

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

**PRODUÇÃO DE ANIMAÇÕES EM STOP MOTION NA
AULA DE FÍSICA: POSSIBILIDADES DE NOVAS
PERCEPÇÕES**

DANILO DE MORAIS

ORIENTADORA: PROFA. DRA. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA
COORIENTADOR: PROF. DR. TERSIO GUILHERME DE SOUZA CRUZ

Sorocaba – SP
Março de 2021

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

**PRODUÇÃO DE ANIMAÇÕES EM STOP MOTION NA
AULA DE FÍSICA: POSSIBILIDADES DE NOVAS
PERCEPÇÕES**

DANILO DE MORAIS

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

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Sorocaba - SP
Março de 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Danilo de Moraes, realizada em 31/03/2021.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva (UFSCar)

Profa. Dra. Ana Lucia Brandl (UFSCar)

Prof. Dr. Johnny Vilcarromero Lopez (UFSCar)

Profa. Dra. Silvana Perez (UFPA)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

de Moraes, Danilo

Produção de animações em stop motion na aula de física:
possibilidades de novas percepções / Danilo de Moraes --
2021.
104f.

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

Orientador (a): Fernanda Keila Marinho da Silva

Banca Examinadora: Ana Lúcia Brandl, Johnny

Vilcarromero López, Silvana Perez

Bibliografia

1. Ensino de Física . 2. Gestalt . 3. Stop Motion. I. de
Moraes, Danilo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

DEDICATÓRIA

À minha querida companheira Natalia pela sua paciência e apoio, aos meus pais e meu irmão pelos planejamentos do futuro e aos meus gatos Lenin e Lux pelo carinho em cada dia.

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 minha orientadora Fernanda Keila Marinho da Silva e meu Coorientador Tersio Guilherme de Souza Cruz por toda orientação e pelas aulas tão inspiradoras e significativas em todo meu processo de formação.

A teoria sem a prática de nada vale, a prática sem a teoria é cega.

Vladimir Lênin

RESUMO

de Moraes, Danilo. Produções de animações em Stop Motion na aula de Física: Possibilidades de Novas Percepções. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2020.

Nesse texto descrevo a aplicação do produto educacional realizada para a elaboração da dissertação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. O produto desenvolvido é um material em texto para a orientação de produções de animações em *stop motion* no ensino de Física. O trabalho é fundamentado no conceito de *percepção* proposto pelos pensadores da *Gestalt*. Um dos principais representantes da Gestalt, Arnheim critica a exclusão da intuição no ensino de ciências em oposição a uma super valorização do raciocínio lógico indutivo. Esse trabalho inspira-se nessa crítica para propor um método de criação visual que pode ser adotado pelo professor como uma alternativa de produção visual que não depende de habilidades de programação computacional tipicamente utilizadas na confecção de animações e simuladores educacionais. A criação de *stop motion* também pode ser uma ferramenta de exercício da intuição quando produzido pelos alunos. Quanto à aplicação em sala de aula, as duas possibilidades foram testadas: criações de vídeos pelo professor utilizando conceitos de percepção visual no estudo dos movimentos e a produção de vídeos pelos alunos para exercitar a percepção deles e também para testar a facilidade de execução dos procedimentos do material de orientação.

Palavras-chave: Ensino de Física, Gestalt, Stop Motion, Animação, Movimento

ABSTRACT

de Moraes, Danilo. Stop Motion animations in Physics: Possibilities for New Perceptions. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2020.

In this text I describe the application of the educational product carried out for the preparation of the dissertation of the MNPEF (National Professional Master's Degree in Physics Teaching). The developed product is a text material to guide the production of stop motion animations in the teaching of Physics. The work is based on the concept of perception proposed by Gestalt thinkers. One of the main representatives of Gestalt, Arnheim criticizes the exclusion of intuition in science education as opposed to an overvaluation of inductive logical reasoning. This work is inspired by this criticism to propose a method of visual creation that can be adopted by the teacher as an alternative for visual production that does not depend on computer programming skills typically used in making educational animations and simulators. The creation of stop motion can also be a tool for exercising intuition when produced by students. As for the application in the classroom, both possibilities were tested: video creation by the teacher using concepts of visual perception in the study of movements and the production of videos by students to exercise their perception and also to test the ease of execution of the procedures. guidance material.

