

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

FÍSICA EM QUADRINHOS

Material de apoio ao professor utilizando Histórias em Quadrinhos no ensino.

VALÉRIA ALVARES (RIVKAH)

ORIENTADORA: PROFA. DRA. FERNANDA KEILA M. DA SILVA

COORIENTADOR: PROF. DR. TÉRSIO G. DE SOUZA CRUZ

Sorocaba - SP
Dezembro de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

FÍSICA EM QUADRINHOS

Material de apoio ao professor utilizando Histórias em Quadrinhos no ensino.

VALÉRIA ALVARES (RIVKAH)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila M. da Silva.

Sorocaba - SP
Dezembro de 2019

VALÉRIA ALVARES

**FÍSICA EM QUADRINHOS: MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR
UTILIZANDO HISTÓRIAS EM QUADRINHOS NO ENSINO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio.

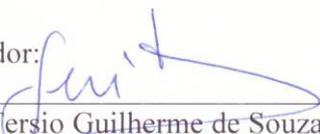
Sorocaba 13 de dezembro de 2019.

Orientadora:



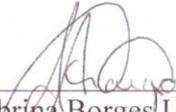
Prof. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva
UFSCar – Sorocaba

Coorientador:



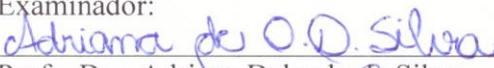
Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz
UFSCar – Sorocaba

Examinadora:



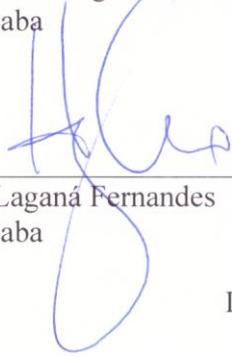
Prof. Dra. Sabrina Borges Lino Araújo
UFPR – Curitiba

Examinador:



Prof. Dra. Adriana Delgado da Silva
UFSCar – Sorocaba

Examinador:



Prof. Dr. Hylío Laganá Fernandes
UFSCar – Sorocaba

Sorocaba
Dezembro de 2019.

Alvares, Valéria (Rivkah)

FÍSICA EM QUADRINHOS: Material de Apoio ao Professor utilizando Histórias em Quadrinhos no Ensino / Valéria (Rivkah) Alvares. -- 2019.
153 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, coorientador: Prof. Dr. Tércio G. de Souza Cruz

Banca examinadora: Profa. Dra. Sabrina Lino Borges Araújo, Prof. Dr. Hylío Laganá Fernandes, Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva
Bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Física em Quadrinhos. 3. Histórias em Quadrinhos. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a meus pais Afonso Alvares e Neide Acquati Alvares, como uma homenagem póstuma por todo amor, dedicação e empenho com que me fizeram estudar e gostar de estudar, sem nunca querer parar

AGRADECIMENTO

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação.

Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos, que me possibilitou dedicar mais tempo na realização deste mestrado.

Agradeço ao Criador por tudo o que existe.

Agradeço ao Universo a oportunidade de aprender e me aprimorar como pessoa e como profissional.

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física por oferecer esta oportunidade.

Agradeço à UFSCAR pela infraestrutura, apoio e coordenação desta realização.

Agradeço à minha família que é meu porto seguro.

Agradeço à Professora Doutora Fernanda Keila M. da Silva pela paciência e competência em nos ensinar e orientar em todo meu projeto.

Agradeço ao Professor Dr. Tércio Guilherme de Souza Cruz pelo suporte técnico aos assuntos de Física.

Agradeço a todos os professores do curso que competentemente nos ensinaram e permitiram que nos reciclássemos.

Agradeço aos funcionários da UFSCAR pelo suporte administrativo, limpeza dos locais, biblioteca, ambulatório e refeitório.

Agradeço meus colegas de turma pelo companheirismo, cafezinhos e interações durante todo o curso.

Agradeço a tudo e a todos que de algum modo interagem na minha existência.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.”

“Um pianista estuda música para deleitar-se ao tocar a sinfonia de um grande mestre e comungar com seu autor...Da mesma forma, estude Física para melhor apreciar a sinfonia fantástica do Universo.”

Pierre Henry Lucie

RESUMO

ALVARES, Valéria (Rivkah). FÍSICA EM QUADRINHOS: Material de Apoio ao Professor utilizando Histórias em Quadrinhos no Ensino. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2019.

Os alunos, em geral, não se sentem muito próximos da Física e a consideram algo além de suas realidades e capacidades. Professores de Física podem usar diversas técnicas de ensino para tentar desmistificar isso e apresentar os conhecimentos científicos de modo mais palatável e acessível aos alunos. Em um mundo com tanta tecnologia, proveniente dos estudos científicos e que está cada vez mais inserida nas vidas cotidianas, é útil aprender os princípios da Física envolvidos nesses assuntos e torná-los algo natural. O produto que se descreve aqui é de uso simples e pode ser aplicado para maior envolvimento dos alunos nos assuntos abordados, bem como para promover a interação entre os pares, o que pode ser muito proveitoso no Ensino. As Histórias em Quadrinhos podem ser uma ferramenta didática, disponibilizando recursos interessantes de aprendizagem, de acordo com as teorias de Vigotski, o teórico escolhido para orientar o tema em questão. A aplicação do produto pode ser feita em todas as séries do Ensino básico, desde os anos iniciais até os finais. Descreve-se um processo de ensino que valoriza o desenvolvimento dos processos mentais superiores pela utilização da linguagem pensada ou do pensamento escrito, materializado nas histórias em quadrinhos que expressam os conceitos ou signos internalizados. Valoriza-se a interação entre pares durante o processo de criação, o que pode aprimorar os aspectos sociais dos envolvidos e promover o ensino científico utilizando ferramentas populares que aproximam as pessoas comuns.

Palavras-chave: Ensino, Ensino de Física, Física em Quadrinhos, Histórias em Quadrinhos.

ABSTRACT

Students generally do not feel very close to physics and consider it beyond their realities and capabilities. Physics teachers can use various teaching techniques to try desmistifying this and presenting scientific knowledge in a more palatable and accessible way to students. In a world with so much technology from scientific studies that is increasingly embedded in everyday life, it is helpful to learn the principles of physics involved in these subjects and make them natural. The product described here is simple to use and could be used for engaging students in the subjects covered, as well as promoting peer interaction, which can be very helpful in teaching. Comic books can be a didactic tool, providing interesting learning resources according to Vygotsky's theories, the theorist chosen to guide the theme in question. The application of the product can be done in all grades of elementary school, from the early years to the end. We describe a teaching process that values the development of higher mental processes using thought language or written thought, materialized in comics that express internalized concepts or signs. Peer interaction is valued during the creative process, which can enhance the social aspects of those involved and promote scientific teaching using popular tools that bring ordinary people closer together.

Keywords: Teaching, Physics Teaching, Physics Comics, Comics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de HQ comercial atual	24
Figura 2: Exemplo de quadrinho	25
Figura 3: Poder de abstração de um desenho	26
Figura 4: HQ produzida por aluno.....	28
Figura 5: Exemplo de HQ paradidática	29
Figura 6: Exemplo de HQ em Matemática.....	30
Figura 7: Livro de Física em Mangá	32
Figura 8: Inércia.....	40
Figura 9: 2a. Lei de Newton	41
Figura 10: 3a. Lei de Newton	41
Figura 11: Ondas na superfície da água.....	46
Figura 12: Ondas longitudinais	47
Figura 13: Ondas transversais.....	47
Figura 14: Onda marítima como exemplo de onda mista.....	48
Figura 15: Onda progressiva em uma direção	49
Figura 16: Representação de onda harmônica.....	49
Figura 17: Ondas de deslocamento e de pressão	53
Figura 18: Representação de som musical e ruído.	55
Figura 19: Sons diferentes produzidos com a nota lá.....	56
Figura 20: modos normais de vibração de uma corda	58
Figura 21: Modos de vibração em tubos de ar.....	59
Figura 22: HQ elaborada por um dos grupos de alunos	72
Figura 23: Exemplo de outra HQ elaborada por alunos	73
Figura 24: exemplo de HQ sobre conceitos de ondas sonoras.	74
Figura 25: Exemplo de HQ sobre níveis de intensidade sonora.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Revisão Bibliográfica - HQ no ensino.....	83
Tabela 2: Detalhamento das Atividades	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABE – *Associação Brasileira de Educação*

CPFL – *Companhia Piratininga de Força e Luz*

EDUHQ – *Educação através de Histórias em Quadrinhos e Tirinhas*

ESO - *Educación Secundaria Obligatoria*

FACENS – *Faculdade de Engenharia de Sorocaba*

HQ – *Histórias em Quadrinhos*

INEP – *Instituto Nacional de Ensino e Pesquisas Educacionais*

MNPEF – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

PBID - *Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência*

PROFIS-So – *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.*

REDEFOR – *Rede São Paulo de Formação Docente*

TELEBRAS® - *Telecomunicações brasileiras S.A*

UNESP – *Universidade Estadual Paulista*

UNICAMP – *Universidade Estadual de Campinas*

USP – *Universidade de São Paulo*

ZDP – *Zona de desenvolvimento proximal*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - APRESENTAÇÃO	14
CAPÍTULO 2 - INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 3 - HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E ENSINO DE FÍSICA	20
3.1 O QUE SÃO HISTÓRIAS EM QUADRINHOS.....	20
3.1.1 Um pouco da história das HQ	21
3.1.2 Características principais das HQ sob a ótica do Ensino	24
3.2 HISTÓRIAS EM QUADRINHOS NO ENSINO - CIÊNCIAS E FÍSICA	27
3.2.1 HQ no ensino de Física.....	31
CAPÍTULO 4 - OS FUNDAMENTOS DO PRODUTO: FÍSICA E TEORIA DE ENSINO	38
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	38
4.2 O ESTUDO DE MECÂNICA	39
4.2.1 As Leis de Newton	39
4.2.2 Dedução das Equações da Cinemática, a partir das Leis de Newton	43
4.3 O ESTUDO DAS ONDAS.....	44
4.3.1 Características das ondas.....	46
4.4 AS IDEIAS DE VIGOTSKI E SUAS RELAÇÕES COM O TRABALHO.....	60
4.4.1 Descrição geral da Teoria de Vigotski	60
4.4.2 Relação entre Vigotski e HQ	65
CAPÍTULO 5 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO	69
5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	71
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS	79

Capítulo 1

APRESENTAÇÃO

Este trabalho surgiu de uma intenção de melhorar minhas práticas de ensino. Não era meu projeto de vida, logo que decidi sobre minha carreira profissional aos 17 anos, ser professora. Os meus testes vocacionais da época indicaram um interesse pela área de ciências exatas, como eram conhecidas as disciplinas de Matemática, Física e Química, lá pelos idos dos anos 70 do século passado. Resolvi fazer engenharia, pois a cidade estava recebendo uma nova faculdade, a FACENS e, era exigência de meus pais que eu estudasse em qualquer faculdade, desde que local. Eles não me permitiam viajar ou morar fora de casa. Minha segunda opção, em função dos cursos existentes era Letras. Passei em engenharia, escolhi a especialização em elétrica com ênfase em eletrônica e telecomunicações, em período integral e coleí grau cinco anos depois, em 1982, em plena crise econômica vivida pelo país na época, com cortes de verbas do setor de telecomunicações que havia sido estatizado em 1972. Trabalhei cerca de um ano após formada em outras áreas, tais como bancária, professora de curso técnico até que consegui meu primeiro emprego como engenheira júnior em 1986. Fiz uma carreira interessante como engenheira, permanecendo 20 anos na mesma empresa, onde passei por diversas experiências desde elaboração de manuais de produtos, projeto de sistemas de comunicação de dados, elaboração de propostas técnicas e comerciais, coordenação de departamentos, viagens ao exterior para transferências de tecnologia, em especial após a abertura de mercado brasileiro, em 1989, com o governo Collor. Em 1998 o Brasil privatizou as telecomunicações e isso afetou diretamente a empresa na qual eu trabalhava, visto que seu principal nicho de mercado era a TELEBRAS¹. A empresa focou em outros setores e isso me fez deixá-la, em 2006, quando decidi desativar seu serviço de radiocomunicação, fechando o departamento gerenciado por mim. Eu estava um tanto quanto desmotivada em relação a área de telecomunicações e achei

¹ TELEBRAS – Telecomunicações Brasileiras SA – *holding* que detinha o controle das várias operadoras de telecomunicações em cada estado brasileiro, criada em 1972 e que deixou de existir em 1998.

que era o momento de mudar e trabalhar em outra atividade. Foi quando decidi dar aulas. Sabia que a escola pública tinha muita necessidade de professores e achava que minha experiência profissional seria muito útil, tornando-me uma professora diferenciada, se considerarmos o ensino básico (é comum profissionais experientes lecionarem em escolas técnicas, mas no ensino básico isso não é comum). Hoje, 12 anos depois, acredito ter sido uma das decisões mais acertadas da minha vida. As coisas foram dando muito certo. Em 2007, iniciei como professora substituta na rede estadual, inclusive na escola onde eu havia cursado o colegial (como era chamado o Ensino Médio em 1975). O cenário que encontrei foi terrível. Achei o ensino público sucateado. As escolas pareciam “depósitos de crianças”. Havia a aprovação automática. As salas eram diversificadas, com alunos de inclusão, alunos indisciplinados, alunos com dificuldades e necessidades diversas. Vinham para as aulas sem materiais e totalmente desmotivados para aprender. Ao serem questionados sobre o porquê de estarem ali, era usual a resposta: “eu venho obrigado pelos meus pais” ou então, “eu venho pela comida”, pois para alguns era a única refeição completa do dia. Professores grandemente desmotivados e desvalorizados, que muitas vezes apenas seguiam protocolos sem realmente se interessarem pelo ensino. Como eu era bacharel e não licenciada, precisei fazer uma complementação, que envolvia cursar as disciplinas relacionadas à parte pedagógica, além de um estágio. Obtive a licenciatura plena em Física e Matemática e passei em um concurso para professora efetiva, assumindo um cargo de titular de física em 2008. Tive muitas dificuldades, pois a física é uma disciplina difícil para quem gosta e deseja aprender, imagine para aqueles que não tinham o menor interesse, sem falar das deficiências de conhecimentos básicos de matemática e interpretação de textos para resolver exercícios, que costumam ter sempre um papel de destaque no ensino de física. Percebi que eu tinha que atualizar e inovar meus métodos de ensino para tentar abranger maior número de alunos. Busquei aproximar-me das universidades que conduziam pesquisas na área e consegui participar de um programa de inovação no ensino de Ciências conduzido pela USP por meio do departamento Interunidades de Física², Química e Biologia, ligado ao NUPIC – Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular da Faculdade de Educação. Eles estavam desenvolvendo a nova proposta curricular do Estado de São Paulo e elaborando material didático para aplicação nas salas de aulas e criaram cursos de formação para professores do Ensino Médio, para aplicarem o material, além de se tornarem replicadores em suas respectivas unidades escolares. Os cursos foram muito interessantes e me permitiram uma reciclagem nos conhecimentos de Física Moderna e nas práticas de ensino, visto que o

² Informações sobre esse programa podem ser obtidas em <http://portal.if.usp.br/cpgi/pt-br/>, acessado em dezembro/2019.

material era formatado nos conceitos modernos de ensino e aprendizagem, com contribuições de pesquisadores de áreas da educação, epistemológicas e técnicas. Nessa ocasião, o Governo estadual criou um programa de reciclagem de professores denominado REDEFOR, no qual contratou universidades públicas como a USP, UNESP, UNICAMP para cursos de especialização *latu-senso*, na modalidade semipresencial. Os cursos para professores de Física eram providos pela UNICAMP. A plataforma de ensino era muito interessante e interativa e os tutores do curso eram muito comprometidos e, essa experiência de ensino à distância foi bem proveitosa. Interagíamos muito, semanalmente, nos fóruns e recebíamos *feedback* direto das atividades dos próprios tutores. Meu aproveitamento no curso foi bom e foi então que recebi um incentivo de um dos tutores para continuar minha formação, buscando um mestrado na área de Ensino. Considerei válida a ideia, mas, por questões financeiras, resolvi ingressar em novo cargo e, com jornada dupla, tive que adiar os planos de cursar o mestrado. Aposentei-me do primeiro cargo usando o tempo recíproco da indústria em 2017 e, então resolvi dar sequência ao plano de cursar um mestrado na área de Ensino de Física e consegui ser aprovada neste programa de Mestrado Profissional. O programa é muito rico, ajudou-me a melhorar minhas práticas e agora sinto-me um pouco mais preparada para lidar com os desafios e “riscos” de quem decide ser professor e de Física. O risco aqui considero a possibilidade afastar o aluno do ensino em vez de aproximá-lo. Pretendo continuar meus estudos possivelmente engatando um doutorado e quem sabe um pós-doutorado, pois o que há de mais interessante para se fazer nesta vida se não for aprender e ensinar? Na minha opinião, nada. Quem sabe nossa persistência em buscar melhores métodos e práticas resulte em se descobrir coisas novas que ajudem outros que cursam o mesmo caminho e se deparam com os mesmos problemas? Mas, só saberemos se tentarmos e não desistirmos.

Capítulo 2

INTRODUÇÃO

Nossa experiência mostra que ensinar Física para alunos do Ensino Médio é algo bem desafiador. Desenvolver um produto para facilitar isso é muito desejável. Conta-se atualmente com diversos métodos e ferramentas para facilitar o Ensino, tais como vídeos e aplicativos em plataformas abertas, disponíveis na *Internet*. Tem-se livros didáticos atualizados, que podem trazer experimentos, aspectos históricos interessantes sobre as descobertas e atividades variadas, de modo a facilitar a tarefa do professor e tentar motivar os alunos a aprender. Apesar de todo esse aparato acessível a um toque dos dedos, tem-se a impressão, empiricamente falando, que a aprendizagem e o interesse dos alunos em aprender Física, restringe-se a poucos deles. Os professores seguem com seus métodos de ensino ou buscam inovações que possam ampliar a quantidade de alunos interessados, o que pode não acontecer. Como bem observado pelo Prof. Dr. Moreira: “ensino e aprendizagem são interdependentes, por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural” (MOREIRA, 2000). Ainda que professores se empenhem em envolver todos os alunos na aprendizagem, nem todos são receptivos e nem se interessam pela Física, o que pode desincentivar professores em buscar práticas diferentes. Entretanto, a persistência em se renovar pode ser um item de automotivação e, eventualmente, resultar no envolvimento mais amplo dos alunos em suas aprendizagens. Cursos de especialização focados no Ensino, como por exemplo, este mestrado profissional, são muito bem-vindos neste cenário, pois fazem com que tais práticas de ensino sejam repensadas e que se encontrem maneiras diferentes e, até mesmo, inovadoras, na tentativa de atingir mais alunos. Nesses cursos, são apresentados os diversos teóricos de ensino e aprendizagem, que podem nortear melhor a elaboração de um produto dedicado ao Ensino.

Dos vários teóricos estudados, Vigotski foi o escolhido. O motivo disso será detalhado em outro capítulo, mas basicamente, as teorias de Vigotski tratam do processo que leva à aprendizagem e o produto proposto também valoriza esse processo. Essa valorização considera

elementos indicados por esse teórico como integrados nos processos de desenvolvimento mental superiores, os quais envolvem a linguagem, o pensamento, a mediação por meio de signos e instrumentos, brinquedos e o papel das interações com pessoas, na ampliação dos conhecimentos. Nesse contexto, as Histórias em Quadrinhos (HQ) se apresentaram como uma opção muito interessante em vários aspectos, que serão salientados mais à frente, em capítulo específico. Nosso foco não é utilizar materiais prontos como insumos paradidáticos e sim incentivar os alunos a criarem suas próprias HQ sobre os tópicos abordados e trabalhados nas aulas.

Por que usar HQ, algo relativamente antigo, em um mundo predominantemente tecnológico e digital? Rama e Vergueiro (2014) mencionam que os quadrinhos atendem a necessidade primordial de comunicação dos seres humanos, por utilizarem intensamente as imagens gráficas, as quais estão presentes na história, desde os primórdios da humanidade. Há registros de imagens feitas pelos chamados homens das cavernas, que poderiam estar tentando contar uma história ao mostrarem, por exemplo, duas imagens: uma de um homem sozinho e outra de um animal abatido, talvez significando uma caçada vitoriosa (2014, p.8). A evolução da humanidade fez surgir outras formas de mídias para comunicação como cerâmicas, pedras, pergaminhos feitos de couro de animais e de plantas. Os desenhos evoluíram para símbolos abstratos, que depois se tornaram os alfabetos que originaram a linguagem escrita. Com esta houve uma grande ampliação da abstração dos conceitos que poderiam não ter mais relação visual com o objeto ou com a ideia que representavam. Rama e Vergueiro comentam como esse nível de abstração representou um grande avanço para a humanidade. Entretanto, o acesso à linguagem escrita é algo muito recente, oferecido de modo gradual, inicialmente aos mais privilegiados financeira e socialmente e, somente com políticas públicas mais abrangentes, ele atingiu as classes mais pobres. Por isso, a imagem gráfica ainda permaneceu como elemento essencial de comunicação da humanidade. Com o surgimento da imprensa, seguido pela indústria tipográfica, os quadrinhos começaram a ser utilizados como meios de comunicação de massa. (2014, p.9). Desse modo, passaram a estar mais presentes no cotidiano das pessoas, sejam na forma de revistas, sejam em tirinhas de jornais e, mais recentemente, até mesmo nos livros didáticos.

O objetivo do produto desenvolvido neste mestrado profissional é apoiar o professor para utilizar as HQ em seu ensino. Como objetivos adjuntos podemos mencionar cinco principais: 1. a discussão do alcance e problemas encontrados nessa proposta em um contexto pedagógico. 2. Promover maior interação entre os alunos, visando a expansão dos conhecimentos. 3. Facilitar aos alunos visualizar situações de seu cotidiano nas quais a Física

pode estar inserida. 4. Desenvolver a criatividade e, por último, potencializar a comunicação pelo uso de várias formas de linguagens no Ensino de Física.

Nas seções seguintes, o leitor encontrará uma breve revisão bibliográfica sobre as HQ, seu uso no ensino, seguida da descrição técnica dos principais tópicos da Física trabalhados e da teoria de Vigotski e como ela dialoga com as HQ, no desenvolvimento do produto educacional. Em seguida, fornecemos a descrição da metodologia de aplicação do produto e os resultados obtidos.

