. F. (2013). O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. Revista Brasileira de Ensino de Física, 35(1): 1301-1301-11. Recuperado de <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/351301.pdf>.

Ostermann, F., Ferreira, L. M. & Cavalcanti, C. J. H. (1998). Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: Um Texto para Professores sobre Supercondutividade. Revista Brasileira de Ensino de Física, 20(3): 270-288. Recuperado de http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/ENF/ENF20N3/ENF20N3_10.PDF>.

Ott, R. W. (2008). Ensinando crítica nos museus. In: Barbosa, A. M. (Org.). Arte-Educação: leitura no subsolo. (7 ed). São Paulo: Cortez.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria, RS. Recuperado de

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Ricci, T. F. & Ostermann, F. (2003). Uma introdução conceitual à mecânica quântica para professores do ensino médio. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 14.

Sanches, M. B. 2006. A física moderna e contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula? 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de matemática) – Universidade Estadual de Maringá. Recuperado de http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/dissertacoes/fisica_moderna.pdf.

Schiller, F. (2002). Educação estética do homem. São Paulo: Iluminuras.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2010). Física para cientistas e engenheiros. Vol. 3: física moderna: mecânica quântica, relatividade e a estrutura da matéria. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Eduardo Gois – 80%

Graciela Ormezzano – 20%