Keywords: Teaching Physics, Gestalt, Stop Motion, Animation, Movement

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Sequência de quadros que demonstra o fenômeno Phi. Quando mostradas de forma sequencial tem-se a impressão de um movimento circular, embora sejam meras imagens estáticas.....	27
Figura 3.2 - Exemplo de imagens utilizadas na confecções de animações.....	28
Figura 3.3 - Roda girando em sentido horário: tem-se a impressão de um movimento anti-horário já que a mente tende a interpretar o movimento pelo caminho mais curto. O ponto A completa $\frac{3}{4}$ de volta no sentido horário, mas para uma velocidade exata, o observador perceberá o ponto A rotacionando $\frac{1}{4}$ de volta no sentido anti-horário.....	28
Figura 3.4 - Representação simplificada das estrelas se afastando. É evidente para nosso pensamento que em um instante anterior as estrelas estariam mais próximas.....	31
Figura 3.5 - Exemplos de gráficos do movimento uniforme. No lado esquerdo um exemplo de velocidade positiva e no lado direito um exemplo de velocidade negativa.....	39
Figura 3.6 - Exemplos de gráficos do movimento uniformemente variado. No lado esquerdo um exemplo de aceleração positiva e no lado direito um exemplo de aceleração negativa.....	40
Figura 3.7 - Exemplos de gráficos do movimento uniformemente variado quando a velocidade e aceleração iniciam em sentidos opostos. No lado esquerdo aceleração é positiva e no lado direito a aceleração é negativa.....	41
Figura 3.8 - Exemplos de gráficos do movimento uniformemente variado quando a velocidade e aceleração iniciam no mesmo sentido. No lado esquerdo aceleração é positiva e no lado direito a aceleração é negativa.....	42
Figura 4.1 - Apresentação dos vídeos, com o carrinho de brinquedo e as manchas representando as gotas de óleo.....	45
Figura 4.2 - Recortes dos vídeos mostrando as gotas sobre o teclado. As teclas servem como uma unidade de medida visual.....	46
Figura 4.3 - Recorte de quadro do vídeo no qual as cartas de baralho são utilizadas para demonstrar os deslocamentos constantes no movimento uniforme.....	47
Figura 4.4 - Sequência de quadros mostra o quadrado se desmanchando e medindo a distância até a próxima gota de óleo.....	47
Figura 5.1 - Gráfico referente à questão 1.....	53
Figura 5.2 - Gráfico referente à questão 2.....	55
Figura 5.3 - Gráfico referente à questão 3.....	56

Figura 5.4 - Gráfico referente à questão 4.....	58
Figura 5.5 - Animação de um Jogo de Xadrez. O vídeo mostra um jogo onde as peças se movem sozinhas.....	60
Figura 5.6 - Animação de um robô rasgando uma folha. Nesse vídeo as palavras vão sendo escritas “magicamente” no papel enquanto um robô se aproxima e rasga a folha..	60
Figura 5.7 - Animação da COVID-19 sendo derrotada por figura mitológica. Nesse vídeo o aluno ilustra o planeta Terra sendo acometido pelas palavras “COVID-19”, enquanto que a palavra “DEUS” vem acompanhada das palavras “CURA”	60
Figura 5.8 - Quadro de uma das animações realizada por um aluno. No quadro o veículo de “Batman” derruba caixas, marcando posições no chão.....	62
Figura 5.9 - Destaque dos quadros anteriores no M. U. Podemos verificar que o aluno preocupou-se em colocar as caixas em distâncias aproximadas para o caso do M. U.....	62
Figura 5.10 - Destaque dos quadros no M. U. V.. O destaque permite verificar que o aluno acabou colocando distâncias aparentemente aleatórias no caso do M. U. V.....	62
Figura 5.11 - Lata de refrigerante deixa amendoins no caminho. No quadro A as distâncias são iguais caracterizando M. U. No quadro B o aluno usa distâncias aleatórias para ilustrar um M. U. V.....	63
Figura 5.12 - Reprodução completa do exemplo do professor. No quadro A o veículo goteja na estrada, no quadro B utiliza-se pedaços de papel para mostrar que as distâncias são iguais.....	63
Figura 5.13 - Placas quilométricas indicam que o veículo percorre distâncias iguais no M. U... ..	64
Figura 5.14 - Placas quilométricas indicam que o veículo percorre distâncias no M. U. V.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – Cronograma de orientações e propostas de trabalhos.....	50
TABELA 5.1 – Descrição das categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 1.....	53
TABELA 5.2 – Categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 2.....	54
TABELA 5.3 – Categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 3.....	56
TABELA 5.4 – Descrição das categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 4.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

M.U. – *Movimento Uniforme*

M.U.V. – *Movimento Uniformemente Variado*

MNPEF – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

UFSCar – *Universidade Federal de São Carlos*

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....	15
1.1 APRESENTAÇÃO.....	15
1.2 INTRODUÇÃO.....	16
Capítulo 2 - Reflexões sobre as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação.....	19
2.1 AS TECNOLOGIAS EM SALA DE AULA.....	19
2.2 A PRODUÇÃO DE VÍDEOS PELO <i>SMARTPHONE</i>	22
Capítulo 3 - Bases da Dissertação.....	25
3.1 ANIMAÇÃO E PERCEPÇÃO HUMANA.....	25
3.2 A PERSPECTIVA DA GESTALT E O ENSINO DE FÍSICA.....	29
3.3 CASOS CLÁSSICOS DE MOVIMENTO: MOVIMENTO UNIFORME E MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO.....	34
Capítulo 4 - Descrição da Metodologia e Aplicação do Produto.....	43
4.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE: DESCRIÇÃO DO PRIMEIRO MOMENTO.....	44
4.2 PRODUÇÃO DOS VÍDEOS: DESCRIÇÃO DO SEGUNDO MOMENTO.....	49
Capítulo 5 - Discussão dos Resultados.....	52
5.1 OS ALUNOS COMO EXPECTADORES: EXIBIÇÃO DE VÍDEOS.....	52
5.1.1 Análise da questão 1.....	52
5.1.2 Análise da questão 2.....	54
5.1.3 Análise da questão 3.....	56
5.1.4 Análise da questão 4.....	57
5.2 PRODUÇÃO DE VÍDEOS: OS ALUNOS COMO PRODUTORES.....	59
Capítulo 6 - Considerações Finais.....	66
Referências.....	69
APÊNDICE A.....	72

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1

1.1 APRESENTAÇÃO

Minhas primeiras experiências como professor de Física ocorreram em 2010 quando iniciei o curso de bacharelado em Física na Unicamp. Sempre tive interesse pela sala de aula e me encantei com diversos professores que tive e parecia um caminho natural aprender a ciência e transmitir meus conhecimentos na sala de aula. Nesse momento minha concentração foi em aprender Física e ambicionava imitar os professores que me inspiraram a seguir essa carreira.