Capítulo 3

HISTÓRIAS EM QUADRINHOS E ENSINO DE FÍSICA

“Se um exemplo usado vez por outra aproxima alunos e professores, possibilitando melhor performance, é lógico pensar que a utilização bem planejada dos quadrinhos como ferramenta didática ou atividade multidisciplinar pode causar ainda maior impacto, tanto na aproximação quanto na própria performance” (DJ Carvalho).

3.1 O QUE SÃO HISTÓRIAS EM QUADRINHOS

Histórias em Quadrinhos (HQ), ou simplesmente quadrinhos, podem ser consideradas como uma linguagem própria de comunicação de ideias. Elas tanto podem ser utilizadas como ferramentas (para) didáticas, em exercícios e exemplos nas diversas disciplinas, como um exercício multidisciplinar na criação (CARVALHO D., 2006). Rama e Vergueiro (2014) chamam a atenção para o fato de os quadrinhos estarem em todos os lugares do planeta, com grande quantidade de títulos e tiragens na faixa de milhares, constituindo um meio de comunicação de massa de grande penetração.

Tatalovic (2009) define HQ como narrativa que consiste em figuras arranjadas em uma sequência, com diálogos curtos. Classifica as HQ em quatro níveis: quadro único, tirinhas, que aparecem em jornais e mesmo em livros didáticos; histórias em quadrinhos mais longas e livros de HQ ou novelas com histórias mais longas e completas. Mas, o que se sabe sobre as HQ e como podem ser utilizadas no Ensino? Vamos responder a essa pergunta no item 3.2, mas antes vamos mostrar os aspectos gerais das HQ.

3.1.1 Um pouco da história das HQ

Comentamos anteriormente como imagens gráficas estão presentes na história humana desde o princípio. É difícil estabelecer uma data em que surgiu a primeira HQ. McCloud (1995) faz um breve resumo e menciona alguns achados na História, que podem estar contando uma história na forma sequencial com imagens. Ele menciona um manuscrito em imagens, pré-colombiano, descoberto em 1519 por Hernán Cortez, que conta sobre “o grande herói militar e político 8-cervos “garras de tigre”” (1995, p. 10). O ano de elaboração desse manuscrito é cerca de 1049. Antes desses achados de Cortez, há trabalhos em tapeçaria, como a de Bayeux (século XI), que conta em ordem sequencial, a conquista da Normandia, em 1066, pela Inglaterra. McCloud faz menção ainda de histórias sequenciais na forma de imagens, encontradas 32 séculos antes disso, na tumba de “Menna, um antigo escriba egípcio (1995, p. 11-15). Mas, o surgimento da imprensa no século XV pode ser considerado como o grande impulsionador da popularização tanto dos quadrinhos como da própria palavra escrita. Há diversas publicações na forma de contação de histórias em quadrinhos que remontam a essa época. DJota Carvalho (2006) menciona que alguns consideram que a primeira HQ foi criada por um ítalo-brasileiro, Ângelo Agostini, em 30 de janeiro de 1869, com sua publicação chamada “As aventuras de Nhô Quim”. Essa data ficou determinada como Dia Nacional das Histórias em Quadrinhos. Já os estadunidenses se consideram os primeiros criadores das HQ, com suas histórias “The Yellow Kit”, criadas em 1895. Entretanto, os primeiros mangás japoneses surgiram em 1702 (CARVALHO D., 2006). Esses eventos marcam a divulgação de quadrinhos para o grande público.

Desde logo cedo, quando começaram a se proliferar pelo mundo, percebeu-se que as HQ poderiam ser muito bem utilizadas para ensinar, conforme observaram os estudiosos nos vários artigos da nossa pesquisa sobre o assunto. No final do século XIX, devido à consolidação dos elementos tecnológicos e sociais que possibilitavam isso, os quadrinhos foram publicados com diversos e variados temas e públicos, predominando os cômicos e satíricos que deram origem, posteriormente, às tirinhas, que são encontradas até os dias de hoje nos jornais. Comandados especialmente pelos Estados Unidos, “os *syndicates*, grandes organizações distribuidoras de notícias e material de entretenimento para jornais de todo o planeta ... disseminavam a visão de mundo norte-americana, colaborando, juntamente com o cinema, para a globalização dos valores e cultura daquele país” (RAMA e VERGUEIRO, 2014). No início do século XX, a distribuição de quadrinhos se expandiu com publicações periódicas, conhecidas como *comics books* ou, no Brasil, *gibis*. Essas publicações traziam histórias de super-heróis e

personagens que eram muito apreciados pelos públicos mais jovens. Durante a Segunda Guerra mundial, as revistas de quadrinhos traziam histórias de heróis bélicos, com consumo massivo pelos jovens norte-americanos, atingindo tiragens astronômicas (RAMA e VERGUEIRO, 2014). Nesse período, os quadrinhos também foram utilizados para fins educativos. Por exemplo, o governo americano encomendou quadrinhos a Will Eisner, um dos grandes expoentes de HQ de todos os tempos, para instruir soldados sobre técnicas de higiene pessoal, uso de equipamentos e atividades pertinentes. As HQ foram utilizadas com essa mesma finalidade na Coreia e no Vietnã. Após a guerra, Will Eisner criou um instituto que utilizava quadrinhos para fins educativos (CARVALHO D., 2006).

Em meados do século passado, entretanto, houve um movimento contrário a essa utilização. Surgiram diversas “pseudo- pesquisas” de cunho psicológico, que consideravam a leitura de quadrinhos prejudicial aos jovens, pois diziam que os tornavam “preguiçosos para pensar” (CARVALHO D., 2006). Houve uma grande oposição aos quadrinhos por parte de políticos, que alegavam que eram feitos por comunistas para doutrinar os jovens. Os pais se opunham ao uso de quadrinhos por seus filhos, pois, ouviam falar que eram nocivos para o desenvolvimento intelectual dos jovens, tornando-os mentalmente lentos, pois preferiam a leitura de HQ em vez de livros. Os quadrinhos também sofreram oposição religiosa, pois, se dizia que induziam as pessoas à homossexualidade, uma vez que, mostravam como heróis, as pessoas com postura condenada pela igreja. Como exemplos, pode-se citar Batman (que surgiu em 1939) e Robin e a Mulher Maravilha (1941). Em 1944, o INEP, sem base científica, apresentou um estudo onde classificou os quadrinhos como “lerdeza mental” (CARVALHO D., 2006). Isso fez com que fossem praticamente banidos como ferramentas de ensino. No final da década de 40, Roberto Marinho, editor da revista *O Globo*, deu um grande passo para reativar e transformar o uso de quadrinhos, abrindo um espaço em seus gibis para que educadores da ABE, escrevessem histórias educativas. Em 1949, o Congresso Nacional criou uma comissão chefiada por Gilberto Freire, que escreveu *Casa Grande e Senzala*, para avaliar o uso dos quadrinhos na educação e chegou-se às seguintes conclusões, conforme salienta DJota Carvalho (2006):

As HQ não são boas nem más, dependem do uso. As HQ ajudam na alfabetização. Ajudam os leitores nos ajustes de personalidade em relação à época e ao mundo por meio de seus enredos. As HQ preenchem a necessidade de histórias e aventuras da mente infantil” (CARVALHO D., 2006).

Houve uma trégua na guerra contra os quadrinhos, entretanto, em 1953, surgiu nova onda de ataques, motivada pelos escritos do psicólogo Fredic Werthan, que fez uma pesquisa

em presídios, onde constatou que a maioria dos presidiários gostava de ler quadrinhos. A conclusão foi apontar as HQ como participantes da inclinação dessas pessoas ao crime. Ele dizia que, se uma criança lesse histórias de lobisomem atacando pessoas, iria imitá-lo, tornando-se também violenta. Ele combateu muito os quadrinhos, culpando-os por quaisquer desvios de personalidade ou comportamento impróprio das pessoas. Por exemplo, ele dizia que fumantes foram influenciados pelos quadrinhos. Ele chegou a analisar, quadro a quadro, o desenho do Pernalonga (surgido em 1940), para examinar o levantar e abaixar de suas orelhas, concluindo que estas faziam alusão à excitação sexual do personagem. Embora no final da vida, ele reconheceu que exagerou, causou um enorme estrago na evolução dos quadrinhos, fazendo com que milhares fossem queimados e que as histórias tivessem que ter aprovação prévia do governo para serem publicadas. Somente após a Constituição de 1988, no Brasil, é que se deu maior liberdade de expressão de todas as maneiras, mantendo-se restrições apenas às publicações que incentivassem ações contrárias às leis, como, por exemplo, o racismo (CARVALHO D., 2006).

Após tantos movimentos contrários e tentativas de eliminação, a sobrevivência dos quadrinhos mostra que possuem um grande poder, não somente para o lazer, mas também educativo, quando utilizados apropriadamente com esse objetivo.

Os quadrinhos ainda estão presentes nos dias de hoje. Encontramos nas livrarias muitas obras de séries e filmes famosos, como “Guerra nas Estrelas”, e até mesmo grandes clássicos da literatura, como “O Diário de Anne Frank” e outras histórias, contadas em quadrinhos e muito atrativas às diversas faixas etárias, em especial aos jovens. Como exemplo, na Figura 1 extraímos um trecho de revista em quadrinhos encontrada em livrarias, que dão continuidade às histórias de filmes e séries famosos.

Apesar desse histórico controverso, há diversas pesquisas e trabalhos que apresentam as HQ como ferramentas que podem ser utilizadas nas várias etapas do Ensino, conforme mostraremos a seguir.

Figura 1: Exemplo de HQ comercial atual

Trecho de revista em quadrinhos que se apropria da história dos filmes e dá novos rumos e episódios à história (LAND, 2017). Os personagens aqui apresentados são famosos dos filmes *Star Wars* ou *Guerra nas Estrelas* e, tais quadrinhos dão continuidade à história. Este, por exemplo, foi retirado de uma revista com o título “O império contra-ataca”, mas trata-se de um episódio diferente ou que dá continuidade ao filme.



Fonte: (LAND, 2017)

3.1.2 Características principais das HQ sob a ótica do Ensino

Sobre a utilidade dos quadrinhos como ferramenta de ensino, há uma pesquisa interessante da ESAMC³, de 2001, com 3000 estudantes, onde se mostrou que, destes, cerca de 8% utilizaram HQ na alfabetização e isso os incentivou a bons hábitos de leitura. Tais hábitos persistiram ao longo de suas vidas, fazendo-os mais preocupados com a correção da escrita em português. Outro estudo, também da ESAMC, nesse mesmo ano, mostrou que alunos da quarta série que utilizavam quadrinhos na aprendizagem, tinham melhor desempenho nas avaliações do que os que utilizavam apenas o livro didático (CARVALHO D., 2006).

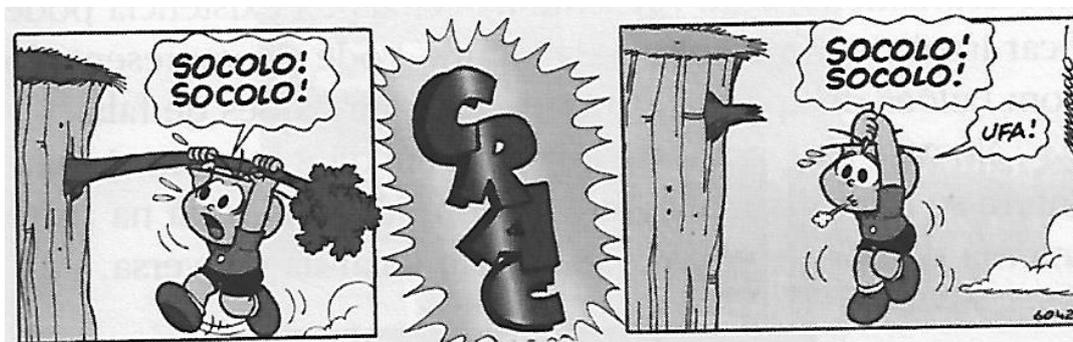
Paulo Ramos, jornalista e especialista em linguística, salienta que há uma diferença básica entre ler a linguagem dos quadrinhos, que é o que normalmente fazemos quando se lê, e compreendê-la para utilização em salas de aula e, em pesquisas científicas sobre o assunto. Para estes últimos objetivos, é necessário dominá-la (2010).

³ ESAMC - Escola Superior de Administração, Marketing e Comunicação de Campinas

Atente-se para o seguinte quadrinho, apresentado na Figura 2.

Figura 2: Exemplo de quadrinho

Aqui observa-se o uso de diversos recursos dos quadrinhos, como os balões com efeitos sonoros, onomatopeias, metalinguagem, comunicando ideias em curto espaço e com simplicidade.



Fonte: (RAMOS, 2010, p.43)

Essa ilustração mostra o poder de comunicação das HQ por meio dos vários elementos que as compõem. As HQ possuem recursos para representar a fala e o pensamento. As falas são expressas por balões, que apontam para o personagem que está falando ou pensando. Esses balões podem ter diversas particularidades que indicam situações distintas. Assim, um balão com linha contínua é uma conversação normal. Um balão com linhas estremecidas indica uma situação de medo, linhas pontilhadas indicam um cochicho, um formato de nuvenzinha ou fumaça indica um pensamento, linhas fortes e pontiagudas indicam tom de voz elevado ou nervoso, como se o personagem estivesse gritando. Podemos representar nos quadrinhos situações que até mesmo fogem do que é tradicional, o que chamamos de metalinguagem. A Figura 2 mostra um exemplo do uso desse recurso. Ali, o Cebolinha, inusitadamente, se agarra ao balão de sua própria fala, pedindo socorro para se safar da queda.

Os balões podem também conter um apêndice associado, chamado de rabicho ou rabinho. Esse apêndice parte do balão para o emissor e é uma maneira de representar o discurso direto. Apêndices, assim como os balões, podem assumir diversos formatos: ordinário, indicando fala, bolhas, indicando pensamento, uma forma quebrada, indicam que a fala sai de um aparelho eletrônico, como televisor, por exemplo; corações indicam um interesse afetivo. Podem também ser simples setas indicativas ou mesmo mãos que apontam a fim de chamarem a atenção (RAMOS, 2010).

Outro recurso importante na elaboração dos quadrinhos são as legendas. Geralmente elas aparecem no quadro inicial, antes das falas dos personagens. Contém as falas de um narrador onisciente, com verbos na terceira pessoa. Esse recurso pode ser utilizado tanto pelo

narrador externo à história, que chamamos de onisciente, como um personagem da história, que se apresenta como narrador.

Além dessas características, os quadrinhos também se utilizam da oralidade, de cores e onomatopeias, cenários e personagens diversos e, por serem sequenciais, permitem que o leitor viaje no tempo e no espaço. Outra característica muito interessante dos quadrinhos é a capacidade que possuem de fazer os leitores se identificarem com as imagens que trazem. Temos a tendência de, ao nos relacionarmos com alguns objetos, os considerar como extensão de nossos próprios corpos. Um exemplo interessante disso é dado por MCCLLOUD ao trazer a situação de uma colisão entre carros, por exemplo, no trânsito. Ao tentar explicar o ocorrido, os motoristas costumam dizer: “ele bateu em mim” ou “ele parou de repente e eu bati nele” e coisas desse tipo, embora tenham sido os carros que bateram e não os motoristas. O carro é visto pelo motorista como uma extensão de si mesmo, tamanha é a identificação com o objeto representado pelo conceito (1995, p. 38). Um tipo de quadrinho que explora muito essa característica são os cartuns. Eles trazem imagens simplificadas de modo a possibilitar que muitas pessoas se identifiquem com a história contada. A Figura 3 apresenta um exemplo da universalidade de representação, que pode ser explorada nas HQ.

Figura 3: Poder de abstração de um desenho

Exemplo do poder dos quadrinhos de nos remeter ao reino dos conceitos. A primeira figura do rosto é quase uma fotografia de alguém e, por isso, a identificação com ela restringe-se a poucos. Mas, à medida que a imagem se simplifica, ela vai abrindo o universo de representação e se aproximando do universo dos conceitos, até que a última imagem, simples e com poucos traços, permite que qualquer leitor se identifique com ela.



Fonte: (MCCLLOUD, 1995) p. 31

Essa breve síntese mostra que os quadrinhos podem ser uma ótima ferramenta de comunicação e que pode ser utilizada para Ensino. A escolha de seu uso, por exemplo, pode estar associada ao desejo de prover melhor aprendizagem em ambientes diversificados. Diversificado, aqui, refere-se às salas de aulas com alunos de diferentes capacidades intelectuais e distintas realidades sociais e até mesmo culturais. Nesse cenário, é muito importante se pensar em atividades de execução simples e que incluam o maior número possível dos alunos, promovendo a interação entre eles e com o professor. A literatura de ensino científico traz vários relatos sobre a utilização das HQ, conforme descreveremos a seguir.

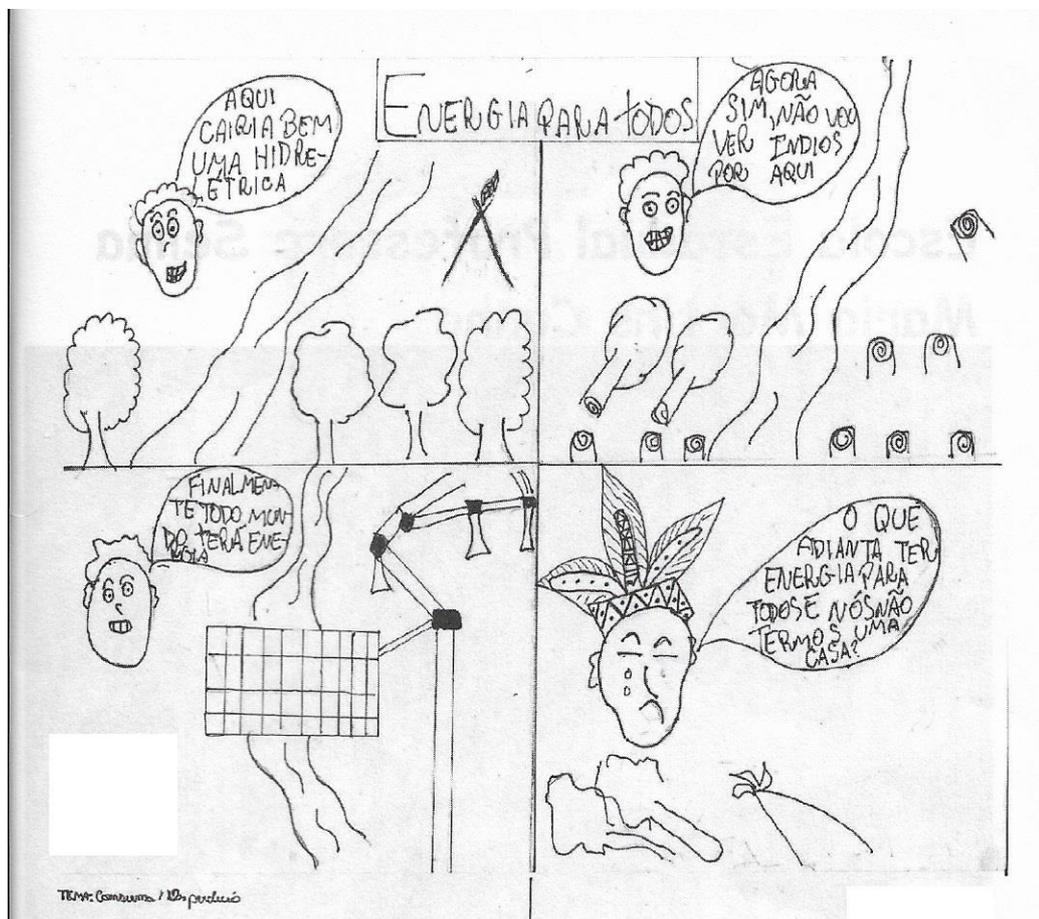
3.2 HISTÓRIAS EM QUADRINHOS NO ENSINO - CIÊNCIAS E FÍSICA

Na pesquisa que fizemos encontramos uma quantidade razoável de aplicações paradidáticas, na forma de livros e artigos que apresentam conteúdos de diversas disciplinas, utilizando HQ. Várias dessas no Ensino de Ciências e, inclusive, no Ensino de Física. Um exemplo no campo do Ensino de Ciências é o projeto GIBIO que envolveu várias universidades entre elas podemos citar, a USP (FERNANDES, 2013) e a UFSCAR de Sorocaba (GIBIO, 2007). Dentre as ações desse projeto, destacamos uma produção apoiada pelo pessoal da universidade, trabalhando no PIBID. Trata-se da edição especial da revista, produzida por uma escola estadual de Sorocaba, com o patrocínio da CPFL, que apresenta HQ criadas por alunos dos oitavos e nonos anos, enfocando o uso sustentável da energia e suas fontes. Comenta-se que o processo de criação das HQ foi muito divertido (ALUNOS DA EE. PROFA. SELMA MARIA MARTINS CUNHA, 2017). As histórias apresentadas abordam a geração, transmissão e distribuição da energia elétrica. Trazem as diversas maneiras de geração e apresentam algumas reflexões sobre aspectos sociais das instalações de usinas. Para exemplificar, podemos observar a Figura 4, que mostra alguns quadrinhos onde se aborda a destruição do patrimônio florestal e cultural para implantação das usinas.

Conforme salienta-se nas descrições do projeto, seu objetivo é agregar e divulgar produções científicas que utilizem uma linguagem popular e atraente para os jovens, como as HQ. A justificativa desse uso se deve ao fato de que as HQ são instrumentos riquíssimos na comunicação, pois associam graficamente as linguagens verbal e icônica (FERNANDES, 2013).