Aos poucos minha noção foi se tornando mais profunda e pude perceber que ser um especialista em Física era útil mas insuficiente para ser um bom professor de Física. Conheci na universidade a Educação como área de conhecimento e quis me enveredar nessa área, o que me levou a me transferir para a licenciatura em Física na UFSCar, campus Sorocaba em 2012.

Por todo o período da minha licenciatura atuei paralelamente como professor. O vínculo professor-estudante me levava a refletir e aprimorar minha prática sob os prismas das disciplinas e assim me coloquei em contato com a pesquisa docente, mesmo que em um primeiro momento não tivesse consciência dos conceitos por trás dessa prática. Me vi como professor construindo conhecimentos a partir da reflexão de minhas próprias práticas amparadas nos conhecimentos acadêmicos que me eram apresentados. A pesquisa de professor, tornou-se algo muito interessante para mim, tendo em vista que a prática docente estará sempre presente em minha vida e, conseqüentemente, a pesquisa, que vejo como uma ferramenta fundamental dessa prática.

Escrevi em minha monografia uma pesquisa docente e minha forma de ver meu cotidiano de trabalho nunca mais foi a mesma. Distante da visão clássica que a sala de aula é meramente um local onde o professor “dá aulas”, percebo a sala de aula como um local de construção coletiva de conhecimento, onde o professor é um mediador entre o aluno e a cultura científica, e sendo assim um exemplo de aprendizagem. O professor é um pesquisador,

que em meio a sua própria prática planeja, executa e avalia o seu ambiente escolar. O mestrado profissional foi um caminho natural para a prática de pesquisa docente, possibilitando levar às minhas aulas cada vez mais um material autônomo, planejado e executado de forma crítica.

Como professor e mestrando, busco na pesquisa o aprimoramento da minha prática docente e tenho consciência que a prática do professor não pode ser descrita como imutável. A prática docente e sua pesquisa se retroalimentam e se adaptam às circunstâncias, de forma que os desafios já são esperados e com eles trabalhamos em nosso cotidiano.

O ano de 2020 trouxe novos desafios aos professores devido à pandemia de COVID-19, o desenvolvimento dessa dissertação, assim como a aplicação do produto ocorreram em meio a esse contexto. Apesar das dificuldades em adaptar as atividades de sala de aula para a nova situação não presencial, nosso produto pôde ser adaptado e enquadrou-se bem nesse cenário já que utiliza-se de Novas Tecnologias de Informação e Comunicação, as quais constituíram uma das principais ferramentas nesse momento.

1.2 INTRODUÇÃO

O produto desenvolvido no mestrado e incluído no Apêndice A é um texto para a orientação de produções de animações em *stop motion* no ensino de Física utilizando materiais de baixo custo e desenvolvido a partir de um método testado na sala de aula. As produções utilizam *smartphones*, uma ferramenta amplamente difundida, e aplicativos gratuitos que podem ser encontrados nas lojas de aplicativos para celulares. Por não me familiarizar plenamente com programação computacional e simultaneamente sentir uma necessidade de produzir materiais visuais que complementassem as minhas aulas, busquei um método alternativo de produção que privilegiasse uma construção mais artística e criativa como alternativa às típicas animações computacionais utilizadas no Ensino de Ciências.

Para a aplicação em sala de aula, o método de produção de animações em *stop motion* foi utilizado no desenvolvimento de atividades didáticas. Foram ilustrados conceitos básicos por uma abordagem visual. Como a atividade foi utilizada em aulas do 1º ano do ensino médio, foi apropriado que as animações fossem sobre o conteúdo programático, que no caso era a Cinemática. As animações tentaram mostrar as variações espaciais e temporais no movimento uniforme e uniformemente variados, para isso foi planejado que as animações estimulassem a

percepção dos alunos de acordo com princípios propostos pelos pensadores da *Gestalt*. Em uma segunda atividade foi proposto aos alunos que produzissem animações em stop motion como um exercício de criatividade no qual pôde ser avaliada a percepção espacial e temporal dos alunos em relação ao movimento uniforme e uniformemente variado.

A atividade de produção dos alunos ainda mostrou-se um teste do manual, pois espera-se que o método de produção de animações seja acessível para o professor e verificou-se que é suficientemente simples para que até mesmo os alunos possam aprendê-lo em um intervalo de tempo relativamente curto. A proposta do manual é servir de ferramenta para que o professor possa criar animações para as suas aulas com relativa facilidade.