Figura 4: HQ produzida por aluno

Aqui se observa a reflexão sobre a abrangência social do progresso, levando energia elétrica a mais pessoas, ao mesmo tempo que desmata e modifica o espaço, conseqüentemente, desalojando índios de suas moradias

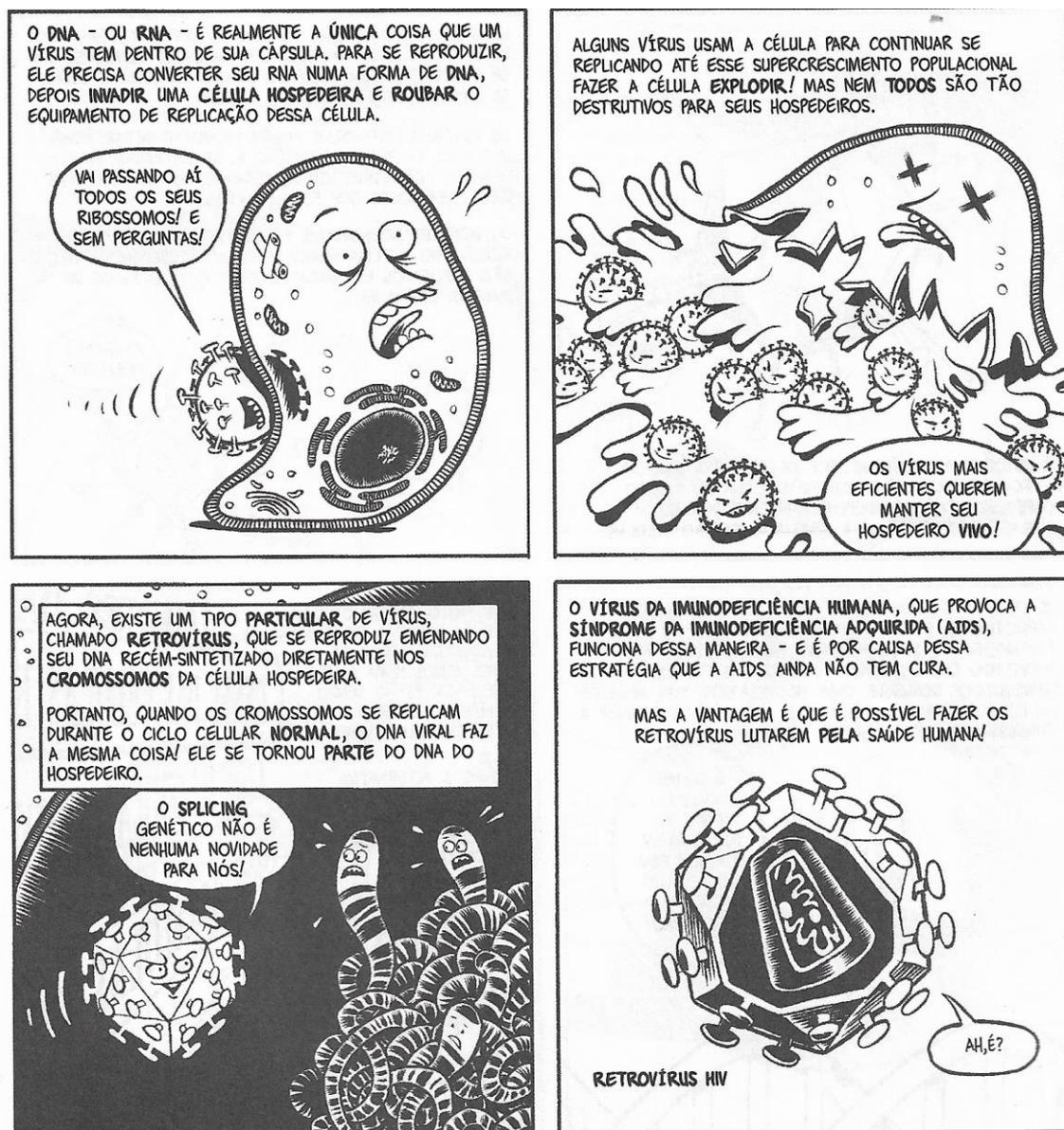


Fonte: (ALUNOS DA EE. PROFA. SELMA MARIA MARTINS CUNHA, 2017), página 55.

Outro exemplo paradigmático de uso de HQ aborda os conteúdos de genética e DNA. Conforme o autor comentou, uma produção como essa é algo extraordinário que necessita da consideração e cooperação de todos os envolvidos (SCHULTZ, 2011). Ela é muito bem planejada e elaborada, com um roteiro e enredo atraentes, desenhos chamativos e, muitas vezes auto explicativos, bem adequados para a proposta de uso de HQ. Traz a história desde o Big-Bang, até o desenvolvimento da Terra e dos seres vivos. É um livro bem completo sobre esse conteúdo, sem tornar a leitura maçante. Por exemplo, destacamos os quadrinhos apresentados na Figura 5.

Figura 5: Exemplo de HQ paradidática

De maneira visual e bem didática, aborda-se a forma como os vírus atacam as células e, no caso particular, mostra-se porque, até o momento de elaboração dessa revista, ainda não havia cura para a AIDS.



Fonte: (SCHULTZ, 2011), p. 115

Engana-se quem acha que HQ podem abordar apenas superficialmente os assuntos de Física e outras disciplinas. Até mesmo conceitos complexos como os de cálculo diferencial e integral, podem ser agradavelmente apresentados e discutidos utilizando-se quadrinhos. A obra “Cálculo em Quadrinhos” (GONICK, 2014) mescla os conceitos matemáticos, com seus respectivos gráficos e aplicações em diversas ilustrações, usando como personagens das HQ, as caricaturas de matemáticos e cientistas famosos, como Newton, Einstein, Leibniz etc. A Figura 6 exemplifica isso.

Figura 6: Exemplo de HQ em Matemática

O leitor é instigado com a ideia de aplicar o conceito matemático de integrais para desvendar segredos do Universo. O personagem do professor lembra o Einstein.



Fonte: (GONICK, 2014, p. 213).

Além dessas obras descritas anteriormente, realizou-se uma busca nas principais revistas da área de Ensino, principalmente de Ciências, que mencionassem o uso de HQ em artigos publicados em revistas com classificação A₁ e A₂ (CAPES) e foram encontrados

diversos artigos, conforme detalhado no Anexo 1. O item 3.2.1 apresenta um breve resumo dos achados bibliográficos relativos ao Ensino de Física usando HQ.

3.2.1 HQ no ensino de Física

A busca de artigos publicados sobre quadrinhos no Ensino de Ciências mostrou-se bastante produtiva. O anexo 1 apresenta uma lista de 19 artigos encontrados entre alguns dos mais importantes periódicos da área de Ensino de Ciências (CAPES). Especificamente sobre Ensino de Física, encontramos 11 artigos.

Pode-se também mencionar uma produção muito interessante na forma de um livro, que utiliza um estilo de HQ do tipo Mangá. Esse livro, de modo bem detalhado e completo, aborda o conteúdo relativo à Mecânica Clássica. O autor justifica a utilização de quadrinhos, pois, eles vão além de simples ilustrações, apresentando de modo expressivo e visual o dinamismo, que pode representar o fluxo do tempo, tão importante no estudo da Mecânica. Além disso, os quadrinhos podem transformar “cenários irreais em imagens familiares, amistosas e fáceis de entender” (NITTA, 2010). Logo no início, o livro deixa claro o enredo e os personagens principais que permeiam e apresentam as histórias. O livro mescla as HQ com páginas explicativas dos conceitos de Física e Matemática. A Figura 7 ilustra uma das abordagens desse interessante livro.

Figura 7: Livro de Física em Mangá

Os personagens principais das histórias discutem aqui os conceitos de velocidade escalar e velocidade de modo simples e divertido



Fonte (NITTA, 2010), p.47

Produções como essa, na forma de livros ou revistas, não são muito comuns em se tratando do tema Física ou Ciências, em contraste com as tirinhas que aparecem com mais frequência na literatura. Um artigo de 2009 descreve uma revisão bibliográfica nesse sentido. Eles definem HQ como uma narrativa que consiste em figuras arranjadas em uma sequência, com diálogos curtos. Classificam as HQ em quatro níveis: tirinhas, que aparecem em jornais e mesmo em livros didáticos; revistas ou livros de HQ com histórias mais longas e completas, que são o foco dessa pesquisa; novelas ou fotonovelas e, por último, cartuns (TATALOVIC,

2009). Nesse artigo, o autor relata que encontrou quadrinhos com conceitos corretos de Química e histórias que poderiam ser utilizadas para o levantamento ético da prática científica, como por exemplo, questionar e discutir o uso de seres humanos em pesquisas, como cobaias. Também averiguou o uso de HQ para orientação e promoção de práticas saudáveis que evitem doenças e contaminações. As histórias de super-heróis são descritas como boas oportunidades para se abordar conceitos físicos. Mas, o artigo destaca que livros, elaborados especificamente para o ensino de ciências, são bastante restritos e, muitas vezes, ignorados. Raríssimas exceções é a publicação da Nagaya University de uma série de 9 Mangás, com cerca de 16 páginas cada um, abordando temas como: aquecimento global, radiação solar, geomagnetismo, raios cósmicos, regiões polares, atmosfera superior, buracos na camada de ozônio, entre outros (TATALOVIC, 2009).

A ideia de Ensinar Física utilizando quadrinhos motivou o engenheiro francês, que se tornou professor de Física no Brasil, juntamente com o famoso cartunista Henfil, no final da década de 1960, a criar um gibi intitulado “Física com Martins e Eu”. Com histórias bem-humoradas, apresentava um aluno questionador e curioso, o Martins, que incitava discussões com seu professor. Em virtude do contexto social da época, os adolescentes eram considerados, por esse professor, cientistas natos e a criação do gibi foi pautada em dois principais objetivos, a saber: desmistificar a ideia de que apenas seres superdotados podiam ser físicos e tornar o estudo da natureza e suas leis mais lúdicos e agradáveis, sem tanto formalismo matemático e com ilustrações para apresentar os fenômenos (BEZERRA, 2017).

A revisão bibliográfica realizada mostrou que o uso de quadrinhos é muito explorado na literatura de pesquisas de ensino de ciências, para a exposição e questionamento das concepções alternativas. Essas concepções constituem obstáculos à aprendizagem dos conceitos científicos (BACHELARD, 1996). Pelo menos quatro dos artigos pesquisados apresentaram o uso de HQ com esse enfoque. Em relação a isso, as pesquisas buscam tais concepções erradas nos quadrinhos populares comercializados e lidos na forma de revistas, gibis, tirinhas em jornais, cartuns etc. Uma sugestão é que se apresentem tais quadrinhos para a análise por parte dos estudantes, que deverão identificar e apontar erros que apoiem tais visões equivocadas, tão arraigadas no conhecimento popular. Carrascosa (2017) sugere esse uso, descrevendo os quadrinhos como uma maneira interessante de se questionar “as ideias simplistas sobre a ciência”. Ele defende esse uso de quadrinhos como um modelo de ensino que foque na formação científica dos estudantes.

Ainda nessa mesma linha de pesquisa, Gallego (2017) considera que “a educação científica é um elemento essencial da cultura do nosso tempo” (GALLEGO, 2017). Observa-

se frequentemente uma imagem distorcida da ciência, bem como atitudes negativas sobre sua aprendizagem, que acabam resultando em fracasso escolar, evidenciado pelos baixos índices obtidos nas avaliações estudantis. É importante alterar ideias simplistas e “mudar a epistemologia espontânea de professores e alunos” (GALLEGO, 2017). O método tradicional de ensino, com o professor como o detentor do conhecimento e alunos como simples receptores, precisa ser minimizado e até mesmo substituído por modelos mais interativos e, desse modo, mais eficazes para as escolas atuais. Os quadrinhos refletem o modo como a sociedade pensa a respeito da ciência e dos cientistas. Com frequência, apresentam os físicos como seres isolados do mundo, individualistas ou gênios. Há crenças, expressas em quadrinhos, de que as pesquisas são rígidas e devem necessariamente seguir um método científico, que inibe a imaginação e a criatividade. Outra nuance dessa pesquisa é observar a falha dos quadrinhos populares em apresentar os aspectos históricos que levaram às descobertas. Em virtude da evolução científica e tecnológica nas últimas décadas, as quais devem continuar e aumentar no futuro, menciona-se a importância da “alfabetização científica”, e indica as HQ como uma ferramenta que, quando bem utilizada, pode auxiliar neste aspecto.

O uso de quadrinhos para evidenciar concepções alternativas foi também alvo de TCC do curso de licenciatura em Física. Neste respeito, Souza e Vianna (2014) relatam a criação de HQ com ideias alternativas para provocarem o debate dos alunos. Os quadrinhos foram produzidos focando os seguintes aspectos: levantar perguntas, ter pouco texto, ser atrativo e não ser infantil e nem muito sério. O protagonista das tirinhas era o fenômeno físico. Os estudantes deveriam dar uma solução para um problema, apresentado na sala de aula por meio dos quadrinhos, elaborados com essa finalidade específica. Salienta-se a necessidade de o professor estar muito bem familiarizado com o assunto, de modo a propor perguntas que fizessem os estudantes pensarem e atuarem no problema. Esse autor criou uma logomarca para os seus quadrinhos que chamou de FQ – Física em Quadrinhos, como uma alusão à HQ – Histórias em Quadrinhos (SOUZA e VIANNA, 2014).

Esse interesse em se utilizar os quadrinhos como uma ferramenta para desarraigar concepções alternativas abrange praticamente o mundo todo. Uma pesquisa realizada em uma escola chinesa, também utilizou quadrinhos com tal objetivo. Participaram ao todo 92 estudantes do ensino médio. O objetivo era levantar o entendimento e as concepções prévias, que geralmente baseiam-se no senso comum, a respeito dos campos elétricos. A atividade foi realizada na sala de aula, com orientação da professora, que disponibilizou um simulador computadorizado. Os grupos de alunos operavam o simulador usando mouses sem fios. Com o objetivo de dar oportunidade a todos, de acordo com os diversos estágios de desenvolvimento,

o nível de dificuldade ia aumentando à medida que resolviam algum problema e, desse modo, iam avançando e dando continuidade à atividade. No final, apenas um grupo pequeno de alunos conseguiu continuar e, a professora pediu que socializassem com a classe as suas estratégias. Os alunos receberam então um quadrinho inicial, a partir do qual deveriam prosseguir com a história. Diversos alunos utilizaram diagramas de setas em seus desenhos para referirem-se ao campo elétrico, coisa que não seria comum, se não tivessem utilizado antes o simulador (CAO e BRIZUELA, 2016).

Na França, Hosson (2018) menciona que, desde 2011, são realizadas oficinas de 12 horas, nos horários livres dos estudantes com idades entre 12 a 16 anos. Para iniciar a oficina, um cientista, aluno de doutorado, apresenta um assunto de Física ou Matemática ou Biologia, que faça parte de sua pesquisa. Em seguida, os estudantes, os quais são designados como autores de quadrinhos de ciências em treinamento (TSCA), criam tirinhas, de uma página, sobre o assunto apresentado. Eles são auxiliados tanto por um profissional de quadrinhos, como por um comunicador de ciências. O primeiro explica aos alunos as técnicas para se criar tirinhas e o segundo os auxilia nos aspectos da ciência e comunicação de ideias. No final da oficina, os trabalhos são expostos e os estudantes explicam suas motivações e intenções ao elaborá-los. O artigo salienta que esse processo é muito positivo para a aprendizagem, pois os alunos recontam uma história, organizando logicamente seus conhecimentos, selecionando o que consideram mais importante, conforme suas próprias leituras do assunto e, com isso, consegue-se uma abordagem educacional ampla, que combina linguagem, ciências e artes. Entretanto, como aspecto falho, o artigo observa a escassez de análises críticas sobre as escolhas feitas pelos estudantes para elaborarem suas tirinhas. Há também uma lacuna em se analisar o aprendizado real dos alunos, com tais atividades (DE HOSSON, 2018).

As HQ são excelentes ferramentas de organização dos conhecimentos prévios dos alunos. Pesquisadores do PIBID elaboraram sequências didáticas, utilizando quadrinhos, que foram criados e inspirados tanto nas ideias construtivistas de alunos participantes, como também na aprendizagem significativa (PEREIRA, OLENKA e OLIVEIRA, 2016). Relata-se a satisfação e empenho nas atividades, as quais culminaram com os alunos produzindo suas próprias tirinhas.

Caruso (2009) enaltece o uso de HQ elaboradas pelos alunos como um grande facilitador da aprendizagem, de um assunto complexo como os conceitos da Física Moderna, em particular, neste caso, os conceitos de espaço-tempo de Einstein. No caso, o aluno-artista fazia parte de um projeto denominado EDUHQ. Conforme se explica, o aluno tinha acesso a textos e livros sobre o assunto escolhido e depois fazia a tirinha. Isto após “a clara compreensão

do conceito” (CARUSO e FREITAS, 2009), por parte desse aluno. Menciona-se o aspecto multidisciplinar de um projeto como esse, que tem como meta o ensino de ciências de conteúdos não formais, articulados com cognitivos e produção artística, enfatizando a criatividade de modo a operar pedagogicamente. O aluno atua como “tradutor do conhecimento aprendido para a linguagem dos quadrinhos”. Além disso, essa perfeita integração linguagem escrita e imagem, aliada à rápida decodificação por parte do leitor para a compreensão do assunto, torna os quadrinhos muito interessantes neste mundo, onde a concentração dos jovens é cada vez menor (CARUSO e FREITAS, 2009).

Há relato de projetos de uso das HQ para envolver os alunos como protagonistas de suas aprendizagens, desde o início dos trabalhos. Em Granada, na Espanha, em 2005, foi realizado um projeto numa província rural de agricultores e ciganos, que tinham dificuldades de continuidade nos estudos e problemas de frequência escolar. Comenta-se sobre o elevado índice de evasão no local. O público escolhido foi de alunos dos terceiros e quartos anos da ESO⁴. O tema escolhido foi a comemoração do centenário da teoria da Relatividade de Einstein. Inicialmente, cada grupo de três ou quatro alunos recebeu o nome de um cientista, envolvido nessa história, para pesquisar e elaborar HQ sobre a vida deles. Como segundo momento, eles deveriam elaborar maquetes dos experimentos realizados pelos cientistas pesquisados. A terceira etapa era a exposição e apresentação dos trabalhos. Como aspecto positivo, menciona-se a interdisciplinaridade do trabalho, envolvendo as disciplinas de linguagem, matemática, sociologia, história, tecnologia, informática, além das ciências. Houve também oportunidade de articulação de temas transversais como saúde, convivência, além de se enfatizar o não sexismo, buscando-se salientar o papel das mulheres nas ciências. Como aspecto negativo, o artigo comenta que, por mais atrativo que se acredite ser o trabalho, alguns alunos não se motivaram e por isso não se envolveram, mas os que se empenharam tiveram resultados muito positivos (CARRETERO, 2017).

O professor que pretende utilizar HQ no seu ensino, com frequência se depara com a questão de como inseri-las adequadamente, de modo a tornar o processo mais atrativo e promover a aprendizagem dos alunos. Essa pergunta também estava na mente do professor pesquisador Schwaller (2013), quando participou de um treinamento sobre alfabetização para alunos com baixos índices nos testes. A abordagem focava nas estratégias para maior envolvimento dos alunos na leitura, escrita e discussões significativas em todas as áreas de ensino. Uma das estratégias apresentadas mencionava que se devia dar aos alunos um texto para

⁴ ESO – Educación Secundaria Obligatoria – corresponde ao nosso Ensino Médio na Espanha.

leitura e, em seguida fazer perguntas para respostas imediatas, sem muito processamento de ideias. Deveriam se dar poucos minutos para que escrevessem ou respondessem a questão. A intenção de solicitar uma resposta rápida é fazê-los refletir e pensar criticamente, realizando um teste formativo. A sugestão de escrita rápida o conectou aos quadrinhos e, a intenção dele era utilizar HQ escritas pelos alunos, de modo a avaliar suas concepções errôneas e pontos nos quais ainda necessitassem de melhor entendimento. Uma vantagem comentada, ao se solicitar trabalhos escritos pelos alunos na forma de HQ, foi a facilidade de correção dos trabalhos por parte do professor, visto que rapidamente se percorre os quadrinhos, não se demandando muito tempo, como acontece com os demais trabalhos escritos. Com esse método, ele conseguia classificar os alunos entre aqueles que tiveram o desejo de aprender e o fizeram, os que chegaram perto e os que não absorveram o conhecimento, ou seja, as concepções alternativas ainda persistiam. Os alunos tiveram um laboratório onde observaram as imagens formadas em espelhos planos. Em seguida, foram para a sala de aula onde lhes foi apresentada uma HQ com uma concepção alternativa sobre a imagem conjugada por espelhos planos. Os alunos deveriam escrever sobre o quadrinho e, após três minutos, foi-lhes pedido que expusessem suas conclusões. Com essa atividade, o pesquisador obteve sucesso na sua investigação sobre a alfabetização científica dos alunos. Algo muito interessante comentado foi o fato de os alunos não estarem preocupados se a atividade seria valorada para compor os critérios de avaliação. Eles estavam mais interessados em entender e explicar o problema e, alguns, até mesmo conseguiram identificar o erro conceitual exposto no quadrinho (SCHWALLER, 2013).

Capítulo 4

OS FUNDAMENTOS DO PRODUTO: FÍSICA E TEORIA DE ENSINO

“Nos livros anteriores apresentei princípios da Filosofia que não são filosóficos, mas estritamente matemáticos, isto é, aqueles nos quais o estudo da filosofia pode ser baseado. Esses princípios são as leis e condições de movimento e das forças que, especificamente, se relacionam à Filosofia....tratar de Deus a partir de fenômenos, é certamente uma parte da filosofia natural.”
(Isaac Newton no prefácio de seu livro *Principia* (NEWTON, 2014))

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O projeto Física em Quadrinhos pode se estender a qualquer área da Física. Inclusive, ele foi aplicado em todas as séries do Ensino Médio e se obteve HQ interessantes com os temas Big-Bang, ondas, modelos atômicos e mecânica. Alguns exemplos das produções dos alunos podem ser encontrados no Apêndice A. Como fundamentos de Física, vamos descrever brevemente as equações do movimento, que fazem parte da Mecânica e, em seguida, alguns conceitos básicos associados às ondas e acústica. A escolha desses assuntos para abordagem neste capítulo se deu porque a primeira aplicação do produto foi a respeito de Cinemática e posteriormente, o mesmo assunto foi aplicado em outra turma. Com relação ao assunto ondas, fizemos também uma aplicação na qual obtivemos HQ bem interessantes. Posteriormente, ainda nesse capítulo, apresenta-se o referencial teórico de ensino adotado nesse trabalho, voltado para as ideias de Vigotski.