Segundo Rosa (2012), constata-se nos dias de hoje uma herança propedêutica e tecnicista nos professores que não favorece o pensamento crítico dos estudantes. Arnheim (2004), destaca que o sistema educacional prioriza o pensamento analítico como se esse fosse único e exclui os processos intuitivos relacionados com a percepção. O ensino tradicional privilegia a linguagem verbal e o raciocínio lógico dedutivo para a compreensão dos conceitos de física, a percepção espacial e temporal dos alunos acaba sendo desconsiderada, já que estaria inserida dentro dos processos da intuição. A produção de vídeos pelo professor, exemplificada nesse trabalho, é uma proposta de construção de animações de forma a valorizar a percepção intuitiva contrapondo a análise descritiva, conforme proposto por Rudolf Arnheim.

Arnheim baseia suas ideias nos fundamentos da psicologia gestaltista, desenvolvida por Koffka, Köhler e Wertheimer. Acredita-se que a aprendizagem humana não possa ser estudada somente pelo comportamento e nem pela compreensão isolada da mente. Os gestaltistas valorizam a totalidade, afirmando que a percepção não pode ser isolada dos processos de pensamento. Esse pensamento serviu de base para nosso trabalho.

O objetivo dessa dissertação é apresentar nosso produto educacional, incluindo a pesquisa que serviu de referencial teórico para sua confecção e exemplos de aplicação em sala de aula. Dessa forma, visamos complementar o texto do produto que se encontra no Apêndice A. Temos também como objetivo refletir sobre a importância em incluir a intuição dos alunos nos processos de ensino e aprendizagem de Ciências. Fornecemos em nosso produto um exemplo de atividade com potencial de exercitar a intuição dos alunos bem como sua criatividade, fatores normalmente desconsiderados no ensino tradicional de ciências.

A dissertação estrutura-se da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos uma breve reflexão sobre a utilização de novas tecnologias de informação na sala de aula para a

produção de animações, principalmente quanto à utilização de *smartphones*. No capítulo 3 apresentamos as bases da dissertação: A animação e a percepção humana, a perspectiva da Gestalt, o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado. No capítulo 4 é apresentada uma descrição das atividades desenvolvidas enquanto que no capítulo 5 analisamos as produções dos alunos nessas atividades. O capítulo 6 traz as considerações finais e no apêndice A temos a reprodução completa do texto do produto educacional.

Capítulo 2

REFLEXÕES SOBRE AS NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

2.1 AS TECNOLOGIAS EM SALA DE AULA

Para podermos contemplar nosso trabalho em meio às produções relacionadas, precisamos analisar inicialmente um gênero mais amplo de metodologia que é a utilização de tecnologias em sala de aula. O produto desenvolvido neste trabalho se utiliza de animações no ensino de Física e está inserido nas Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, já que focamos na utilização de aplicativos de *smartphone* como ferramenta de criação de vídeos. Podemos fazer uma breve análise do que vem sendo feito pelos pesquisadores no sentido de utilização de tecnologias no Ensino de Física.

Em Medeiros e Medeiros (2002), os autores nos trazem a reflexão de que a utilização de informática na educação vem tendo um enorme avanço em seus potenciais e diversidades de uso. Em contrapartida os autores reforçam que a utilização de tecnologia para a educação é uma proposta que vem de longa data. Em 1922, Thomas Edison já exaltava o potencial do cinema, chegando a afirmar que a exibição de imagens em movimento chegaria às salas de aula e poderia até substituir os livros didáticos. Em outro exemplo, William Levenson, em 1945, via a aproximação de uma era onde os rádios seriam tão comuns em sala de aula quanto lousas. Esse processo se repete com a televisão, videocassetes, projetores, calculadoras etc.

Ao meu ver, os *smartphones* se diferenciam nessa evolução pois eles não trazem efetivamente uma grande novidade tecnológica, mas sim reúnem diversas funcionalidades de

outros aparelhos em um só, de custo relativamente acessível. O *smartphone* unifica rádio, televisão, filmadora, reprodutores de vídeos, calculadoras, computadores e ferramentas diversas, o que inclusive o torna um laboratório móvel através de seus sensores e aplicativos de análise.

Os autores (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002) afirmam que a informática por si só não garantirá um ensino de qualidade, por trás de toda aplicação há fundamentos conceituais, epistemológicos, pedagógicos e psicológicos que não podem ser deixados de lado. Ao destacar as potencialidades de simulações computacionais para o ensino os autores falam de como a Física é uma disciplina com conceitos que exigem um alto nível de abstração e que por muitas vezes estuda estruturas que estão além dos sentidos humanos. Esses fatores geram dificuldades que afastam os alunos dessa área de conhecimento.

Em uma tentativa de solucionar esse problema, professores e livros didáticos tem-se utilizados cada vez mais de imagens. Porém, a dificuldade de representar movimentos e processos em uma figura estática não pode ser subestimada. Por muitas vezes os esquemas construídos pelo professor não poderão ser compreendidos por todos os alunos e o tempo e trabalho demandado para que o professor crie figuras em uma lousa pode não valer a pena. Em meio a essas dificuldades, as animações mostram seu potencial por não se limitarem à imagens estáticas.