4.2 O ESTUDO DE MECÂNICA

A Mecânica⁵ estuda o movimento de corpos materiais e possui basicamente três divisões: Cinemática que se encarrega em descrever os movimentos, a Dinâmica que estuda as causas dos movimentos, com leis para determinar os que ocorrerão em cada caso específico e a Estática, que estuda os corpos em equilíbrio. O estudo dos movimentos é uma parte importante da Física Clássica e, devemos principalmente à Isaac Newton as leis largamente utilizadas nos estudos de fenômenos relacionados ao movimento de corpos. Embora haja algumas limitações para aplicar essas leis, elas são muito importantes na descrição da maioria dos fenômenos ligados ao movimento de acordo com a geometria euclidiana. Newton partiu do estudo de fenômenos observáveis para tentar explicar Deus. Como ele mesmo declara no prefácio de seu livro, que foi destacado na citação no início deste capítulo, era basicamente um filósofo que usava a matemática para explicar os fenômenos observáveis e, assim, se tornou um grande Físico. Seu objetivo era explicar Deus, a partir do estudo de fenômenos como a densidade, o movimento dos corpos, o espaço vazio entre corpos e outros que ele descreveu em sua obra (NEWTON, 2014). Ele utilizou brilhantemente a matemática para explicar os fenômenos e, seus estudos, apesar de algumas limitações, ainda hoje são largamente utilizados nas viagens espaciais e na engenharia civil. Existe conceitualmente e cronologicamente uma separação entre Física Clássica (da qual Newton é considerado o pai) e a Física Moderna (com surgimento mais associado às teorias de Einstein e seus contemporâneos). Entretanto, a Física Moderna está alicerçada sobre a Física Clássica, e esta acaba se tornando um subconjunto da Física Moderna, para a maior parte das situações cotidianas, com dimensões macroscópicas e velocidades muito inferiores que a da luz.

4.2.1 As Leis de Newton

O foco, com essa abordagem, é a Cinemática. Costuma-se dizer que a Cinemática descreve os movimentos sem se preocupar com as causas. Entretanto, uma maneira interessante de abordar o assunto é iniciando com as Leis de Newton, ou seja, abordar o assunto a partir da Dinâmica. Newton formulou três Leis básicas, que ficaram conhecidas como as Leis de Newton:

⁵ As descrições da Física nesta seção estão baseadas principalmente no livro Mecânica de Keith R. Symon (SYMON, 1996)

- a primeira, conhecida como a Lei da Inércia, que declara que um corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento uniforme, até que uma força atue nele. Essa lei aplica-se apenas para referenciais inerciais. Estes são definidos como referenciais em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, ou seja, movimentando-se em linha reta, com velocidade constante. A Terra, portanto, não é um referencial inercial e nem qualquer ponto sobre ela, visto que executa movimento de rotação, o qual, é sempre acelerado. Mas, como esse movimento de rotação afeta muito pouco os movimentos usuais em estudo na Cinemática, podemos utilizar referenciais terrestres como sendo inerciais, com boa aproximação (NUSSENZVEIG, 2000). Costuma-se dar como exemplo de inércia aos alunos, o caso de um veículo em movimento uniforme, que para bruscamente, e os ocupantes tendem a continuar o movimento, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Inércia

o motorista tende a continuar o movimento quando o veículo para bruscamente



Fonte: http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/dinamica/leis_Newton/

- a segunda, conhecida como Princípio Fundamental da Dinâmica, que declara que a taxa de variação do momento linear tem a mesma direção e é proporcional à resultante das forças aplicadas ao corpo. Observe a Figura 9. Portanto:

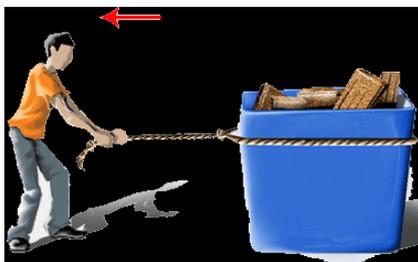
$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} \quad eq. 3.2 - 1$$

Considerando a massa constante e $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ podemos escrever a segunda lei de Newton assim:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad eq. 3.2 - 2$$

Figura 9: 2a. Lei de Newton

O rapaz puxa o corpo horizontalmente, utilizando uma corda. Se a resultante das forças for diferente de zero e positiva em direção ao rapaz, haverá um movimento do corpo, ou seja, ele se desloca na mesma direção e sentido dessa resultante.

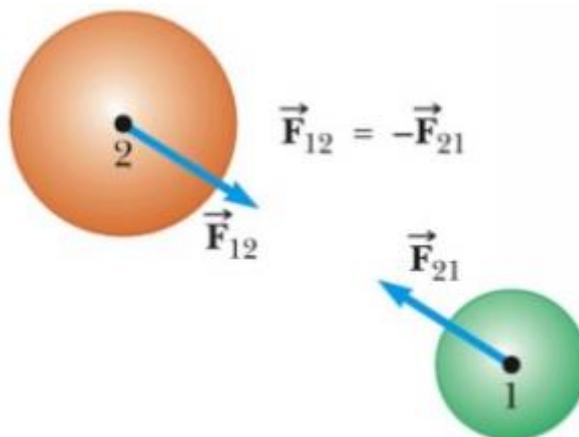


Fonte: http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/dinamica/leis_Newton/

- A terceira, conhecida como Lei da Ação e Reação, segundo a qual para cada ação existe uma reação de mesma direção e intensidade, mas de sentido oposto. Observe a Figura 10.

Figura 10: 3a. Lei de Newton

lei da ação e reação. O corpo 1 exerce uma ação no corpo 2 e este reage aplicando uma força com mesma direção e intensidade com sentido oposto, caracterizando um par ação e reação.



Fonte: <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/leis-de-newton//>

Cabe ressaltar algumas coisas em relação a essas leis. O movimento é consequência de uma interação entre corpos isolados de sua vizinhança. Um corpo que iniciou um movimento e não realizou mais nenhuma interação, continuará com velocidade constante. O movimento pode então ser definido como a mudança da posição de um corpo num intervalo de tempo. É comum se estudar tais leis aplicadas a corpos considerados partículas ou, seja, um corpo cujas dimensões são desprezíveis em relação ao espaço em estudo. Usualmente costumamos chamar esse corpo de ponto material ou, simplesmente, partícula. Na Física Clássica podemos determinar simultaneamente a posição e o momento de tais partículas, coisa que não é possível para partículas atômicas e subatômicas, cujo comportamento é melhor descrito pela Mecânica

Quântica. Newton, não definiu um sistema de coordenadas em suas leis, ou seja, suas leis são aplicáveis a qualquer sistema de referência inercial. Este princípio é conhecido como Princípio da Relatividade Newtoniana. Uma vez realizado o estudo do movimento de um ponto material em relação a um sistema fixo de referência, esse estudo valerá para qualquer outro sistema em repouso ou que se movimenta com velocidade constante em relação ao sistema de referência fixo definido. Para definir a posição de uma partícula, podemos utilizar coordenadas retangulares, que representem a posição em dado instante e sua variação no tempo em uma, duas ou três dimensões. Neste caso, a posição é dada por:

$$x(t); y(t) \text{ e } z(t).$$

A descrição do movimento da partícula fornecerá a variação de suas coordenadas (x, y e z) no tempo e podemos determinar sua velocidade por sua derivação no tempo, de modo que:

$$v_x = \dot{x} = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \dot{y} = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \dot{z} = \frac{dz}{dt}. \quad \text{eq. 3.2 - 3}$$

O vetor velocidade pode ser escrito como:

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}.$$

Já a aceleração é definida como a derivada da velocidade em relação ao tempo ou a derivada segunda da posição em relação ao tempo, de modo que:

$$a_x = \dot{v}_x = \frac{dv_x}{dt} \text{ ou } \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}, \quad \text{eq. 3.2 - 4}$$

$$a_y = \dot{v}_y = \frac{dv_y}{dt} \text{ ou } \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}, \quad \text{eq. 3.2 - 5}$$

$$a_z = \dot{v}_z = \frac{dv_z}{dt} \text{ ou } \ddot{z} = \frac{d^2z}{dt^2}. \quad \text{eq. 3.2 - 6}$$

O vetor aceleração pode ser escrito como:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}.$$

A segunda lei de Newton, indica que qualquer interação no corpo provocará a variação de sua velocidade, ou seja, estará associada a uma aceleração. Ao se estudar tais interações, considera-se um sistema fechado, ou seja, considera-se que os corpos estão isolados em relação a quaisquer outras interações. Embora não se consiga uma isolação ideal, as experiências realizadas, com a minimização das interferências, confirmam as formulações teóricas, descritas matematicamente. Essa lei declara que quando dois corpos interagem entre si, as suas acelerações são sempre com sentidos opostos e a razão entre elas é constante e inversamente proporcional a seus respectivos pesos. Isso significa que, o corpo mais pesado tem menor aceleração. Pode-se, a partir dessa conclusão, definir a massa de um corpo em relação a sua

interação com um corpo de massa padrão. Considerando o movimento em apenas uma dimensão e que a aceleração desse corpo de massa padrão vale \ddot{x}_i , a massa de um corpo que interage com o corpo de massa padrão, é dada por:

$$m_i = -\frac{\ddot{x}_1}{\ddot{x}_i}. \quad \text{eq. 3.2 - 7}$$

O sinal negativo da expressão indica apenas que as acelerações possuem sentidos opostos. O conceito de massa, de acordo com a Física Clássica, possui alto grau de precisão, referindo-se à soma das massas individuais das partes que compõem o corpo, caso seja um corpo extenso, ou à quantidade de matéria, no caso de uma partícula⁶. Experimentalmente comprovou-se que a razão de duas massas será a mesma, não importando a unidade de massa escolhida, de modo que para dois corpos que interagem, temos que:

$$m_2 \ddot{x}_2 = -m_1 \ddot{x}_1 \quad \text{eq. 3.2 - 8}$$

Que corresponde à terceira Lei de Newton.

4.2.2 Dedução das Equações da Cinemática, a partir das Leis de Newton

Da segunda Lei de Newton, eq. 3.2 - 1 e massa constante, obtém-se que:

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad e \quad d\vec{v} = \frac{\vec{F}}{m} dt. \quad \text{eq. 3.2 - 9}$$

Para facilitar a apresentação das equações, vamos considerar o movimento em apenas uma dimensão, no caso, na direção do eixo x , mas o mesmo procedimento pode ser expandido para duas ou três dimensões. Considerando que a força aplicada é constante e, portanto, a aceleração também é constante e pode ser escrita como:

$$a = \frac{F}{m},$$

$$dv = a \cdot dt.$$

Integrando-se essa expressão, considerando a velocidade inicial, no instante $t = 0$ como v_0 e no instante t , a velocidade é v

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

⁶ O conceito de massa foi se refinando ao longo do tempo e, atualmente utiliza-se outras definições mais precisas, que não serão abordadas aqui, uma vez que as velocidades envolvidas nos estudos são baixas, quando comparadas com as da luz, situações nas quais o conceito de massa constante pode ser aplicado.

$$v - v_0 = at,$$

$$v = v_0 + at$$

eq.3.2 – 10

Essa é a equação da velocidade, em uma dimensão, para o movimento uniformemente variado, ou seja, quando a aceleração é constante ao longo do tempo. Para encontrarmos a posição da partícula, consideramos sua variação infinitesimal e depois integramos, com a posição inicial da partícula em $t = 0$ como sendo x_0 e em t a posição é x . Assim, da eq. 3.2 – 3:

$$v = \frac{dx}{dt},$$

$$dx = vdt,$$

$$\int_{x_0}^x dx = \int_0^t (v_0 + at)dt,$$

$$x - x_0 = v_0t + \frac{at^2}{2}.$$

eq.3.2. –11

4.3 O ESTUDO DAS ONDAS

A definição mais simples e usual para ondas é que são “perturbações (ou excitações) que se propagam através do espaço ou de algum meio no transcorrer do tempo”⁷. Um exemplo comum são as ondas do mar ou em um lago quando se joga uma pedra na água. Podemos utilizar também o abrir e fechar de uma porta em uma sala com cortinas. Esses movimentos fazem as cortinas oscilarem em sincronia. Nesse momento, ao trazer esses exemplos, observamos que as ondas transportam energia, mas não matéria. Isso é bem ilustrado no caso do lago. Se a superfície da água estiver calma, sem vento, um objeto flutuando estará em repouso em relação à essa superfície. Ao atirmos uma pedra, causamos uma sequência de ondas circulares, que fará com que o objeto oscile para cima e para baixo, mas ele não se move significativamente junto com as cristas de ondas que se afastam para as margens do lago. Observe a Figura 11,

⁷ A menos que indicado, os conceitos apresentados nesta seção sobre ondas, tiveram como base (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2013)

onde se mostra um exemplo de um objeto na superfície das águas de um lago no qual ondas foram geradas. A folha oscila, mas, praticamente, não se desloca junto com as frentes de onda. No caso do abrir e fechar de uma porta, esse movimento causa compressão das moléculas de ar que estão junto à porta e essa região de compressão vai se propagando até atingir a cortina, empurrando-a. Ao fecharmos a porta, causamos uma descompressão nas moléculas junto à ela, que criam espaço para que as moléculas, antes comprimidas, retornem. As moléculas próximas à cortina ao se afastarem fazem a cortina acompanhar esse movimento. Não houve transporte de moléculas da porta até a cortina e sim transporte de energia, causado pela oscilação das moléculas na compressão e descompressão do ar junto à porta. As ondas desse tipo são chamadas **mecânicas** e são mais facilmente percebidas pelos nossos sentidos, pois necessitam de um meio material para se propagarem. Existem, entretanto, outros tipos de perturbações que também são ondas que podem transportar grande quantidade de energia, sem necessidade de um meio material. Essas ondas são chamadas **eletromagnéticas** e estão muito presentes no nosso cotidiano nas transmissões de TV, rádio, algumas formas de calor e a própria luz são exemplos de oscilações desse tipo, que atravessam o espaço sem um meio material de suporte. Há, ainda, as ondas **gravitacionais**, detectadas mais recentemente e que também se transportam no vácuo. Nosso objetivo nesta seção é descrever as propriedades das ondas mecânicas e, em particular, as sonoras. Não trataremos das ondas eletromagnéticas e nem das gravitacionais em suas especificidades, embora os conceitos básicos de ondas também se apliquem a tais.

Figura 11: Ondas na superfície da água.

Vemos aqui a produção de ondas nas águas calmas de um lago. A folha executa um movimento oscilatório de subir e descer, mas praticamente não translada junto com as cristas de onda.



Fonte: <http://valentiinaypaola.blogspot.com/p/movimientos-de-una-onda.html>

4.3.1 Características das ondas

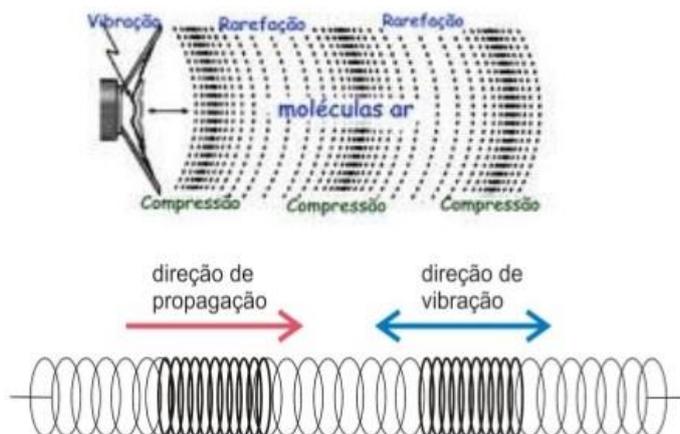
- **Modos de propagação:** as ondas podem ser classificadas de acordo com a maneira com que se propagam em:
 - **Longitudinais:** quando a direção de propagação das perturbações é a mesma na qual se movem os osciladores. Um protótipo para ondas longitudinais são as ondas sonoras. Observe a Figura 12.

Figura 12: Ondas longitudinais

Direção de vibração e propagação:

Ondas Longitudinais: Direção da vibração coincide com a direção da propagação.

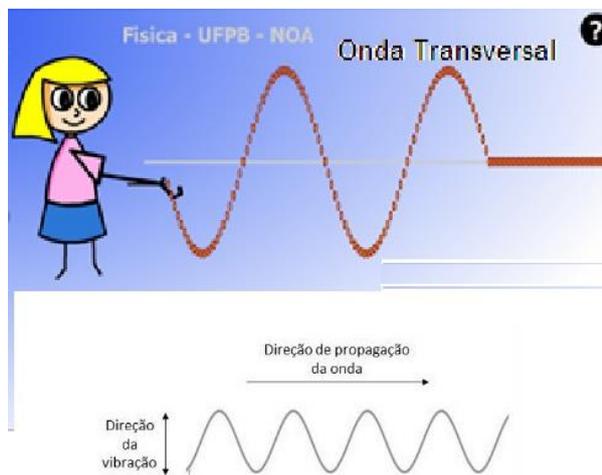
Ex: Som, molas.



Fonte: <https://pt.slideshare.net/paramore146/ondas-aulas-1-2-e-3/6>

- **Transversais:** a direção de propagação é perpendicular à direção na qual os osciladores individuais se movem. Exemplo, a onda em uma corda. Observe a Figura 13. A vibração ocorre verticalmente enquanto a onda se propaga horizontalmente.

Figura 13: Ondas transversais



Fonte: <http://www.lief.if.ufrgs.br/~cloliveira/introducao.html>

- **Mistas:** combinam oscilações tanto na direção de propagação da onda como perpendiculares a essa direção. Um exemplo são as ondas marítimas nas quais as partículas de água oscilam de modo transversal (perpendicular à direção de propagação) por causa do campo gravitacional e de modo longitudinal (na direção de propagação). Isso faz a partícula

executar um movimento elíptico (SILVEIRA e VARRIALE, 2005). A Figura 14 mostra uma foto de uma onda marítima onde se observa o movimento elíptico.

Figura 14: Onda marítima como exemplo de onda mista



Fonte: <http://valentiinaypaola.blogspot.com/p/movimientos-de-una-onda.html>

- **Elementos de uma onda:** vamos descrever, a seguir, a equação da onda para o caso mais simples, unidimensional, ou seja, a onda se propaga em apenas uma dimensão⁸.
- **Pulsos de onda:** Considere o exemplo da Figura 15. Vemos o perfil de uma onda caminhante ou progressiva, para a direita, que é dado por $y(x, t)$.

Na Figura 15 a) observa-se perfil no instante $t = 0$.

Em 15 b) o mesmo perfil no instante t considerando o referencial Oxy . Colocando-se um referencial inercial $O'x'y'$, associado ao perfil e que coincide com Oxy para $t = 0$, movimentando-se com velocidade v em relação ao referencial original, o perfil não se modifica e é apenas função de x' .

$$y'(x', t) = y'(x', 0) = f(x'), \quad \text{eq. 3.3-1}$$

A relação entre esses dois referenciais é dada pela transformação de Galileu e pode ser escrita por:

$$x' = x - vt, \quad \text{eq. 3.3 - 2}$$

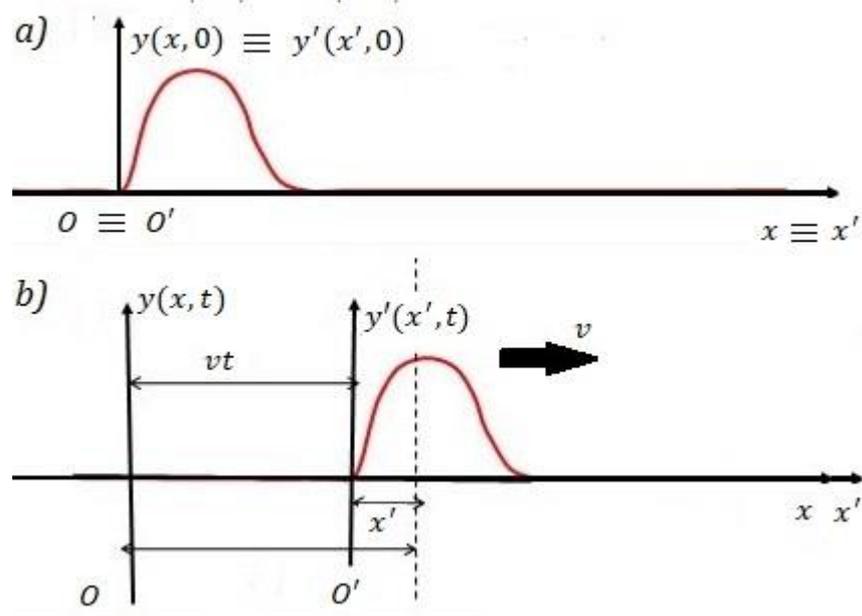
$$y' = y. \quad \text{eq. 3.3 - 3}$$

Assim, no referencial inercial inicial, temos:

$$y(x, t) = f(x - vt). \quad \text{eq. 3.3 - 4}$$

⁸ As descrições deste subtópico até o término da seção 3.3, a menos que haja outra referência, estão baseadas em (NUSSENZVEIG, 2005), capítulos 5 e 6.

Figura 15: Onda progressiva em uma direção



Fonte: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/920910/mod_book/chapter/2658/omec/Books/Book1/img20.jpg

Para descrever o perfil se movendo para a esquerda, ou seja $-v$, usamos:

$$y(x, t) = g(x + vt), \quad \text{eq. 3.3 - 5}$$

Numa corda finita, com a outra extremidade presa, o pulso é refletido. Se existirem vários pulsos, tem-se pulsos em ambos os sentidos, e a equação pode ser escrita como:

$$y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt). \quad \text{eq. 3.3 - 6}$$

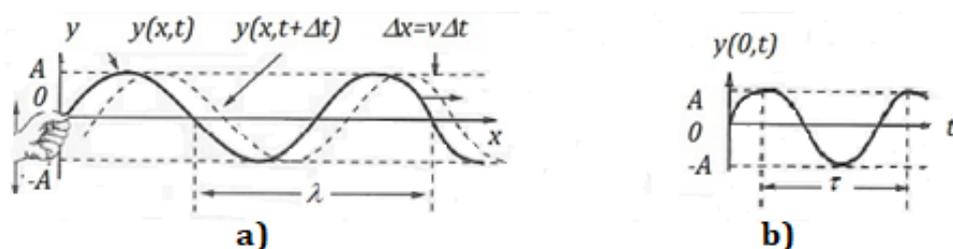
- **Ondas Harmônicas:** como mostra a Figura 16 são ondas que seguem oscilações harmônicas e podem ser descritas por função senoidal, do tipo:

$$y(x, t) = A \cos(kx' + \delta). \quad \text{eq. 3.3 - 7}$$

Se for uma onda progressiva para a direita, temos:

$$y(x, t) = A \cos(k(x - vt) + \delta). \quad \text{eq. 3.3 - 8}$$

Figura 16: Representação de onda harmônica



- a) evolução no espaço b) evolução no tempo

Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005) p. 101

Na Figura 16 a) observamos os ciclos de onda em um Movimento Harmônico Simples (MHS), como quando fazemos uma corda, que está presa em uma das pontas, oscilar para cima e para baixo. Um ciclo é uma oscilação completa. A figura mostra a onda em função do deslocamento. Na Figura 16b) observa-se a mesma onda em relação ao tempo em que realiza uma oscilação completa. Alguns elementos da onda são importantes:

A - Amplitude: máximo afastamento da onda em relação à posição de equilíbrio em torno da qual ela oscila. Os pontos onde a onda atinge esse máximo são chamados picos ou cristas (na figura 16 a), aqueles que tocam em A) e os pontos da onda que atingem o valor mínimo são os vales (na figura 16 a) são os pontos em $-A$).