Romero Tavares (2005), apresenta um trabalho que enquadra-se nessa convicção de que a informática deve ser uma ferramenta inserida em uma fundamentação pedagógica. Em seu trabalho ele faz uma proposta de atividade na qual utiliza-se de mapas conceituais, em uma aplicação Ausubeliana, para relacionar os subsunçores aos novos conceitos. O autor propõe fazer animações interativas a partir do programa Modellus, que apareçam ao aluno na exibição de um mapa conceitual. Para Tavares, uma animação representa a evolução temporal de um modelo de realidade que é aceito pela comunidade científica. A animação se utiliza da percepção visual das variações de grandezas físicas e proporciona experiência empírica concreta, conduzindo a um nível de abstração que sem ela seria alcançada por poucos aprendizes.

Em um trabalho publicado em 2006, Gonçalves, Veit e Silveira (2006) criam um conjunto de animações, simuladores e textos disponibilizados gratuitamente para professores. Os autores reforçam a dificuldade dos alunos de compreenderem conceitos físicos e a ausência de laboratórios apropriados nas escolas. No caso da Física Térmica, abordada no trabalho, muitos dos experimentos são de difícil execução e exigem aparelhagens muito complexas, de forma que muitos dos experimentos clássicos realizados são inviáveis de serem

transpostos ao laboratório didático. O produto educacional que criaram é um conjunto de imagens, animações e simulações, desenvolvidas no programa Flash MX, com potencialidade de substituir uma atividade de laboratório didático tradicional por um desenvolvimento no laboratório de informática.

Em proposta semelhante, Neumann e Barroso (2005), produziram um conjunto de animações e simulações para ilustrar situações físicas relacionadas com oscilações. Para esse trabalho, utilizaram animações em linguagem Macromedia Flash. Os autores destacam que a criação de novos materiais é útil não só para a facilitação do ensino mas também para o próprio desenvolvimento das potencialidades das animações e simuladores, a aplicação nos da indícios do que pode ser aprimorado.

Heckler, Saraiva e Filho (2007) apresentam uma produto educacional muito completo que consiste em um CD – ROM com 77 animações, 64 imagens e 13 simuladores (Java Applets) contemplando todo o conteúdo de óptica do ensino médio. Os autores destacam a contradição na dualidade das vidas dos alunos: uma vida pessoal conectada o tempo todo em tecnologias online e uma vida escolar antiquada, baseada em livros, caderno e lousa. Visando amenizar essa contradição aplicaram o material didático em uma turma de 3º ano de ensino médio. Após a aplicação os alunos foram questionados e as respostas foram muito positivas. Cerca de 80% dos alunos consideraram o material relevante para sua compreensão dos conceitos e pode-se destacar que a aplicação do material acabou utilizando menos tempo de aula do que seria utilizado normalmente.

Os trabalhos citados anteriormente foram realizados há cerca de 15 anos em uma época em que as animações em Flash eram muito populares. Embora os trabalhos concluídos sejam muito bons, não podemos subestimar o obstáculo de se programar animações nessas plataformas, de forma que cabe buscar alternativas mais fáceis para a elaboração de animações.

Embora a questão da disponibilização em CD-ROM seja algo antiquado, devido ao rápido desenvolvimento das mídias, os trabalhos citados até aqui também mostraram uma preocupação em criar algo que pudesse ser acessado por outros professores a partir da internet. As plataformas nas quais são criadas animações e simuladores são escolhidas visando utilizar um armazenamento compacto. Esse pensamento se fortaleceu com o tempo e cada vez mais existe a tendência de disponibilizar os conteúdos em sites diretamente na internet.

A utilização de aplicativos nos celulares vem criando uma nova plataforma. É muito comum que hoje diferenciemos os programas de computador dos aplicativos de celular, sendo que nem sempre existem equivalentes em cada esfera. Com a popularização dos celulares,

começa a surgir uma demanda por aplicativos educacionais e ferramentas da computação móvel que possam ser utilizadas em sala de aula.

Em Monteiro (2016), o autor se utiliza de tecnologias móveis com o intuito de criar uma plataforma para a disponibilização de recursos multimídia para auxiliar no desenvolvimento de conceitos de ondulatória e eletromagnetismo a partir do uso de tecnologias móveis. Na plataforma o professor organizou animações, simuladores e outras atividades para que os alunos pudessem se conectar através de seus próprios *smartphones*. Com o aumento drástico da utilização de internet pela população brasileira, torna-se necessária a introdução de conteúdos educacionais nesses meios. O autor cita que essa aplicação gerou motivação nos alunos, aumentando o envolvimento deles e consequentemente havendo melhoras na aprendizagem.

Barbosa et al. (2017) e Ferreira et al. (2019) começam a mostrar uma nova tendência, a de utilização de aplicativos em sala de aula nos aparelhos celulares dos próprios alunos. Com a difusão dessas novas tecnologias o laboratório de informática pode ser substituído pela própria sala de aula, bastando que todos os alunos tenham um *smartphone* pessoal ou possam compartilhar em grupos. Os autores propõem trabalhos onde os alunos baixam gratuitamente aplicativos e os utilizam para realizar trabalhos em sala de aula. Já existe uma variedade de ferramentas como calculadoras gráficas, simuladores, ferramentas de medição e outras possibilidades, todos gratuitos, disponibilizados em famosas plataformas online.

Com essa diversidade de trabalhos podemos afirmar que há grande importância na interação das tecnologias com a sala de aula e esforço entre os professores em criar e avaliar diversas possibilidades de aplicações. Por outro lado as mudanças tecnológicas ocorrem com tamanha rapidez que ainda é bem recente a exploração de recursos e aplicativos das tecnologias móveis. Nosso trabalho está inserido nesse movimento que explora novas possibilidades emergentes das tecnologias móveis.

2.2 A PRODUÇÃO DE VÍDEOS PELO *SMARTPHONE*

De forma semelhante aos últimos artigos citados, a proposta do nosso trabalho é a utilização do *smartphone* pessoal. Nossa ideia é de que esse instrumento possa ser utilizado pelo professor para a elaboração de materiais didáticos ou pelos alunos como uma ferramenta para diversificação das atividades. No nosso caso, a proposta relaciona-se, mais

especificamente, com a produção de vídeos. Quando esse assunto é abordado em trabalhos escritos há mais de dez anos, é muito comum que os autores utilizem de programação para elaboração de suas animações. Temos aqui um caminho alternativo: utilizando a própria câmera do celular o professor pode deixar de ser um produtor de animações a partir de programações e tornar-se um produtor a partir da filmagem. Para muitos professores que não estão acostumados com linguagens de programação e plataformas de animação, essa pode ser uma alternativa muito viável, onde o professor necessita menos de raciocínio computacional e mais criatividade artística para elaborar seus projetos de vídeos.

Para Sartori e Ramos (2007), em tempos passados, privilegiou-se as “vídeo aulas” como recurso áudio visual, algo compreensível quando o professor não podia produzir vídeos atendendo diretamente aos seus próprios interesses. Porém, com o desenvolvimento tecnológico, houve redução significativa no custo dos computadores pessoais e *smartphones*, acarretando sua popularização e tornando possível a produção de vídeos sem que haja a necessidade de uma grande equipe ou materiais de alto custo. Os autores mostram o desenvolvimento de animações na formação continuada de professores pelo Núcleo de Pesquisa de Imagem e Som do Centro de Educação Continuada em Educação Matemática, Científica e Ambiental (CECEMCA).

O projeto desenvolvido pelo núcleo visa a pesquisa de softwares e hardwares que possam tornar acessíveis os processos de roteirização, produção e edição de vídeo a professores, possibilitando a ampliação da utilização de ferramentas audiovisuais nas escolas. Foram desenvolvidos trabalhos em conjunto com professores de ensino básico culminando no desenvolvimento e disponibilização online de vídeos curtos e personalizados para utilização na sala de aula.

Em um trabalho semelhante, Rohling et al. (2002) divulgaram detalhadamente os processos utilizados no Laboratório de Criação Visual do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, no qual foram produzidos filmes didáticos de curta metragem. Ao divulgar suas metodologias, desde os softwares e hardwares utilizados até às formas de disponibilização ao público os autores forneceram um atalho para professores que se interessassem em se aprofundar nessa área.

Outros trabalhos (PEREIRA e BARROS, 2010; PEREIRA, FILHO e BEZERRA, 2013) falam sobre a produção de vídeos por alunos como alternativa ao laboratório didático. Os autores aplicaram atividades nas quais os alunos se utilizavam de celulares e aplicativos de

fácil manuseio para criar vídeos de curta duração sobre conteúdos que estavam estudando. Por vezes, os alunos podem apresentar pequenos erros conceituais, mas esse tipo de atividade gera motivação adicional, os alunos tendem a introduzir músicas, interpretações teatrais e dedicar maior esforço em atividades que se distanciam do ensino tradicional e proporcionam uma oportunidade para exercerem sua criatividade de forma mais livre.

Nosso trabalho converge com os trabalhos apresentados no sentido que há o desenvolvimento de um material visual através da utilização do *smartphone* como ferramenta, no entanto, os trabalhos apresentados focam na reconstrução de conceitos utilizando a imagem como ferramenta de apresentação, enquanto que nosso trabalho tem um foco especial nas características próprias de conceitos desenvolvidos através da imagem. No capítulo seguinte estarão expostas as ideias por trás da produção desses vídeos que visam extrapolar características da percepção humana para a facilitação da compreensão de conceitos enquanto que simultaneamente servem de exercício para a intuição dos alunos.

Capítulo 3

BASES DA DISSERTAÇÃO

3.1 ANIMAÇÃO E PERCEPÇÃO HUMANA

O gênero *stop motion* está contido em uma categoria mais ampla, a animação. Medeiros (2014) faz uma análise a partir do Novíssimo Dicionário latino-português (2012) da palavra Anima, radical de animação, analisando convergências de diversas expressões. Segundo o autor, Anima remete a ideias como sopro, brisa, o que anima, dá vida, afeto, vontade, alma. O autor destaca que diversos pensadores da Grécia antiga, como Sócrates, Platão e Aristóteles, esforçaram-se no estabelecimento deste último significado, Anima e Alma. A partir dessa interpretação, o processo de animação pode ser interpretado como um processo de “dar alma” à algo inicialmente estático.

Para Amaral (1996), a tendência de animar é intrínseca à natureza humana, surgindo já na infância quando a criança interage com animais e objetos atribuindo-lhes características humanas. A criança transforma objetos, vive uma realidade imaginária sem fronteira com o mundo real através de seu animismo.