λ - Comprimento de onda: é o tamanho de um ciclo de onda, que pode ser medido em dois picos ou dois vales consecutivos, ou em quaisquer pontos onde há o início e o término de um ciclo completo. Observe a Figura 16 a) que mostra o comprimento da onda medido no início de seu curso negativo.

τ - Período: é a duração de um ciclo completo. É uma medida de tempo.

f - Frequência: é o número de ciclos completos da onda em um intervalo de tempo. A unidade de frequência muito utilizada na Física é o **Hertz (Hz)**, que indica o número de ciclos por segundo. A frequência é o inverso do período e vice-versa. Então:

$$\tau = \frac{1}{f} \quad \text{eq. 3.3 - 9}$$

$$f = \frac{1}{\tau} \quad \text{eq. 3.3 - 10}$$

ω - Frequência angular: é um número puro em radianos por segundo (caso o período seja dado em segundos) que indica a rapidez das oscilações. Matematicamente, em um dado ponto x ela pode ser expressa por:

$$\omega = kv = 2\pi f = \frac{2\pi}{\tau} \quad \text{eq. 3.3 - 11}$$

Substituindo eq. 3.3 - 11 em eq. 3.3 - 8, a função de uma onda progressiva para a direita pode então ser escrita como:

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \delta), \quad \text{eq. 3.3 - 12}$$

onde δ é a constante de fase e k é o número de onda que se relaciona com o seu comprimento por meio da seguinte expressão:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \text{eq. 3.3 - 13}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}, \quad \text{eq. 3.3 - 14}$$

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi f}{k}. \quad \text{eq. 3.3 - 15}$$

E, portanto, podemos escrever que:

$$v = \lambda f. \quad \text{eq. 3.3 - 16}$$

O que exprime o fato óbvio de que a onda se desloca um comprimento de onda $\Delta x = \lambda$ a cada intervalo de tempo $\Delta t = \tau$.

Podemos chegar a essa mesma conclusão, a partir do argumento do cosseno, que foi dado como:

$$\varphi(x, t) = kx - \omega t + \delta, \quad \text{eq. 3.3 - 17}$$

$\varphi(x, t)$ chama-se fase da onda e δ é a constante de fase, que está relacionada com as condições iniciais tomadas no instante $t = 0$ e $x = 0$. Se acompanharmos no tempo, um ponto onde a fase é constante (por exemplo, uma crista da onda) que se desloca, temos que $\varphi(x, t) = \text{constante}$ e sua derivada em relação ao tempo é nula. Então,

$$\frac{d\varphi}{dt} = k \frac{dx}{dt} - \omega = 0, \quad \text{eq. 3.3 - 18}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v = \lambda f,$$

v é chamada de velocidade de fase.

➤ Equação unidimensional da onda

As equações 3.3 - 1 e 3.3 - 2 mostram as funções de deslocamento espacial de uma onda progressiva, para a direita. Para descrevermos as equações do movimento dessa onda é necessário obtermos a aceleração em um ponto. Isso pode ser obtido, fixando x e derivando a função em relação ao tempo, o que corresponde a derivadas parciais, de modo que:

$$\begin{aligned} \text{velocidade} &= \frac{\partial}{\partial t} y(x, t), \\ \text{aceleração} &= \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t). \end{aligned}$$

A relação entre y e t , é dada pela expressão $x' = x - vt$. Usando a regra da cadeia:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'}$$

$$\frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}(x - vt) = -v$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{df}{dx'} \right) = -v \frac{d}{dx'} \left(\frac{df}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} \quad \text{eq. 3.3 - 20}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{d^2 f}{dx'^2} \quad \text{eq. 3.3 - 21}$$

Tomando as derivadas parciais de $y(x, t)$ em relação a x , lembrando que:

$$\frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(x - vt) = 1$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial x'^2} \quad \text{eq. 3.3 - 22}$$

Comparando eq. 3.3 - 22 com eq. 3.3 - 21, obtemos a equação fundamental das ondas unidimensionais:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad \text{eq. 3.3 - 23}$$

No caso de ondas tridimensionais, seja $\varphi(x, y, z, t)$ uma função qualquer de onda. A equação fundamental considera suas derivadas parciais em relação às variáveis em cada direção. Por analogia, temos:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad \text{eq. 3.3 - 24}$$

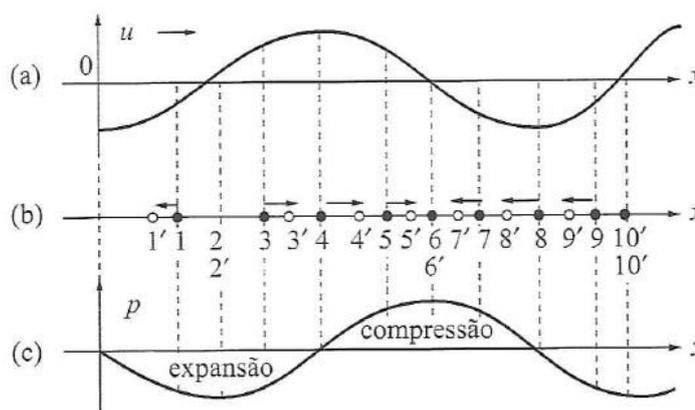
➤ Ondas sonoras

São ondas mecânicas, longitudinais, que se deslocam comprimindo e descomprimindo as moléculas de qualquer meio material. Estamos especialmente interessados na propagação dessas ondas no ar, pois são sentidas pelos nossos ouvidos quando oscilam com frequência entre 20Hz a 20KHz, havendo poucas variações de pessoa para pessoa. A Figura 17 ilustra uma onda de deslocamento e pressão. Na Figura 17 a) observamos a oscilação que perturbou as moléculas, em função de seu deslocamento. Em b) ilustra-se o sentido de algumas moléculas em pontos especiais indicados por números. A molécula no ponto 1 sofre um desvio para a esquerda, indicada por uma seta para a posição 1'. Na posição 2, a

molécula não oscila pois está no ponto de máxima descompressão. Nos pontos 3, 4 e 5 a descompressão diminui e a compressão aumenta. As moléculas sofrem então desvios para a direita, ocupando as posições 3', 4' e 5', respectivamente. Na posição 6, atinge-se a máxima compressão e a molécula nesse ponto está em equilíbrio. A compressão começa a diminuir, pontos 7, 8 e 9, repetindo-se tudo novamente. Em c) observamos as ondas de pressão se deslocando e variando a densidade do meio. Essas ondas acompanham a oscilação principal, em quadratura, ou seja, defasadas de 90° .

Figura 17: Ondas de deslocamento e de pressão

(a) mostra o deslocamento das moléculas de ar em função da posição em dado instante. (b) mostra o movimento de algumas moléculas. As setas indicam o sentido para onde oscilam. (c) gráfico da variação de pressão, que é proporcional à variação da densidade. Ela acompanha a oscilação com ângulo de defasagem de $\frac{\pi}{2} \text{rad}$.



Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005), p. 130

- **Intensidade e nível de intensidade**

A equação 3.3 – 12 é uma solução para a equação 3.3 – 23. O comprimento de onda é:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

v é a velocidade do som, que no ar é de aproximadamente 340m/s e, na faixa audível, os comprimentos de onda f são compatíveis com as dimensões observáveis, pois situam-se entre 1,7 cm a 17 m. Isso explica a capacidade das ondas sonoras em se propagar realizando facilmente a difração (para não nos estendermos muito nesta abordagem, não vamos explicar todos os fenômenos associados às ondas. Essas informações são facilmente encontradas nos livros didáticos e técnicos sobre o assunto). Para a nossa aplicação, basta os alunos entenderem que a difração é a capacidade das ondas contornarem objetos ou

atravessarem frestas e fendas durante a propagação. Tais objetos precisam ter dimensões compatíveis com os comprimentos da onda.

A Figura 17 ilustra a propagação de uma onda sonora em uma direção. A onda de pressão correspondente à onda de deslocamento dada pela eq. 3.3 – 12 é:

$$p(x, t) = -\rho_0 v^2 \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) = v^2 \delta(x, t) \quad \text{eq. 3.3 – 25}$$

$\delta(x, t)$ representa a onda de variação da densidade.

Podemos escrever, então, a equação dessa onda na forma:

$$p(x, t) = \wp \text{sen}(kx - \omega t + \delta) \quad \text{eq. 3.3 – 26}$$

$$\wp = \rho_0 v^2 k U \quad \text{eq. 3.3 – 27}$$

\wp é a amplitude de pressão associada à amplitude máxima de deslocamento.

A intensidade de uma onda é a energia transmitida em uma seção por unidade de tempo e área. A força exercida em uma porção do meio devida à passagem da onda pode ser escrita como:

$$F = p(x, t).A = \wp A \text{sen}(kx - \omega t + \delta) \quad \text{eq. 3.3 – 28}$$

A , nesta equação, representa a área.

Seja uma função deslocamento da onda na direção horizontal em função de x , com amplitude máxima U dada por:

$$u(x, t) = U \text{sen}(kx - \omega t + \delta)$$

A potência instantânea é:

$$F \frac{\partial u}{\partial t} = \omega A \wp U \text{sen}^2(kx - \omega t + \delta) \quad \text{eq. 3.3 – 29}$$

Calculando a potência média e dividindo pela área, obtemos a intensidade I

$$I = \frac{1}{A} \overline{F \frac{\partial u}{\partial t}} = \frac{1}{2} \omega \wp U$$

se exprimirmos \wp em função de U (eq. 3.3 – 27) e $\omega = vk$ (eq. 3.3 – 15):

$$I = \frac{1}{2} \rho_0 v \omega^2 U^2 \quad \text{eq. 3.3 – 30}$$

O que nos mostra que a intensidade da onda é produto dos quadrados da frequência pela amplitude de deslocamento. Se utilizarmos a onda de variação da potência, a intensidade ainda é dada pelo quadrado da amplitude da potência, não dependendo da frequência, a partir de 3.3 – 27 e 3.3 – 15, temos:

$$I = \frac{1 \wp^2}{2 \rho_0 v} \quad \text{eq. 3.3 – 31}$$

O limiar de audibilidade do ouvido humano para a frequência de 1000Hz é $I_0 = 10^{-12} W/m^2$. Neste caso, a amplitude de deslocamento U_0 é menor que o diâmetro médio de um átomo, o que indica a grande sensibilidade dos nossos ouvidos.

Em relação ao limiar máximo de intensidade sonora, sem causar dor é de aproximadamente $I_m = 1 W/m^2$.

Em função da grande variação das intensidades audíveis, passando por várias ordens de grandezas e, devido à percepção empírica de um conceito psicológico de “sensação auditiva”, cujo valor parece variar com o logaritmo da excitação, definiu-se o nível de intensidade sonora (β) que utiliza uma escala logarítmica, chamada de bel ou um submúltiplo que é o decibel (db), onde $1db = 0,1bel$. Assim:

$$\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} db \quad eq. 3.3 - 32$$

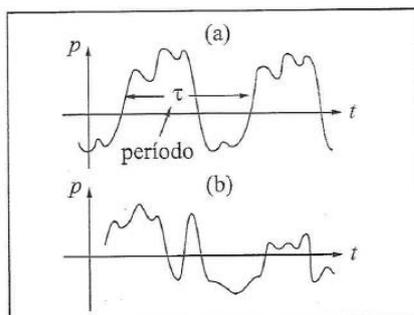
Com isso, a faixa audível sem dor situa-se entre 0db e 120db.

- **Sons musicais**

A diferença básica entre um som musical e um ruído é a periodicidade. A Figura 18 ilustra isso. Um som harmonioso aos nossos ouvidos não precisa necessariamente ter um padrão senoidal, mas basta que seja periódico, como é o caso de a). O ouvir é uma experiência bastante subjetiva. O que é música para alguns pode ser ruído para outros. Mas, desde que o som tenha periodicidade, pode ser considerado música. Em b) vemos representado um ruído, que não apresenta repetição periódica.

Figura 18: Representação de som musical e ruído.

Em a) a excitação repete-se periodicamente. Em b) a excitação é aperiódica



Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005)

- **Altura do som**

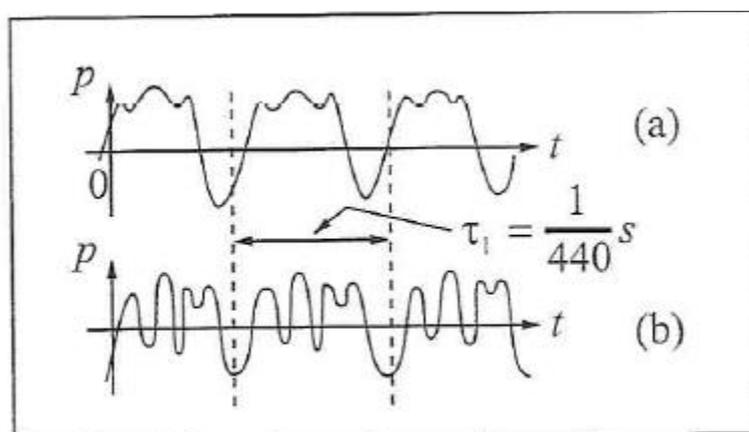
As pessoas, em geral, referem-se a um som intenso com o adjetivo “alto”. Entretanto, a altura do som está relacionada à frequência. Cantores costumam fazer associação correta dessa característica, classificando suas capacidades vocais de acordo com os tons

alcançados por suas vozes. Os sons de frequências mais altas são mais agudos e os de frequências mais baixas são os graves.

- **Timbre**

O som produzido por diferentes instrumentos musicais, mesmo que toque a mesma música não é o mesmo. Nossos ouvidos conseguem perceber a nota dó tocada, por exemplo, no piano ou numa flauta ou em um violão. Do mesmo modo, os sons produzidos pelas vozes humanas e até mesmo os latidos e miados de nossos animaizinhos podem ser distinguidos uns dos outros. É como se os sons tivessem uma “coloração” ou “impressão digital” associada à fonte que o produz. Essa característica é chamada de timbre. Não vamos demonstrar aqui, mas como as ondas sonoras são harmônicas, elas podem ser representadas por uma série de Fourier, que além do tom fundamental de frequência f_1 , chamado de primeiro harmônico, terá componentes em outros harmônicos $f_n = nf_1$ (onde $n = 2,3,4 \dots$). O timbre é definido pelas diferentes proporções em que entram os harmônicos. Na Figura 19 observa-se dois sons (a) e (b) com a mesma frequência fundamental correspondente à nota lá (440Hz). O som representado em (b) possui mais harmônicos que o (a) e, por isso, será percebido de modo diferente pelo ouvinte.

Figura 19: Sons diferentes produzidos com a nota lá.



Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005)

- **Fontes Sonoras**

Não vamos detalhar aqui o comportamento de cada fonte, entretanto vamos abordar brevemente as características principais de duas delas: sons produzidos em cordas e sons em colunas de ar em tubos.

- **Cordas vibrantes** presas em ambas as extremidades (como acontece no violão). Pode-se estudar o comportamento desse sistema com base em ondas estacionárias, que são ondas que não se propagam livremente no espaço, formando um padrão de oscilação que é resultado da superposição de duas ondas idênticas que se propagam em direções opostas. Os pontos onde as amplitudes se anulam são chamados de nós e os pontos onde a amplitude é diferente de zero são chamados ventres ou antinodos. Nessa análise considera-se a corda de comprimento l como o limite de um conjunto de N osciladores acoplados ($N \rightarrow \infty$), igualmente espaçados e com massa $\mu l/N$. Como ambas as extremidades da corda são fixas $y(0, t) = y(l, t) = 0$. Podemos escrever a função dessa onda em relação à frequência ω e a fase δ , que são as mesmas para todos os osciladores acoplados, ou seja possuem a mesma base temporal e, assim a onda estacionária pode ser escrita como função da multiplicação de $A(x)$ e $\cos(\omega t + \delta)$. Observe a Figura 20. Podemos escrever a função:

$$y(x, t) = A(x) \cos(\omega t + \delta) \quad \text{eq 3.3.33}$$

Aplicando a equação geral da onda 3.3 – 23, temos:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{\omega^2}{v^2} A(x) \cos(\omega t + \delta) \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{d^2 A}{dx^2} \cos(\omega t + \delta)$$

Ou seja:

$$\frac{d^2 A}{dx^2} + k^2 A = 0 \quad ; k = \frac{\omega}{v} \quad \text{eq 3.3.34}$$

A função $A(x) = a \cos(kx) + b \sin(kx)$. Usando as condições de contorno, obtemos os modos normais de vibração ilustrados na Figura 20.

$$A(0) = A(l) = 0, A(0) = a = 0 \text{ e } A(l) \text{ será } 0 \text{ quando } b \sin(kl) = 0$$

Como $b \neq 0$, k terá valores discretos expressos por:

$$k_n = \frac{n\pi}{l} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

Os comprimentos de onda são dados por:

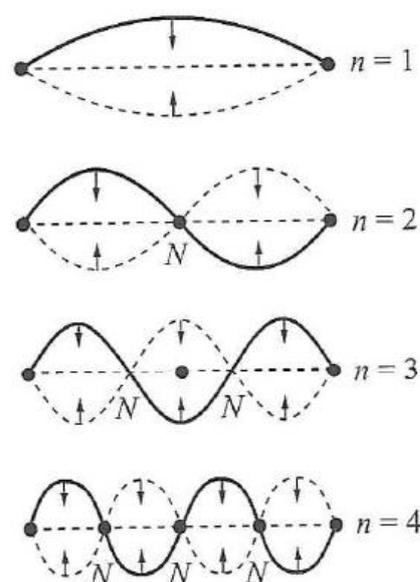
$$\lambda_n = \frac{2\pi}{k_n} = \frac{2l}{n} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2l}$$

$$\text{na corda } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

T corresponde à força de tração na corda e μ é a densidade linear da corda e n é o n -ésimo harmônico da frequência f .

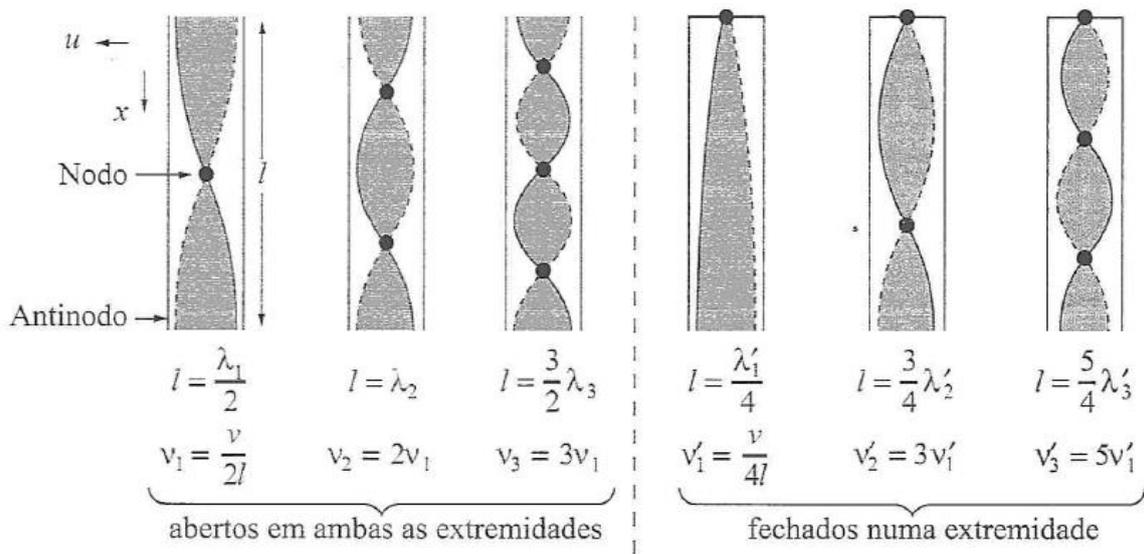
Figura 20: modos normais de vibração de uma corda



Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005)

- **Colunas de ar:** semelhante ao que ocorre nas cordas vibrantes o ar dentro de instrumentos que operam com tubos que vibram o ar em seu interior, como órgãos, flautas etc., facilitam a operação de ondas estacionárias de deslocamento e de pressão. Temos, portanto, nodos e antinodos correspondentes aos pontos onde os deslocamentos e as ondas de pressão se anulam ou se intensificam. Um tubo aberto nas duas extremidades, terá nestas a máxima vibração, pois a pressão nesses pontos tende a igualar-se à pressão atmosférica, anulando-se e, em virtude da defasagem em relação à onda de deslocamento, terá um antinodo nesses pontos. No caso de uma extremidade do tubo fechada, o deslocamento se anula, enquanto a pressão é máxima. A Figura 21 apresenta uma ilustração das vibrações em tubos, na qual estão presentes os harmônicos iniciais. O comportamento das ondas é muito semelhante ao das cordas vibrantes, sendo que no tubo aberto em ambas as extremidades, todos os harmônicos estão presentes e nos tubos fechados em uma das extremidades, temos apenas os harmônicos ímpares.