A animação como conhecemos aparece no início do século XX. Barbosa (2009) resgata a partir dos textos de Halas e Manvell (1977) o surgimento do cinema de animação, assim como do cinema de ação ao vivo, baseado em um espetáculo “circense”. Em seu surgimento, a ideia de ver objetos ou desenhos “ganhareem alma” já era suficientemente encantador para a plateia, espetáculos de mágica utilizavam-se de efeitos visuais criados a partir de animações quadro a quadro. O próprio animador fazia parte do palco como mágico, detentor dos poderes da animação.

Purves (2011) cita Paris George Méliès como um exemplo de performista que em suas apresentações teatrais utilizava fios, portas falsas, fumaça, para criar mecanismos complexos de ilusionismo, aos quais aos poucos foram sendo adicionados trechos de filmes. Em uma

produção própria de vídeo na qual Méliès filmava na rua, um corte acidental na filmagem fez com que um ônibus fosse substituído por um carro funerário de maneira muito semelhante aos truques de substituição que ele realizava no palco utilizando portas ocultas. Esse acidente criado por uma pausa no vídeo, um corte de movimento, o fascinou e influenciou suas produções sendo um estopim para a criação do gênero *stop motion*, pelo menos como técnica.

Somente com a revelação dos processos de confecção da animação, o público deixa de se encantar com a animação por si só, o que faz com que seja possível o seu desenvolvimento como manifestação artística. Para Lucena Jr. (2002) é necessário que a técnica deixe de ser o centro da atenção do espectador para que a animação possa emergir como arte.

A animação somente pode existir devido à percepção humana. A nossa percepção das cores e da luz nos permite compreender figuras análogas à realidade dentro de um quadro e também nos proporciona a noção de movimento com a sobreposição de quadros. As minúcias da percepção visual já foram objeto de curiosidade de diversos estudiosos desde a antiguidade clássica até a atualidade.

Hernstein e Boring (1971) em sua coletânea de textos básicos da história da psicologia trazem exemplos de textos clássicos sobre esse assunto, alguns serão destacados a seguir. Um registro antigo sobre a percepção humana está em *De Anima* (Livro II) de Aristóteles, escrito em aproximadamente 350 a.C., no texto “Os Cinco Sentidos”, Aristóteles se esforça em categorizar os sentidos humanos e cria a definição *objeto de sentido* para classificar os estímulos de cada sentido. Nesse texto Aristóteles chama de *sensíveis comuns* os estímulos que não são peculiares a qualquer sentido, dentro dessa categoria ele inclui as noções de movimento e repouso, que podem ser sentidas pela visão, tato ou ainda pela audição.

Por muito tempo prevaleceu uma visão mitificada sobre os sentidos. Em um texto chamado “O humor Cristalino como uma lente e a inversão da imagem retiniana”, Johannes Kepler critica a noção aceita na época, de Erasmus Vitellio, na qual pensava-se que as imagens entrariam através dos olhos e seguiriam pelos nervos ópticos. Kepler explica fisicamente o comportamento do olho como uma câmara escura de orifício com uma lente em sua abertura. Ele sugere que o comportamento do olho pode ser explicado fisicamente e que o humor cristalino funciona como uma lente e projeta imagens invertidas no fundo do olho, sobre a retina, assim como uma lente pode projetar uma imagem sobre uma tela. A partir daí o nervo óptico recebe os sinais e Kepler não se arrisca a tentar explicar o comportamento interno ao nervo, mas garante que a luz não poderia entrar no nervo e seguir ao cérebro.

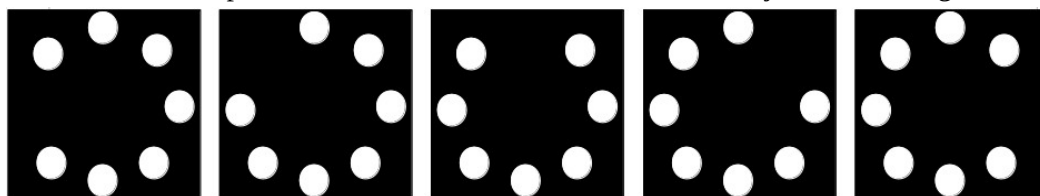
Na tentativa de compreender melhor como os estímulos visuais funcionariam, Isaac Newton publica em 1675 o texto “As sete cores do espectro”, no qual Newton identifica que a

luz branca era composta por sete cores: púrpura, índigo, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. Para Newton, a interação da luz branca com os objetos geraria vibrações no éter que estimulariam a retina. Tenta-se estabelecer um paralelo entre a percepção sonora e visual. As cores e os sons teriam semelhanças, as características de intensidade, tom e sobreposições que ocorrem com o som deveriam ter análogos visuais. É curioso que Newton define sete cores primárias em analogia com as sete notas musicais. Dessa forma tenta estabelecer alguma simetria entre a percepção visual e auditiva.