Figura 21: Modos de vibração em tubos de ar



Fonte: (NUSSENZVEIG, 2005)

4.4 AS IDEIAS DE VIGOTSKI E SUAS RELAÇÕES COM O TRABALHO

4.4.1 Descrição geral da Teoria de Vigotski

Vigotski nasceu na Bielorrússia no final do século XIX e, posteriormente, viveu em Moscou até sua morte prematura aos 37 anos. Os originais de suas obras estão escritos em russo e, nos valem de traduções e publicações de diversos estudiosos e pesquisadores, para termos acesso a elas. Uma pesquisadora brasileira muito respeitada nesse assunto é Marta Kohl de Oliveira. Ela sintetiza o foco da obra de Vigotski na seguinte frase: “integração do homem numa perspectiva psicológica como membro da espécie humana e participante de um processo histórico, composto de corpo e mente e sendo um ser biológico e social” (OLIVEIRA, 2001).

No fundo esse é o objetivo de um educador, auxiliar seus alunos a se tornarem plenos em suas vidas pessoais e sociais, sentindo-se ativos e participantes da construção da sociedade a que pertencem. Os escritos de Vigotski, segundo Marta Kohl (OLIVEIRA, 2001), destacam três pilares fundamentais:

- O ser humano biológico com funções psicológicas produzidas pela atividade cerebral,
- o ser humano como resultado de um processo histórico com funções psicológicas originadas das relações do indivíduo com o mundo externo,
- as mediações entre o ser humano e o mundo realizadas por sistemas simbólicos.

As funções psicológicas referem-se aos processos mentais superiores existentes nos seres humanos, responsáveis pela capacidade de imaginar, planejar, pensar em algo ou alguém ausente. Vigotski chegou à conclusão de que os humanos processam informações não apenas obtidas a partir de sensações sensoriais. No início da vida, as reações são motivadas principalmente pelos sentidos, por exemplo, se afastar de algo que machuca ou sugar o seio materno para se alimentar, virar a cabeça ao ouvir um som. Com o tempo, os processos cerebrais vão se aprimorando e as reações passam a ser mediadas, como acontece quando nos afastamos de algo antes de sermos machucados por ele ou mesmo ao ouvirmos a exortação de alguém para nos desviarmos de algo que machuque. A mediação passa a realizar um papel muito importante no desenvolvimento dos processos superiores e, basicamente, Vigotski fala de dois tipos de mediação:

- a que se dá pelo uso de instrumentos, objetos externos que permitem facilitar a manipulação de coisas físicas ou a realização de trabalhos motores. Por exemplo,

um mordedor para aliviar as gengivas quando os dentes começam a sair, uma colher para facilitar a ingestão de certos alimentos e assim por diante.

- À medida que se desenvolve a compreensão da linguagem e a fala, a mediação intensifica-se a partir dos signos. Vigotski (2007), define signo como “estímulos artificiais ou autogerados... que vão além das formações biológicas do sistema nervoso humano que atuam no processo de memória”. Os seres humanos são capazes de memorizar e representar informações sobre os objetos e o mundo e recuperá-las sempre que quiserem, mesmo que tais objetos, pessoas ou situações estejam ausentes.

O aprendizado ocorre quando os signos se tornam representações mentais que podem ser acessadas sempre que se necessitar ou quiser. A ampliação dos signos se dá por intermédio das interações com o meio exterior, por exemplo, os pais, irmãos e pessoas próximas nos primeiros meses de vida. Ao longo do desenvolvimento e crescimento, essas interações vão se modificando para incluir os amigos, a escola e as pessoas que interagem com o indivíduo. Um exemplo interessante mencionado é a lembrança da mãe. Podemos nos lembrar da aparência, da voz e talvez até mesmo do cheiro, das expressões, das falas de nossa mãe, mesmo que tenham se passado muitos anos de sua ausência (OLIVEIRA, 2001).

Cabe aqui tornar mais clara a diferença entre signos e símbolos na nossa descrição, uma vez que encontramos ambos os termos na literatura e nem sempre essa diferença está bem explícita. De acordo com o nosso entendimento, o signo é um instrumento psicológico, interno a um indivíduo que lhe transforma ou modifica durante seu próprio processo de desenvolvimento. Os seres humanos podem utilizar a mediação por meio dos signos na construção de seus aprendizados. A fala, as imagens, os brinquedos, a escrita são exemplos de signos que podem fazer a mediação para os processos mentais superiores. Por exemplo, alguém perdido em uma floresta vê fumaça a certa distância. Ele imediatamente remete à ideia de que pode haver alguém ali para ajudá-lo. A fumaça então é um signo que faz a mediação de um processo mental desse indivíduo no qual ele reconhece a possibilidade de achar ajuda. Entretanto, se esse indivíduo pertencer a uma comunidade que utiliza a fumaça para comunicação e, ao ver os sinais, ele identifica imediatamente que alguém está tentando se comunicar com ele, esse sinal de fumaça é um símbolo. O símbolo é, portanto, um protocolo de busca de informações armazenadas na memória individual que pode utilizar vários signos com significados mais amplos, culturais e/ou coletivos. Por exemplo, o cruxifixo é um símbolo do cristianismo. Mas, “ser cristão” é um signo que se apresenta ao indivíduo por meio da fala ou leitura ou brinquedos ou interações sociais relacionados a esse assunto. Nesse processo de

mediação, o indivíduo humano constroi sua própria imagem mental do que significa ser cristão, ainda que nunca tenha visto e nem convivido com o Cristo. Essa imagem pode até estar muito distante do significado original do que é “ser cristão”, mas é o modo como aquele indivíduo internalizou o signo e, construiu sua aprendizagem do assunto. Ele então vai interagir com sua comunidade que pensa de modo semelhante e fará uso de um sistema simbólico onde seus signos se encaixam. Por exemplo, a imagem de uma pomba branca sobre a cabeça de alguém em um livro simboliza a unção com o “Espírito Santo”. Já em outros contextos, a pomba branca simboliza a paz. Poderíamos trazer aqui inúmeros exemplos sobre isso, mas a mensagem marcante do Vigotski que queremos destacar é que o processo de aprendizagem é sempre mediado por instrumentos, externos ao aprendiz, que lhe auxiliam na execução das tarefas e também é mediado por signos, internos ao indivíduo humano, que são instrumentos psicológicos por meio dos quais ele se transforma.

Os signos são reforçados e ampliados pelas interações sociais e culturais do meio em que se vive e cresce. Um exemplo interessante desse aspecto foi uma situação vivida por um israelense que veio a uma empresa brasileira para ministrar um treinamento. O grupo que participava era composto por engenheiros e a empresa também empregava mão de obra de produção, que tinha um horário de almoço uma hora mais cedo. Tocava uma sirene para avisar sobre o horário de saída deles. Quando a sirene tocou, o israelense se apressou em querer ir para um abrigo, temendo que fosse um alarme de ataque terrorista ou algo assim. A sirene era um signo que para os trabalhadores tinha um significado bom, de saída para o almoço, mas, para o israelense, a sirene lhe trazia um processo mental associado ao medo de ataques terroristas e destruição.

Vê-se, portanto, que o desenvolvimento dos processos mentais superiores está intimamente relacionado com o processo de desenvolvimento individual, dentro do seu meio social e cultural. Tudo influencia na criação e internalização dos signos, afetando diretamente a compreensão do mundo em que se vive. As interações interpessoais concretas são extremamente importantes nesse processo, podendo ser consideradas como a matéria prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo, por exemplo, o toque, olho no olho, face a face etc (OLIVEIRA, 2001). A compreensão e entendimento do mundo são processos dinâmicos, constantemente aprimorados e modificados em seus conceitos e significados. Aqui entra o papel da história no desenvolvimento da inteligência humana. Os signos são aprimorados por experiências vividas e aprendidas da cultura e das relações entre os homens ao longo do tempo.

Outro ponto muito importante destacado por Vigotski é o papel da linguagem no desenvolvimento humano. No início a fala é desconectada do pensamento. A criança balbucia algumas palavras sem colocar significado nelas e pode ter pensamentos prévios desconectados da fala. Mas, em determinado momento, ocorre a fusão da fala e do pensamento, de modo a seguirem interdependentes, uma sendo o motor para a outra. O pensamento é expresso pela linguagem e esta se torna um dos elementos essenciais da interação do indivíduo com as pessoas e o meio em que se desenvolve. Marta Kohl diz que nesse momento “o pensamento torna-se verbal e a linguagem racional” (OLIVEIRA, 2001).

Por meio da linguagem associada ao pensamento, os indivíduos vão aprimorando seus sistemas simbólicos e modificando o entendimento de conceitos e suas aplicações em suas vidas pessoais e sociais. Neste ponto, a escola desempenha um papel fundamental. Ela fornece ao indivíduo informações imprescindíveis sobre as diversas áreas de conhecimento para o desenvolvimento pleno das pessoas envolvidas no processo, em especial, os estudantes. É como Oliveira expressa:

Na aprendizagem escolar esses significados ganham contornos peculiares pela intervenção do professor e, assim, essas transformações de significado não são mais fruto de experiências vividas e sim ocorrem a partir de definições, referências e ordenações de diferentes sistemas conceituais, mediados pelo conhecimento já consolidado da cultura (OLIVEIRA, 2001).

Essa citação aplica-se de modo muito especial ao Ensino de Física. Embora seja comum que se busque exemplificar os conceitos por meio de experimentos e exemplos concretos, muitas das coisas a serem ensinadas evocarão signos aprendidos em outras disciplinas que serão ampliados e modificados sem necessariamente terem sido ou virem a ser vivenciados. Diversos aprendizados ocorrem a partir da ordenação de tais conhecimentos ou mesmo das definições fornecidas pelas interações com pares e com o professor. O aprendiz pode não vivenciar um conceito, mas precisa entender seu significado. Este é composto por dois componentes: o sentido e o significado propriamente dito. O significado é geralmente dado pelo grupo social ao qual o indivíduo pertence e, assim é relativamente estável e compartilhado. Já o sentido é dado pelo próprio indivíduo com base em suas experiências e contexto de uso das palavras. Um exemplo é a palavra família. Considerando o significado dado pelo grupo social podemos aludir ao que diz a Constituição Federal de 1988 no Artigo 226 §4: “entende-se, também, como entidade familiar a comunidade formada por qualquer dos pais e seus descendentes.” Portanto, a família no Brasil se refere a uma agregação de pessoas onde haja pelo menos um dos pais e um ou mais filhos. É claro que o conceito de família acaba assumindo um sentido diferente e particular para cada pessoa, em especial no mundo diversificado em que vivemos. Para alguns

família é o pai, a mãe e os irmãos. Para outros, avós ou tios estão incluídos. Outros contam seus animais de estimação em suas famílias. Ainda outros vêm de lares de um só genitor e, ou com duas mães ou dois pais. Enfim, o sentido de um conceito é bastante particular para cada indivíduo. As experiências aprendidas são mais significativas que as generalizações dadas aos signos pelo meio social.

Outro conceito muito importante cunhado por Vigotski é o da Zona de Desenvolvimento Proximal ou ZDP. Esse conceito associa-se à distância entre os níveis do que realmente já foi aprendido ou internalizado e o que está potencialmente apto para ser aprendido, mas que ainda demanda a ajuda de pares ou do professor para o amadurecimento e desenvolvimento pleno. Os trabalhos em pares ou grupos auxiliam consideravelmente na ampliação das ZDPs, em especial em ambientes diversificados, como os que se encontram, usualmente, nas escolas atuais. A intervenção pedagógica é imprescindível neste estágio do desenvolvimento. O estudante está no limiar da aprendizagem e, com a ajuda do professor ou dos colegas pode integralizar o processo, ultrapassando a ZDP, por internalizar o que se espera que aprenda.

É importante ressaltar que não se está aqui valorizando a educação bancária, na qual o professor usa de sua autoridade para “despejar” seus conhecimentos no aluno (FREIRE, 1994). Entretanto, não se pode banalizar a educação, acreditando que o aprendizado é construído sozinho pelos estudantes, a partir da experimentação, sem assistência ou orientações. As escolas atuais utilizam diversas práticas construtivistas, nas quais os estudantes podem ampliar seus conhecimentos pela experiência e atividades lúdicas, mas estão constantemente reconstruindo e reelaborando seus significados a partir das interações com o grupo.

Muito do aprendizado ocorre pela reprodução de um modelo criado por outrem, que não é simplesmente copiar e sim recriar esse modelo a partir da observação de outros. Neste aspecto os grupos heterogêneos permitem que alunos que já se desenvolveram plenamente no assunto atuem como mentores dos que ainda estão no limiar da aprendizagem. É uma experiência muito proveitosa a troca de informações entre alunos para realizar uma tarefa individual ou mesmo permitir que o aluno recorra a fontes de pesquisa que o ajudem a solucionar um problema e, desse modo, promover o seu desenvolvimento.

Vigotski também menciona o papel do brinquedo no desenvolvimento. O jogo de faz de conta auxilia a dar significado a conceitos que não podem ser aprendidos por experiências concretas. É comum crianças pequenas brincarem de faz de conta e, com isso, vão atribuindo significados às palavras e conceitos. Por exemplo, ao utilizar uma caixa de papelão como um carro ou um cabo de vassoura como um cavalo, ela está trabalhando esses conceitos de modo abstrato, atribuindo um significado diferente ao objeto concreto que manipula. Outro papel

importante dos brinquedos no desenvolvimento das funções psicológicas superiores é auxiliar na socialização, por introduzir regras que devem depois ser levadas para o convívio no mundo real. O brinquedo tem uma atuação importante na criação da ZDP e é imprescindível na pré-escola. Mesmo os adolescentes e, até mesmo os adultos, sentem-se atraídos aos brinquedos. Caso contrário, os jogos e games não fariam tanto sucesso.

Oliveira (2001) nos ajuda a entender que as teorias de Vigotski mostram que a evolução psicológica envolve três áreas biológicas dos seres humanos, a saber, a percepção, a atenção e a memória. O sábio é o que consegue utilizar essas três áreas em relação a um determinado assunto. A percepção é ligada aos sentidos físicos, mas depois é ampliada pelos signos, possibilitando que se possa diferenciar um mesmo estímulo, dando-lhe diferentes significados. Um ponto brilhante imprime um padrão na retina do olho, mas pode ser interpretado como uma estrela, uma lâmpada ou um farol de carro. A atenção também é um mecanismo neurológico inato, mas que passa a ser controlado à medida que se desenvolve e, desse modo, se define o que merecerá a atenção e o que não a merece. Já a memória também é natural, mas vai-se ampliando à medida que se desenvolve, podendo-se utilizar artifícios externos como agendas, calendários e computadores para acessá-la.

4.4.2 Relação entre Vigotski e HQ

HQ possuem extensa relação com as teorias de ensino e aprendizagem que norteiam o produto desenvolvido. Em diversos aspectos pode-se estabelecer uma correlação muito apropriada entre o ensino usando quadrinhos e as teorias de Vigotski. Iniciamos esta discussão enfatizando pelo menos quatro processos de desenvolvimento psicológico superior do cérebro, presentes em sua obra que são diretamente associados à aprendizagem:

- Linguagem e pensamento: Vigotski descreve esses dois processos como inicialmente independentes no desenvolvimento humano. A criança pode falar sem pensar e pensar sem falar. Mas, em seguida, a fala e o pensamento se fundem e se tornam conectados, não se podendo mais separá-los. Surge, então, um ser que é capaz de imaginar, criar, sintetizar, deduzir, modificar a natureza, enfim, aprender e reinventar o aprendido. O pensamento se torna falado e a fala se torna pensada. Essa se torna a principal maneira com que o indivíduo interage com o meio externo e processa as informações. Vigotski enfatiza a importância da fala desde o momento que ela surge no processo humano de desenvolvimento. Embora isso não tenha sido foco dos estudos de Vigotski, ou

pelo menos, ele não escreveu sobre isso, sabemos que a expressão da linguagem nem sempre se dá apenas pela fala. Usamos diversas formas de expressão, seja escrita, seja corporal, sejam sinais, seja alguma forma de arte ou desenhos, usados para expressão e interação com o meio exterior. Essas linguagens realizam uma função semelhante à da fala. Elas também podem disparar processos superiores de pensamento, importantes para a internalização dos signos. Os quadrinhos constituem uma forma muito particular de expressão e comunicação, com características próprias e, assim, facilitam aos estudantes expressarem suas ideias em diversos formatos, de modo objetivo e usando a criatividade. A fala de um personagem escrita em um balão de um quadrinho, é mais do que uma simples frase. Ela agrega em si a oralidade que se quer expressar (RAMOS, 2010).

- **Mediação:** conforme descrevemos anteriormente, a mediação é um processo importante da aprendizagem. Essa mediação se dá por meio de instrumentos e signos. Os instrumentos são ferramentas usadas nos processos, geralmente externas ao indivíduo, cujo uso e complexidade vão se intensificando, à medida que o desenvolvimento vai acontecendo. Neste aspecto, o papel, o lápis, até os meios modernos como computadores, tablets e aplicativos que forem utilizados na elaboração dos quadrinhos, podem ser considerados meios de mediação da aprendizagem, no que se refere a instrumentos. Já os signos, segundo Vigotski, abrangem os simbolismos internalizados que permitem acessar a memória e ampliá-la a fim de melhor entender o mundo, a sociedade, a cultura em que se vive e deles participar plenamente. Os signos são iniciados pela fala ou por uma imagem ou por uma experiência ou por uma brincadeira ou por uma interação e vão sendo impressos na memória do indivíduo como uma marca ou um sinal, que será recuperado pelo simples pensar ou pela vontade do indivíduo em trazê-lo em determinado momento. Os conceitos aprendidos são internalizados e ficam armazenados como signos que permitem ao indivíduo usá-los para se comunicar ou interferir na sociedade de diversas maneiras: socialmente, profissionalmente etc. Os quadrinhos são muito interessantes para auxiliar na construção desses mediadores. Quando o estudante imagina uma situação para inserir um conceito da Física, por exemplo, como determinar a velocidade de um objeto, implicitamente ele terá que invocar outros signos relacionados à posição, ao deslocamento, à duração, se há ou não variação do movimento.

Enfim, o estudante acaba atribuindo significado ao que está aprendendo. Ao realizar um desenho para contar uma história em quadrinhos, ele está materializando os signos que internalizou e, se o processo foi bem-sucedido, ele aprendeu. Do contrário, o professor poderá verificar os pontos nos quais os signos apresentam alguma deformação, para que trabalhe uma recuperação e ampliação do entendimento.

- Interações: estas se dão com o meio exterior ao indivíduo e aqui entra a família, a escola, o grupo social, o grupo cultural, ou seja, são essas interações que auxiliam a criação dos signos que são comuns a tais grupos, de modo que o indivíduo se desenvolva plenamente e seja reconhecido como tal em cada grupo que participa. Essas interações auxiliam o aprendiz, para que veja significado naquilo que está aprendendo ou mesmo transforme ou amplie o significado de algum signo anteriormente internalizado. Brinquedos de faz de conta são grandes aliados para auxiliar nessa interação, em especial nas fases iniciais de desenvolvimento do indivíduo. A criação das HQ é bastante apropriada para ser feita em grupo e não deixa de ser uma maneira de exercitar a capacidade de imaginar, de fazer de conta, enfim de criar. Conforme salientado por Vigotski, há duas fases de desenvolvimento que são particulares a cada indivíduo. O desenvolvimento real, que é quando ele consegue fazer a atividade sozinho e o potencial, que é quando ele está próximo a realizar e o faz, com a ajuda de outros. A criação de HQ em grupos possibilita que haja a expansão da ZDP para aqueles alunos que ainda não a ultrapassaram e que vão interagir com os que já atingiram o desenvolvimento real.

Vigotski deixou claro em sua obra que a aprendizagem é um processo específico para cada indivíduo e por isso é necessário permitir que cada um curse seu caminho até atingir o desenvolvimento pleno. Neste aspecto, se pedirmos para n estudantes elaborarem HQ individuais, é provável que teremos n HQ diferentes, ainda que o tema seja o mesmo. O trabalho em equipe, é interessante para que se faça convergir o conhecimento do grupo para as abordagens que melhor o representam. Essa oportunidade de compor uma história que retrate o conhecimento do grupo sobre um determinado assunto, permite exercitar as diversas etapas do desenvolvimento, a linguagem falada e escrita, associada aos pensamentos, o uso de instrumentos para a criação de signos e os signos propriamente ditos, que, ao serem compartilhados com o grupo, expandem os limites de aprendizagem que alguns indivíduos ainda conservam mais restritos, em outras palavras, expande suas zonas de desenvolvimentos

proximais. Quanto mais rico e mais completo o processo para o estudante, mais proveitoso será para novos aprendizados. Para criar HQ, eles terão que revisitar os conceitos, analisá-los, ver as correlações entre eles. Conforme o próprio Vigotski explicou:

Nossa abordagem do estudo das funções cognitivas não requer que o experimentador forneça aos sujeitos os meios já prontos, externos ou artificiais, para que eles possam completar com sucesso uma tarefa dada. O experimento é igualmente válido se, ao invés do experimentador fornecer às crianças meios artificiais, esperar até que elas, espontaneamente, apliquem algum método auxiliar ou símbolo novo que elas passam, então, a incorporar em suas operações (VIGOTSKI, 2007).

Vigotski está justificando aqui o seu método de pesquisa, que diferia dos métodos até então utilizados focados basicamente em experimentos de estímulo-resposta, sem se preocupar ou analisar os processos mentais superiores e suas respectivas conexões ou correlações com aquele estímulo e a resposta particular de cada indivíduo. Sua pesquisa focava mais especificamente nesses desenvolvimentos superiores e, por isso, ele valorizava mais o processo de criação e internalização dos signos do que a resposta propriamente dita, que não fornecesse nenhuma evidência de processamento de um estímulo fornecido nesses níveis superiores. Dar a oportunidade dos alunos criarem histórias que abordem conceitos que lhes foram ensinados pode ser uma maneira de ajudá-los a internalizarem tais conceitos, sem se tornar uma tarefa pura e simples de memorização ou como se diz popularmente “decoreba”, sem significado para os alunos, o que lhes dificulta a aprendizagem.

Capítulo 5

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO

O desenvolvimento do produto Física em Quadrinhos com os alunos deu-se em 15 semanas, com duas aulas de 50 minutos em cada uma. Antes de iniciar os trabalhos com os alunos, fizemos uma reunião com os pais para explicar-lhes do que se tratava e obter o consentimento deles e dos alunos para participar do projeto, seguindo as orientações do Comitê de Ética⁹. Os quadrinhos produzidos pelos alunos, nesta etapa, estão apresentados no Apêndice A.

Cabe ressaltar que essa maneira de abordar assuntos de Física baseia-se em artigos e cursos realizados sobre o assunto¹⁰. A ideia básica de desenvolvimento do produto seguiu principalmente os seguintes momentos:

- Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, por meio de um questionário (Anexo 1 do Apêndice A) e por meio da realização de uma atividade lúdica, em equipe, para que elaborassem, com base nesses conhecimentos, as respostas a um questionamento, observando um fenômeno. O questionamento feito foi: “O que é movimento e como podemos descrevê-lo?” Os grupos receberam carrinhos, um de pilha (o qual desenvolvia uma velocidade constante) e outro de impulso, que era impulsionado pela fricção e parava devido o atrito com o chão. Os alunos foram também incentivados a observarem o movimento aparente do Sol e pensar em descrevê-lo. Em todos esses momentos houve a interação entre os componentes dos grupos e a professora.

⁹ CAAE 76498717.1.0000.5504

¹⁰ A menos que haja outra indicação, muitas das ideias sugeridas neste capítulo foram aprendidas das publicações e cursos da Profa. Dra. Ana Maria P de Carvalho e autores adjuntos (CARVALHO, RICARDO, *et al.*, 2011)

- Discussão das ideias levantadas pelos grupos individuais com a classe, com a interação com a professora. Este é um momento muito importante para a expansão das zonas de desenvolvimento proximal e equalização dos conhecimentos prévios, questionamento das ideias de senso comum e que podem se constituir como concepções alternativas, de modo a se preparar o alicerce para os conceitos a serem ensinados.
- Sistematização dos conceitos por meio de aulas expositivas, usando slides e apresentações visuais, exercícios para aplicação dos conceitos, respostas individuais a lista de exercícios, pesquisa individual e, em grupo, com elaboração de cartazes e apresentação à classe, sempre com a interação da professora.

Os alunos foram incentivados a elaborarem primeiro os roteiros de suas histórias, descrevendo os personagens, cenários e enredos, somente para depois partirem para a criação dos desenhos. Entretanto, observou-se que no final desta etapa, alguns roteiros estavam mais completos do que os quadrinhos, de modo que, contrariando o objetivo do que se pretendia de que a HQ fosse autossuficiente para apresentar um conceito, ela só era perfeitamente entendida com a leitura do roteiro. Esse aspecto foi abordado com os alunos e se dedicou, então, mais quatro horas aulas para que modificassem suas HQ, de modo a se adequarem melhor aos roteiros. O formato de histórias em quadrinhos facilitou a inserção de quadros faltantes e a modificação dos quadros que não estavam representando as ideias iniciais que tiveram ao elaborarem seus roteiros. O trabalho resultante está apresentado no Apêndice A que se refere ao produto educacional.

Resolveu-se aplicar o produto, ou seja, trabalhar os conceitos de Física e culminar na elaboração de quadrinhos, em outras séries do Ensino Médio. No segundo ano, foi realizada uma atividade de investigação e levantamento dos conceitos prévios a respeito da propagação do som, atividade realizada em grupo, na qual era produzido um som e os alunos deveriam descrever como o som chegava até eles e era ouvido.

Um terceiro momento de aplicação do produto, deu-se no início de 2019, com o assunto cinemática e uma classe de primeiro ano. Do mesmo modo, o assunto foi abordado a partir de um questionamento do que era movimento e como poderíamos descrevê-lo. Houve a interação da professora com o grupo, que livremente expressou seus conceitos. Em seguida, foi feita uma demonstração de movimento, com a ideia de sua relatividade em relação ao referencial escolhido. Foi realizada a apresentação dos conceitos, interagindo com os alunos, na resolução da lista de exercícios, correção da lista na sala de aula e, elaboração das HQ pelos grupos.

Em todos os momentos, após a socialização das ideias e sistematização pela professora, os alunos elaboraram quadrinhos, que estão apresentados no Apêndice A. Todas as séries elaboraram HQ sobre as abordagens, algumas muito interessantes e criativas, mas, para não perdermos o foco do que está sendo tratado nesta dissertação, vamos nos ater às relativas à cinemática e às ondas.

5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Pode-se dizer que desenvolver um produto como esse, que trata de um processo de ensino, elaborado com alunos é muito interessante pelas interações entre os pares e entre os educadores e alunos, pedagogicamente falando. Sabe-se que um problema difícil de se lidar nas escolas é a falta de interesse na aprendizagem, o que leva à indisciplina. Observou-se que os alunos tinham maior interesse em participar das aulas e das atividades, o que reduziu os problemas de indisciplina com a sala. Houve um envolvimento de maior número de alunos nas atividades, o que também é muito positivo para o desenvolvimento do grupo. Em termos qualitativos, a aplicação do produto foi bem proveitosa. Tanto a qualidade das aulas, como a qualidade do envolvimento e participação dos alunos foram melhoradas. O fato de os alunos sintetizarem seus conhecimentos por meio das HQ, facilitou a avaliação de erros de concepção, com possibilidade de se corrigir os enganos. Por exemplo, o quadrinho da Figura 22 foi elaborado por um dos grupos de alunos. No roteiro eles falam em “movimento uniforme, que não acelera, mas tem forma contínua”. Nesse momento, interagi com o grupo sobre movimento uniforme e acelerado. O conceito de contínuo não havia sido abordado, mas era algo inserido na interpretação deles, conforme mostram os quadrinhos. A história é sobre um roubo na qual a vítima vai até a delegacia registrar a ocorrência. Ao chegar à delegacia, ela pega um elevador e durante o trajeto pensa em “movimento acelerado, com velocidade contínua”. Ao interagir com o grupo para entender o termo “contínua”, percebi que estavam confusos e discutimos que o elevador para e se movimenta e, portanto, a velocidade não é contínua. Depois da interação passou a ser “contínua, pois não parei, apenas subi” como mostra a Figura 22 a). A HQ, portanto, evidenciou, para a professora, que o signo criado por esse grupo não retratava corretamente o conhecimento científico do assunto que havia sido abordado e permitiu que fosse retomado rapidamente. Assim foi feito com os diversos grupos. Na aula seguinte, eles deveriam refazer ou corrigir os quadrinhos para melhor expressarem os entendimentos, após as

interações. Esse grupo, como a ideia deles era falar do movimento com velocidade constante, decidiu substituir o elevador por uma escada rolante, como mostra a Figura 22 b).

Figura 22: HQ elaborada por um dos grupos de alunos



a) Os alunos usam um elevador para ilustrar velocidade constante. Após a interação eles alteram para movimento acelerado, com velocidade contínua, porque ele não parou.

b) substituíram o elevador pela escada rolante para melhor representar o movimento uniforme, com velocidade constante.

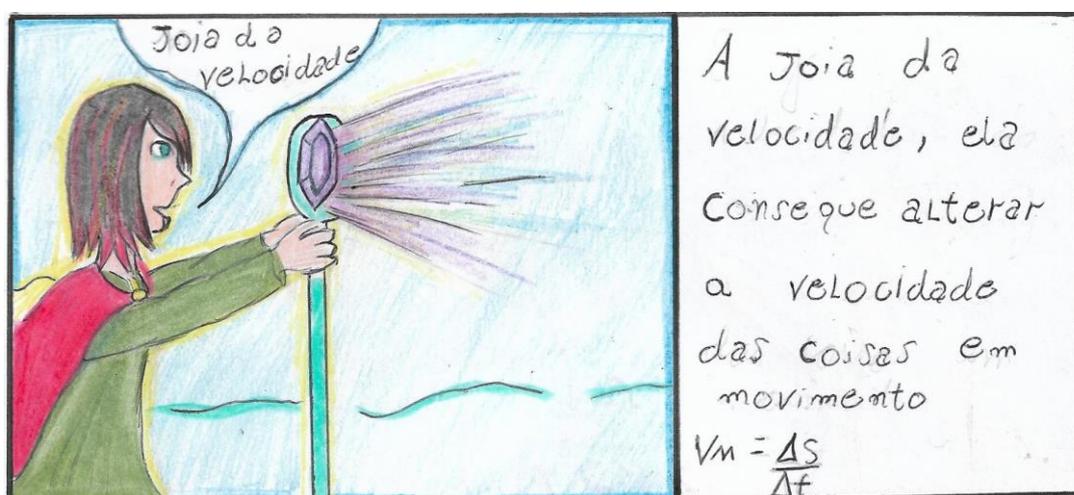


Fonte: elaborada por alunos do projeto

Outro exemplo é o da Figura 23, que foi elaborada pela segunda turma de aplicação do produto, também sobre o assunto Cinemática. Os alunos criaram HQ falando de algumas joias associadas às grandezas do movimento. Ao falarem da joia da velocidade a associam à alteração da velocidade das coisas, mostrando a necessidade de se abordar com mais detalhes a questão da grandeza que altera a velocidade, ou seja, a aceleração. O assunto foi comentado com o grupo, que percebeu o erro e se propôs a corrigi-lo em próxima entrega de quadrinhos, que tem acontecido a cada bimestre como um dos critérios usados para avaliação.

Figura 23: Exemplo de outra HQ elaborada por alunos

Neste exemplo, os alunos associam uma joia, que chamaram “da velocidade” que altera a velocidade das coisas. É evidenciado que é necessário ajustar o conceito de alteração da velocidade para que se inclua a aceleração.



Fonte: elaborada por alunos do projeto

Há ainda o exemplo da turma de segundo ano do Ensino Médio, com a qual se trabalhou o conceito de ondas. Em primeiro momento, seguindo a ideia de se levantar uma questão e se discutir o conhecimento prévio dos alunos, dividimos a sala em grupos e, após a produção de um som, foi pedido que cada grupo elaborasse suas explicações de como acontecia isso. Foi dado um tempo para eles elaborarem suas hipóteses e, esse momento é muito rico. Vemos os alunos interagindo. Falando de suas concepções, tentando convencer os demais sobre elas. Vários pedem para a professora intervir. Por exemplo, um grupo falou sobre ondas sonoras. Aí então eu disse: “certo, mas o que são essas ondas sonoras? Como o “som” sai da frente e chega até vocês?”. Nesse momento, alguns incluíam o ar na explicação, outros falavam energia, mesmo sem saber ainda explicar exatamente como acontecia. No final da aula houve a socialização das respostas para que as dúvidas e propostas fossem tornadas objetos comuns de estudo para próximas abordagens.

Nas aulas seguintes retomamos o assunto e foi feita a sistematização dos conceitos científicos, por meio de exposição na lousa, experimentos com materiais simples, como espirais de plástico para ilustrar a propagação transversal, longitudinal, ondas estacionárias. Usamos também aplicativos de celulares para produzir sons em diferentes amplitudes e frequências, de modo que pudessem diferenciar tais características referentes à altura dos sons e intensidade de sons. Usamos também aplicativos no celular para verificar os níveis de intensidade sonora em decibéis presentes no ambiente. Foram realizados alguns exercícios em sala e em casa e, como última atividade do bimestre, eles deveriam elaborar quadrinhos sobre o que aprenderam. O resultado está inserido no Apêndice A. Os alunos dessa sala costumam interagir muito entre si durante as atividades em sala, mas na elaboração dos trabalhos são um pouco individualistas e preferem fazê-los sozinhos. Desse modo tivemos diversas histórias feitas individualmente e algumas feitas em grupo. Eles foram muito criativos e talentosos em elaborar as histórias e os desenhos de modo a abordar conceitos trabalhados. Na Figura 24 mostra-se o desfecho de uma discussão sobre altura e intensidade de som, que começou no ensaio de uma banda que ia fazer um show e, no final, se apresentam dizendo “vamos fazer um som intenso”.

Figura 24: exemplo de HQ sobre conceitos de ondas sonoras.

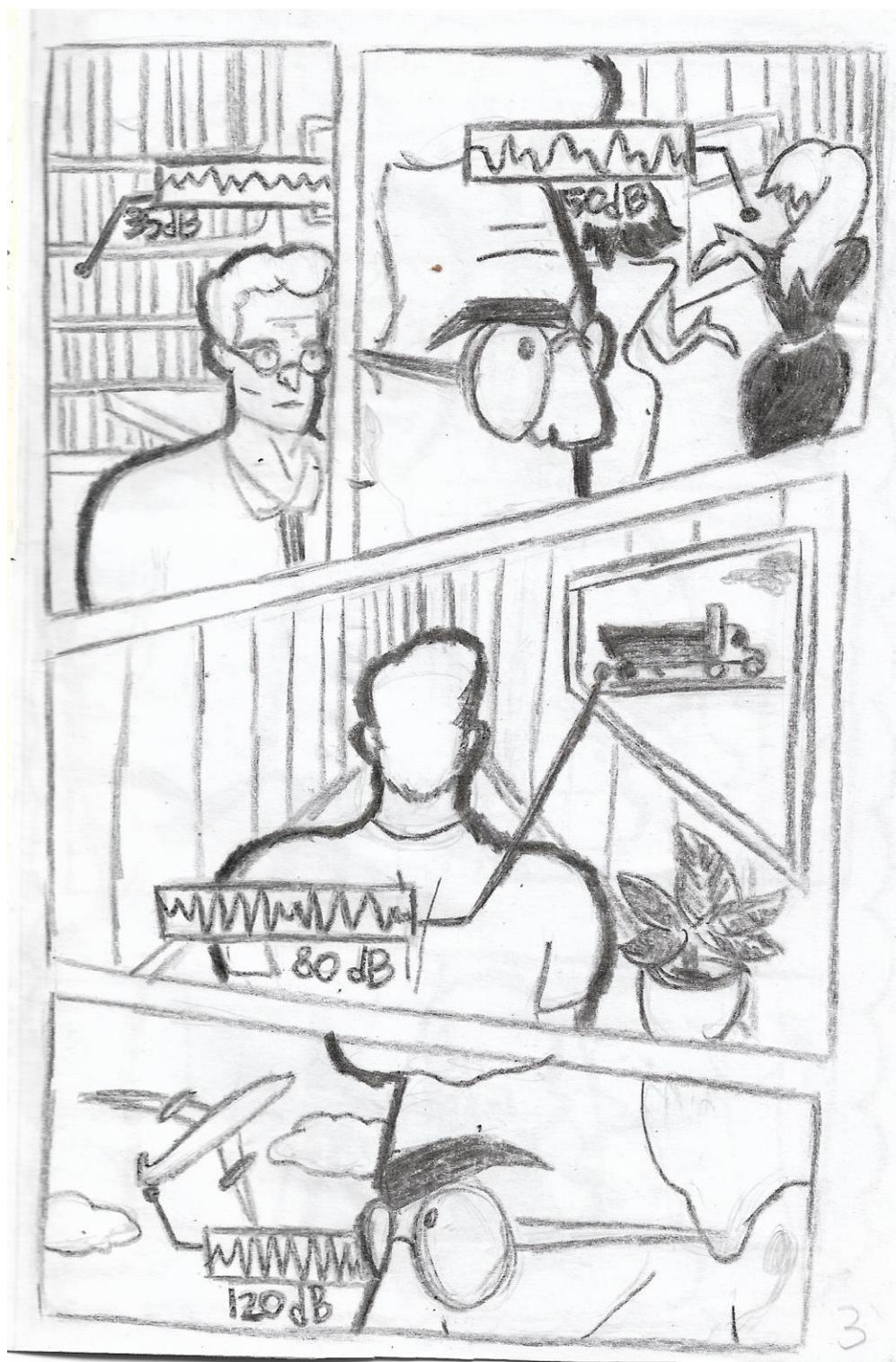
Aqui tratando da intensidade



Fonte: elaborada por alunos deste projeto

No próximo quadrinho, exemplificado na Figura 25, os alunos associaram os níveis de intensidade sonora com situações cotidianas e deram o nome à HQ de “Ruído de Agonia”

Figura 25: Exemplo de HQ sobre níveis de intensidade sonora



Fonte: alunos este projeto – segundo ano do Ensino Médio

Capítulo 6

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto Física em Quadrinhos como material de apoio ao professor no Ensino de Física é muito útil e pode ser aplicado extensamente, para qualquer conteúdo e em diversos momentos do processo de Ensino. Não necessita de logística complexa e nem de ambientes diferentes das salas de aulas atuais. Na preparação das aulas, é importante que o professor considere basicamente três momentos principais, a saber: levantar as concepções prévias dos alunos. Isso pode ser feito por uma atividade investigativa, na qual eles explicam um fenômeno utilizando seus conhecimentos. Em seguida, deve-se promover uma discussão e apresentação dessas concepções para a classe, sempre com a interação do professor, de modo a que se equalizem os entendimentos e se estabeleça uma base comum, para a construção do conhecimento. E, a etapa seguinte, muito importante, quando os alunos entrarão em contato com os conceitos científicos. Nesse momento, a atuação do professor é mais intensa e, ele pode utilizar diversas técnicas que estiverem disponíveis na sua estrutura educacional. Hoje em dia, muitas escolas disponibilizam equipamentos de multimídia, o que facilita a apresentação dos conceitos, utilizando-se vídeos, filmes, imagens etc. Experimentos e simulações em ambientes virtuais, são também muito bem-vindos, caso estejam disponíveis. No produto apresentado, as HQ são elaboradas para concluir um assunto ou conceito apresentado, podendo ser utilizada até mesmo como atividade de avaliação. Entretanto, conforme a literatura revisada, as HQ podem ser utilizadas em qualquer momento e, inclusive, nas atividades iniciais de levantamento dos conhecimentos prévios.

Apesar do alcance amplo da aplicação de HQ, a adesão ao processo não conseguiu envolver a totalidade dos alunos. Há aqueles que não acham vantagem em fazer desenhos, não gostam ou não se sentem à vontade em expressar-se por meio dessa linguagem. Mesmo sendo

incentivados a trabalharem em grupos onde poderiam dividir as tarefas, para que cada um fizesse a parte que lhe fosse mais interessante, alguns (eu diria poucos em relação aos métodos convencionais de ensino) simplesmente não fazem. Outra observação, do ponto de vista pedagógico, que não chega a ser um problema, mas pode talvez não corresponder às expectativas do professor, é que as HQ criadas não se aprofundam nos assuntos para envolver equações ou exemplos numéricos. Os alunos simplesmente parecem ignorar isso, buscando apenas abordar e apresentar conceitos de modo mais simples e superficial. Acredito que isso se deve ao fato de termos pouco tempo para desenvolver os conceitos com maior profundidade, mostrando exemplos e exercícios de aplicação das leis e equações.

Mas, apesar dessas observações, o produto mostrou-se muito útil para promover maior interação entre os alunos. Por exemplo, em uma das ocasiões observando um grupo na classe discutindo sobre a questão do referencial para fazer seu trabalho, pode-se avaliar o alcance dessa interação. Eles escolheram fazer uma história sobre um passeio de barco onde um casal observava as árvores. Um dos componentes do grupo explicou ao que desenhava como deveria fazer e como escrever que o movimento é relativo, dependendo do referencial. É esse tipo de interação que buscamos entre os estudantes. É muito desejável que compartilhem entre si seus aprendizados, pois além de fixarem seus próprios, caso já os tenham adquirido, podem ajudar a expandir a aprendizagem dos que se encontram no limiar desse processo.

Outro aspecto muito positivo observado durante as aplicações do produto foi fazer os alunos pensarem em situações cotidianas nas quais os conceitos físicos estavam inseridos e, assim, buscaram evidenciá-los. Vemos histórias de pessoas indo para o trabalho, outros namorando outros tocando em banda, indo ao médico, cuidando de um bebê. Há até uma que abordou um aspecto social do personagem ter que escolher entre usar seu dinheiro para pegar um ônibus ou matar a fome comprando algumas goiabas, que acabaram sendo roubadas, o que fez o personagem ir a uma delegacia fazer a denúncia. Enfim, esse aspecto do projeto é muito rico em diversos detalhes e uma oportunidade enorme de fazer os alunos trazerem conceitos de Física para perto deles, nas suas realidades sociais culturais e comuns do dia a dia

Não podemos deixar de mencionar uma vantagem clara do produto que é incentivar a criatividade e, eles sempre nos surpreendem. Podem ir muito mais longe do que meramente pensamos. Algumas HQ foram apresentadas com purpurina, brilhos para representar super-heróis, outros mostraram desenhos muito bem elaborados e enredos realmente chamativos.

Por último podemos destacar a vantagem do desenvolvimento de outras formas de expressão e linguagem numa área complexa como a científica. Saímos daquele universo de se apresentar o conteúdo, fazer exercícios e fazer uma avaliação escrita. Pode não ser um objetivo

explícito, mas intrinsecamente o produto tem um caráter interdisciplinar, abrangendo, no mínimo, diversas habilidades das disciplinas de artes e linguagem e códigos. Em uma das aplicações, conseguimos o envolvimento dos professores dessas disciplinas. O professor de língua portuguesa abordou com a turma em que estávamos aplicando o produto, os discursos e maneiras usadas na escrita em quadrinhos. A professora de artes também deu dicas de desenhos de quadrinhos para ajudá-los. É sempre bom interagir com a equipe de professores da escola e, quando se consegue esse apoio, todos lucram, em especial os alunos. As reuniões de planejamento podem ser uma boa oportunidade para falarmos e tentarmos um envolvimento maior de outras disciplinas no projeto. Lembro-me de uma dessas ocasiões, em que obtive autorização da diretora para aplicar o produto e apresentá-lo aos professores e, diversos deles interagiram trazendo suas experiências em projetos semelhantes, usando quadrinhos que, inclusive, me auxiliaram nas minhas pesquisas.

.

.

.

REFERÊNCIAS

ALUNOS DA EE. PROFA. SELMA MARIA MARTINS CUNHA. Gibiozine. 19. ed. Sorocaba: Gráfica Editora Cidade, 2017. ISBN ISSN 1984-610X. Apoio: Proex - UFSCAR; PBID-CAPES; patrocínio CPFL piratininga.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda, 1996.

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. **Física para Universitários - Relatividade, Oscilações, Ondas e Calor**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, v. 2, 2013.

BEZERRA, E. V. L. Física com Martins e Eu: Recordações da história e da obra de Pierre Lucie (1917-2017). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, 2017. ISSN 4.

BNCC ENSINO MÉDIO. [S.l.]. 2017. Portaria nº 1.570 publicada no D.O.U de 21/12/2018, seção 1, pag. 146.

CAPES. Plataforma Sucupira. **Governo do Brasil**. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.xhtml>>. Acesso em: fev. 2019.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 3, n. 1, p. 77 a 88, out. 2017. Disponível em: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3883>>.

CARRETERO, M. CELEBREMOS EL PRIMER CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD CONOCIENDO A LOS CIENTÍFICOS Y SU TRABAJO. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 3, p. 287-299, out. 2017. ISSN 2. Disponível em: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3868>>.

CARUSO, F.; FREITAS, N. D. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, Florianópolis, v. v. 26, n. 2, p.

355-366, ago. 2009. ISSN ISSN 2175-7941. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n2p355>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

CARVALHO A., A. A. A. Indicadores de Qualidade de Sites Educativos. **Cadernos SACAUSEF**, 2006.

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

CARVALHO, A. M. P. D. et al. **Ensino de Física**. São Paulo - SP: Cengage Learning, 2011.

DE HOSSON, C. et al. Communicating science through the Comics & Science Workshops: the Sarabandes research project. **JOURNAL OF SCIENCE COMMUNICATION**, p. A03, 17 Fevereiro 2018. ISSN 1824-2049. Disponível em:

<https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/JCOM_1702_2018_A03.pdf>.

FERNANDES, H. L. et al. Gibiozine - Revista de Divulgação Científica e Cultural.

Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em:

<<https://www.revistas.usp.br/nonaarte/article/view/99716/98150>>.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 23a. reimpressão. ed. São Paulo: Paz e Terra SA, 1994.

GALLEGO, A. Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 141 a 151, out. 2017.

Disponível em: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3838>>.

GARDELLI, D. A origem da inércia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 16, p. 43-53, abr. 1999.

GIBIO. Projeto Campus Ufscar Sorocaba. **Ufscar Fotografia**, 2007. Disponível em:

<<http://www.ufscar.br/fotografia/gibiobanca.php>>. Acesso em: maio 2019.

GONICK, L. **Cálculo em Quadrinhos**. Tradução de Marcelo Alves. São Paulo: Blucher, 2014.

JUNIOR, P. L. et al. A Física como uma construção cultural arbitrária: Um exemplo de controversia sobre o status ontológico das forças inerciais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, p. 195-217, 2015.

LAND, D. **Star Wars Infinitos - O Império Contra-ataca**. Barueri - SP: Panini Comics, 2017.

LEITE, M. Q. Metalinguagem e discurso. **Livros**, 2006. Acesso em: 2019.

MARTINS, J. S. Limites das Validades das Leis de Newton. **Mecânica Clássica UFF**, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=01jFMjJc4Qg>>. Acesso em: 2019.

MCCLLOUD, S. **Desvendando os quadrinhos**. [S.l.]: Makron Ltda, 1995.

NEWTON, I. **Newton: philosophical writings**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/br/academic/subjects/philosophy/early-modern-philosophy/newton-philosophical-writings-2nd-edition?format=AR>>. Acesso em: 2019.

NITTA, H. **Guia Mangá de Física - Mecânica Clássica**. Tradução de Silvio Antunha. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 3a. ed. Rio de Janeiro-RJ: Edgard Blücher Ltda, v. 1 - Mecânica, 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 2 - Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 4a. ed. São Paulo -SP: Edgard Blücher, 2005.

OLIVEIRA, M. K. D. **Vygotsky Aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico**. 4a. ed. São Paulo: Scipione, 2001.

PEREIRA, M. L. D. A.; OLENKA, L.; OLIVEIRA, P. E. D. F. Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinhos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 896-926, dez. 2016. ISSN ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p896>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

RAMA, A.; VERGUEIRO, W. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. 4. ed. São Paulo-SP: Contexto, 2014.

RAMOS, P. **A leitura dos quadrinhos**. São Paulo: Contexto, 2010.

- SCHULTZ, M. **Genética e DNA em quadrinhos**. Tradução de Maria do Carmo Zanini. São Paulo: Blucher, 2011.
- SCHWALLER, T. Using comics to increase literacy and assess student learning. **The Physics Teacher**, Wisconsin-EUA, v. 51, p. 122-123, fev. 2013.
- SHIMAZAKI, E. M. et al. O Trabalho com o Gênero Textual História em Quadrinhos com Alunos que Possuem Deficiência Intelectual. **REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO ESPECIAL**, Marília-SP, v. 24, n. 01, p. 121 a 142, mar. 2018.
- SILVEIRA, F. L. D. Validade das Leis de Newton. **CREF**, 2013. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=validade-das-leis-de-newton>>. Acesso em: 2019.
- SILVEIRA, F. L. D.; VARRIALE, M. C. Propagação da Ondas Marítimas e dos Tsunami. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 22, ago. 2005. 190-208.
- SOUZA, E. O. R. D.; VIANNA, D. M. Usando física em quadrinhos para discutir a diferença entre inversão e reversão da imagem em um espelho plano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, p. 601 a 613, 2014. ISSN 3. Disponível em: <>.
- TATALOVIC, M. Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study. **JOURNAL OF SCIENCE COMMUNICATION**, v. 8, n. 04, p. A02, 2009. Disponível em: <[https://jcom.sissa.it/archive/08/04/Jcom0804\(2009\)A02/Jcom0804\(2009\)A02.pdf](https://jcom.sissa.it/archive/08/04/Jcom0804(2009)A02/Jcom0804(2009)A02.pdf)>.
- VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução de José Cipolla Neto; Luis Silveira Menna Barreto e Solange Astro Afeche. 7a. ed. São Paulo: Martins Fontes - selo martins, 2007.

Anexo 1

Tabela 1: Revisão Bibliográfica - HQ no ensino

Nome do artigo	Revista	Objetivo	Como as HQ são utilizadas
Histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino do corpo humano em anos iniciais do Ensino Fundamental (KAWAMOTO e CAMPOS, 2014)	Ciência & Educação	Avaliar o uso de HQ sobre o corpo humano como recurso didático para ensino de Ciências nos anos iniciais	Os pesquisadores elaboraram HQ sobre o corpo humano. Criaram o roteiro e os personagens, que consistiam em cinco crianças de mesma faixa etária dos estudantes e um adulto. A história se passa em um parque de diversões. As crianças são levadas a um brinquedo onde exploram os diversos sistemas do corpo humano. Os alunos formam grupos e, cada grupo recebeu uma cópia para ler. Após a leitura responderam um questionário sobre o assunto.
Física com Martins e Eu: Recordações da história e da obra de Pierre Lucie (1917-2017) (BEZERRA, 2017)	Revista Brasileira de Ensino de Física	Homenagear uma obra de vanguarda no ensino de Física no final da década de 1960, feita pelo engenheiro Frances Pierre Henry Lucie e o cartunista Henfill	O homenageado era professor de Física em escolas preparatórias para o vestibular e criou um livro didático utilizando histórias em quadrinhos.
El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte iii). Utilización didáctica de los errores	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	Desconstrução das concepções alternativas dos estudantes utilizando técnicas diferentes das tradicionais de ensino.	Os quadrinhos figuram entre os vários recursos que serão analisados pelos estudantes, para identificar e contradizer concepções alternativas, utilizando argumentos cientificamente embasados. O autor

Conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto (CARRASCOSA, 2017)

comenta as vantagens disso, pois as análises tornam-se mais atrativas, uma vez que se utilizam imagens. Também, os estudantes saem de um lugar de avaliados para serem avaliadores e, estão aprendendo a realizar uma parte importante do trabalho científico, que é criticar os trabalhos de outros, de acordo com sua base de conhecimentos científicos, visando criar uma imagem das ciências e do trabalho científico que mais se aproxime da realidade.

Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics (GALLEGO, 2017)

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias

O objetivo do artigo é conscientizar professores que tentam inovar seus métodos usando quadrinhos, sobre as ideias simplistas que estes podem trazer a respeito dos conceitos e dos métodos científicos.

Quadrinhos recreativos foram analisados e classificados de acordo com imagens não adequadas sobre as ciências, a saber: que traziam imagens empiristas, os que não descreviam como se chegava a descobertas e, quando o faziam, mostravam o método científico como uma receita culinária; as investigações sempre visam resolver um problema; resolução individualista dos problemas; favorecimento de imagens elitistas, por exemplo, os cientistas são sempre homens, hetero, brancos e assim por diante. Também, boa parte dos quadrinhos, mostrava a ciência como uma ferramenta para construir armas invencíveis e dominar a humanidade.

<p>Celebremos el primer centenario de la teoría de la Relatividad conociendo a los científicos y su trabajo (CARRETERO, 2017)</p>	<p>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</p>	<p>Celebrar o ano internacional da Física de 2004 a 2005 e o centenário da teoria da Relatividade, realizando um trabalho diferenciado em uma escola com problemas de aprendizado. A ideia era associar Einstein com a Biologia e a Geologia, saindo um pouco do aspecto puramente da Física.</p>	<p>O experimento foi realizado numa escola da área rural de Granada, na qual há grande evasão para trabalhar na agricultura e, sendo o ensino de Ciências opcional, a partir de uma certa etapa, poucos optavam por ele. O trabalho realizou-se nas séries de transição entre o ensino obrigatório e optativo, sendo que os quadrinhos foram utilizados para que os alunos apresentassem as descobertas e aspectos importantes dos cientistas, cuja biografia eles estudaram.</p>
<p>Unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino de química orgânica, abordando a temática dos agrotóxicos (LOCATELLI, DOS SANTOS e ZOCH, 2017)</p>	<p>Revista Areté Revista Amazônica de Ensino de Ciências</p>	<p>Desenvolvimento e aplicação de uma UEPS para Ensino de química relacionado ao uso de agrotóxicos na agricultura para alunos de um assentamento do MST</p>	<p>Os quadrinhos foram utilizados para avaliação da aprendizagem dos alunos. Eles foram elaborados após a aplicação dos conteúdos. Para análise dos trabalhos, utilizaram a Análise de Discurso à Francesa de Orlandi (2001)</p>
<p>Usando física em quadrinhos para discutir a diferença entre inversão e reversão da imagem em um espelho plano (SOUZA e VIANNA, 2014)</p>	<p>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</p>	<p>Utilizar quadrinhos elaborados pelo autor na conclusão do curso de licenciatura, no Ensino de Física</p>	<p>Os quadrinhos são utilizados para incitar os alunos a pensar em um fenômeno que aborda conceitos da Física. No caso, imagens conjugadas por espelhos planos. Inclusive, ele cria uma marca estilizada para as HQ, com o nome Física em Quadrinhos.</p>
<p>Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinhos (PEREIRA,</p>	<p>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</p>	<p>Ensinar conceitos de Física para alunos de 1º. Ano do Ensino Médio de forma diversificada</p>	<p>As HQ no formato de tirinhas foram utilizadas em diversos momentos. Nas discussões iniciais, foram utilizadas tirinhas feitas pelo autor, para</p>

<p>OLENKA e OLIVEIRA, 2016)</p>			<p>abordar os assuntos e apresentar as questões a serem investigadas. Também durante as sistematizações, utilizou-se as tirinhas como organizadores dos conhecimentos que estavam sendo apresentados. No final, os alunos elaboraram tirinhas para demonstrarem os conhecimentos aprendidos. Houve também a utilização de tirinhas feitas pelo professor, com balões em branco, a serem escritos pelos alunos.</p>
<p>Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas (CARUSO e FREITAS, 2009)</p>	<p>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</p>	<p>apresenta-se uma sugestão pontual, baseada em tirinhas feitas por um aluno da <i>Oficina de Educação através de Histórias em Quadrinhos e Tirinhas – EDUHQ [9] –</i>, mostrando que a linguagem dos quadrinhos pode dar suporte à abordagem de temas extra-curriculares.</p>	<p>O EDUHQ é um projeto multidisciplinar da UFRJ que existe há mais de 8 anos. O aluno atua como um tradutor, ou seja, ele não cria conhecimento, mas traduz o que aprende na linguagem dos quadrinhos.</p>
<p>O discurso especializado sobre literatura infanto-juvenil na década de 50.</p>	<p>Cadernos de Pesquisa FCC</p>	<p>Estudar o discurso especializado em literatura infanto-juvenil, em especial nos anos 50.</p>	<p>A opção pelos anos 50 é devido à onda de rejeição ao uso de quadrinhos no ensino. O artigo analisa essa questão à luz de vários autores.</p>
<p>The Use of Comics in Experimental Instructions in a Non-formal</p>	<p>International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology</p>	<p>Mostrar o uso de maneiras alternativas de ensinar, de modo a motivar melhor</p>	<p>Uso de quadrinhos em instruções experimentais para laboratório de Química, em ensino não formal</p>

Chemistry Learning Context		os alunos e aumentar o interesse em aprender.	
Communicating science through the Comics & Science Workshops: the Sarabandes research project (DE HOSSON, 2018)	JOURNAL OF SCIENCE COMMUNICATION	Analisar o impacto do uso de quadrinhos e workshops em adolescentes	41 adolescentes tiveram aulas com doutorandos e oficinas de ciências. Em seguida, deveriam elaborar histórias em quadrinhos de uma página sobre os assuntos. O artigo mostra que o apego às técnicas de desenho das HQ, algumas vezes, distanciou os alunos da integridade científica, mas, de modo geral, observa diversos aspectos positivos. Os workshops ou oficinas foram divididos em três disciplinas, física, matemática e biologia.
Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study (TATALOVIC, 2009)	Journal of Science Communication	Expor em um museu na Croácia o uso de histórias em quadrinhos no ensino de ciências e verificar as publicações que utilizam essa técnica no ensino de ciências.	O artigo menciona e ilustra vários exemplos de uso de histórias em quadrinhos na química, física e biologia.
High school students' representations and understandings of electric fields (CAO e BRIZUELA, 2016)	Physical review special topics. Physics education research	Investigar o entendimento que estudantes do Ensino Médio adquiriram do conceito de campo elétrico	Os alunos desenhavam tirinhas em quadrinhos para expor seu entendimento do conceito de campo elétrico
How do teachers use comics to promote engagement,	Research in science education	Este artigo descreve uma pesquisa sobre tornar o Ensino	Eles entrevistam 18 professores que utilizaram HQ para ensinar seus alunos e entrevistam

equity, and diversity in science classrooms?		de Ciências mais equitativo frente às diversidades das salas de aula atuais.	também os alunos. A proposta é alterar o currículo escolar para torná-lo mais equitativo, por incluir novas técnicas de ensino.
Crianças, culturas infantis e linguagem dos quadrinhos: entre subordinações e resistências (SILVA, 2013)	Revista brasileira de educação	Estudo da produção das culturas infantis a partir das experiências das crianças de 3 a 5 anos de idade com a linguagem das histórias em quadrinhos (HQ) em uma pré-escola municipal.	As HQ produzidas pelas crianças foram utilizadas para se atingir o objetivo da pesquisa.
O trabalho com o gênero textual história em quadrinhos com alunos que possuem deficiência intelectual (SHIMAZAKI, AUADA, <i>et al.</i> , 2018)	Revista brasileira de educação especial	O objetivo é “relatar, analisar e refletir sobre as estratégias desenvolvidas para que as pessoas com deficiência intelectual se apropriem dos conceitos científicos presentes nas histórias em quadrinhos, a partir do princípio de que é responsabilidade escolar trabalhar com o desenvolvimento dos conceitos científicos, inclusive aqueles relacionados a determinado gênero textual de circulação social”	A pesquisa foi realizada com alunos do EJA, classificados como DI. “Após a intervenção, constatou-se que os sujeitos se apropriaram do conjunto de conceitos científicos, que constituem o gênero textual História em Quadrinhos e melhoraram a qualidade da compreensão e interpretação das HQ e, por conseguinte, suas possibilidades de atuação social” (SHIMAZAKI, AUADA, <i>et al.</i> , 2018). Eles utilizaram uma HQ produzida pelo Mauricio de Souza.

<p>Interculturality as an expression of humanist perspective: the young students' ideas about the conquest of america from altan's historical graphic narratives and julierme's history textbook (FRONZA, 2017)</p>	<p>Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado</p>	<p>Um artigo relacionado a entender o pensamento de adolescentes encaram conflitos entre europeus e índios, durante a conquista da América</p>	<p>Eles analisam como tais grupos aparecem nas HQ, em especial duas específicas que tratam do assunto.</p>
<p>Using comics to increase literacy and assess student learning (SCHWALLER, 2013)</p>	<p>The physics teacher</p>	<p>Estratégias de avaliação formativa e a integração da alfabetização representam dois dos muitos obstáculos que os professores enfrentam. Com a pressão dos resultados dos testes padronizados pairando sobre a cabeça de todos, encontrar tempo de aula para integrar essas estratégias essenciais é um prêmio. Integrando quadrinhos com avaliação escrita rápida e formativa, você pode matar os dois pássaros com uma só pedra.</p>	<p>HQ foi utilizada como uma ferramenta para fazer os alunos pensarem rapidamente numa resposta a uma questão que já havia sido trabalhada previamente, para verificar se eles tinham alterado suas concepções alternativas, para melhor aproveitarem o aprofundamento do assunto.</p>

Fonte: elaborada pela autora

Anexo 2

DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

Tabela 2: Detalhamento das Atividades

DIA (Dia/mês/2018)	ATIVIDADE REALIZADA	DETALHAMENTO DA ATIVIDADE
06/03	Levantamento das condições iniciais	Esta atividade consistiu na investigação dos conceitos pré-existentes dos alunos a respeito do movimento de corpos. Para lhes aguçar o interesse e fazê-los pensar em possíveis respostas, questionamos: como descrevemos o movimento de um corpo? Que coisas são importantes para descrever e afirmar que algo está em movimento? Os alunos se dividiram então em grupos e fomos ao pátio, onde eles receberam um

13/03

Apresentação e
reflexão da atividade
anterior

kit contendo dois carrinhos de brinquedo (um à pilha e outro de fricção), uma fita

métrica em um impresso para acompanhamento e registro das observações. Durante a realização das atividades, houve mínima interação e interferência da professora, sendo incentivado o levantamento de hipóteses pelos próprios alunos.

Os alunos foram até a sala de multimeios e, por meio de uma apresentação de slides, a professora mostrou e refletiu sobre as respostas que foram dadas na atividade da semana anterior. Os alunos puderam relembrar as respostas dadas e tomar conhecimento das observações e conclusões feitas por seus colegas. Cada grupo foi convidado a explicar e reforçar suas observações e conclusões. Foram trazidos à atenção os pontos comuns apresentados e a atividade foi finalizada por se ressaltar, de acordo com as observações e os resultados expressos pelos alunos, que coisas eles consideraram importantes para descrever os movimentos.

20/03	Apresentação dos conceitos de movimento	Utilizando slides, a professora apresentou aos alunos os primeiros conceitos que nos permitem descrever movimentos, tais como referencial e trajetória. À medida que os slides eram apresentados, os alunos eram incentivados a racionar por meio de perguntas feitas pela professora. Eles também faziam anotações dos conceitos apresentados.
27/03	Apresentação dos conceitos de movimento	Dando continuidade à apresentação dos conceitos, ainda utilizando slides, apresentaram-se os conceitos de ponto material e corpo extenso, posição e deslocamento. Os alunos receberam um questionário, mostrado no Apêndice A, para ser respondido em casa e entregue na semana seguinte, sendo informados de que sua entrega, respondido, faria parte dos critérios de avaliação e composição da nota do bimestre.
03/04	Correção das respostas ao questionário de revisão dos conceitos já apresentados	Os alunos apresentaram suas dúvidas nas respostas ao questionário e todas as questões foram comentadas pela professora, sendo recebidos os que já estavam respondidos e deu-se mais tempo para que os que não haviam respondido o fizessem.

10/04	Continuação da apresentação dos conceitos associados aos movimentos	Utilizando slides, foi retomado o conceito de deslocamento e apresentados os conceitos de intervalo de tempo e velocidade média. Neste ponto, os alunos começaram a realizar cálculos utilizando os conceitos. Foram lhes apresentadas as unidades de medida utilizadas no Sistema Internacional (S.I) e os procedimentos de conversão entre as unidades mais comumente utilizadas no Brasil.
17/04	Exercícios sobre velocidade média	Os alunos responderam os exercícios que constam do Caderno do Aluno fornecido pelo Governo do Estado, primeiramente sozinhos, também interagindo entre pares e com a professora. Os exercícios foram resolvidos e explicados na lousa.
24/04	Atividade de recuperação	Os alunos que não haviam respondido o primeiro questionário e nem os exercícios da apostila, receberam um questionário em sala para ser respondido interagindo com seus pares e com a professora. Os alunos que não estavam em recuperação, assistiram vídeos falando como preparar quadrinhos.
08/05	Preparação de um seminário para abordagem dos	Foi proposta a realização de um seminário para abordagem dos demais assuntos envolvidos no estudo de Cinemática, a saber,

	demais assuntos da cinemática	aceleração média, movimento retilíneo uniforme, movimento variado, movimento circular. Os alunos foram divididos em 8 grupos e cada um recebeu um tema para estudar e preparar um cartaz ou powerpoint a fim de apresentar à sala. Os trabalhos seriam preparados em sala, na aula seguinte, com interação com a professora e o seminário aconteceria na semana subsequente
15/05	Preparação do seminário	Os alunos reunidos em grupos estudaram os temas que lhe foram atribuídos, usando o livro didático e interagindo com a professora.
22/05	Elaboração dos cartazes para apresentação do seminário	Os alunos reunidos em grupo deram continuidade à atividade de preparação do seminário elaborando cartazes sobre seus respectivos temas, sempre com interação com a professora.
29/05	Apresentação do Seminário	Cada grupo apresentou o seu tema utilizando o cartaz elaborado e outros recursos como demonstração quando apropriado. A professora apresentou e complementou as apresentações esclarecendo os conceitos e dando exemplos de aplicação
05/06	Elaboração das histórias em quadrinhos	Foi iniciada a elaboração das histórias em quadrinhos. Sugeriu-se que os alunos nos seus respectivos

19/06	Elaboração das histórias em quadrinhos	grupos criassem e escrevessem um roteiro de suas histórias e uma descrição de seus personagens. Esta etapa consistiu no desenho propriamente dito das histórias em quadrinhos com base nos roteiros e nos personagens criados.
--------------	--	---

Fonte: Elaborada pela autora

Apêndice A

PRODUTO EDUCACIONAL

O acesso a esse apêndice pode também ser realizado por meio do link:

<https://portaldafisica.sorocaba.br>