Outros grandes cientistas formularam ideias que tentavam sistematizar a percepção humana nos séculos seguintes. Avançando no tempo, um texto que se mostra muito interessante para esse trabalho foi publicado em 1902 por Max Wertheimer, um dos representantes da psicologia da Gestalt. No texto “O Fenômeno Phi como um exemplo de nativismo na percepção”, o autor começa a diferenciar a ideia de movimento real e percepção do movimento. Já na introdução ele destaca que, do ponto de vista físico, um objeto que em um dado instante de tempo t_1 ocupa uma posição p_1 , e em um instante seguinte t_2 , ocupa a posição p_2 deve ter passado por pontos intermediários a p_1 e p_2 no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 ; porém do ponto de vista psicológico, ao olharmos o objeto nas posições p_1 e p_2 , mesmo sendo posições estáticas parece que existem condições subjetivas que nos fazem completar os pontos intermediários. Dessa forma a percepção de movimento não dependeria da real movimentação de um objeto, mas da percepção do indivíduo acerca de imagens estáticas sequenciais.

Wertheimer chama de fenômeno Phi, o movimento percebido pelos indivíduos quando na verdade estão observando figuras estáticas. Foram realizados diversos experimentos, com movimentos retilíneos ou circulares, onde uma sequência de imagens estáticas gerava a impressão de movimento contínuo para os observadores. É interessante que quando um objeto parte de um ponto A para um ponto B, não passa pelos pontos intermediários, mas mesmo assim a sensação do indivíduo é de um movimento completo. Na figura 3.1 temos um exemplo de figuras utilizadas nos experimentos de Wertheimer.

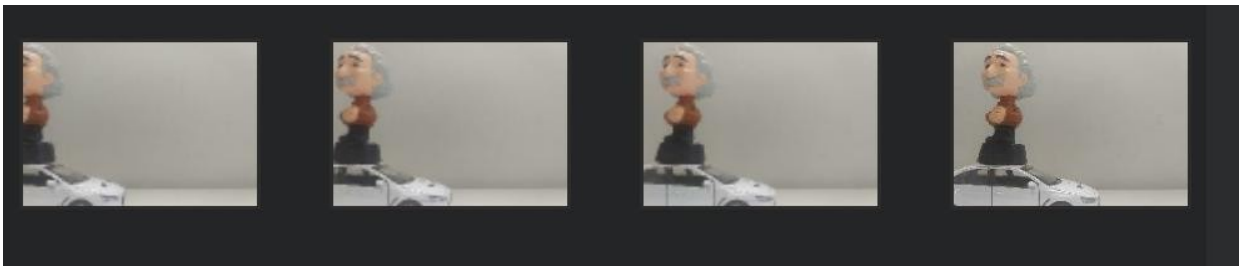
Figura 3.1: sequência de quadros que demonstra o fenômeno Phi. Quando mostradas de forma sequencial tem-se a impressão de um movimento circular, embora sejam meras imagens estáticas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O próprio cinema e paralelamente as animações tem funcionamento muito semelhante ao fenômeno Phi citado identificado por Wertheimer. Os *stop motion* desenvolvidos nesse trabalho, o sequenciamento rápido de imagens estáticas gera um movimento por fenômeno Phi, conforme mostrado na figura 3.2.

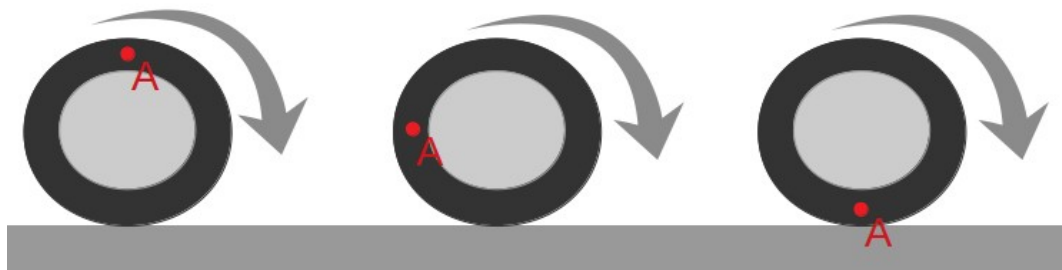
Figura 3.2: Exemplo de imagens utilizadas na confecções de animações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa compreensão sugere que a própria visão processada pelo cérebro poderia ser capturada e interpretada em quadros, de forma que pode-se gerar uma ilusão de movimento verossimilhante. Podemos imaginar por exemplo a observação de uma roda de automóvel em movimento, que para velocidades específicas gera uma sensação de rotação no sentido contrário. Esse fenômeno seria explicado se a captura das imagens dos olhos estiverem ocorrendo para ângulos de rotação maiores de 180° . Ao capturar as imagens a mente as conectaria pelo caminho mais curto, de forma que a impressão que se teria é de um movimento invertido, conforme exemplificado na figura 3.3.

Figura 3.3: Roda girando em sentido horário: tem-se a impressão de um movimento anti-horário já que a mente tende a interpretar o movimento pelo caminho mais curto. O ponto A completa $\frac{3}{4}$ de volta no sentido horário, mas para uma velocidade exata, o observador perceberá o ponto A rotacionando $\frac{1}{4}$ de volta no sentido anti-horário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse exemplo mostra como o estudo da percepção sugerido por Wertheimer e pelos pesquisadores da linha da Gestalt são pertinentes no contexto desse trabalho, a próxima seção

mostra como outras ideias da Gestalt podem ser importantes ao ensino de Física e principalmente na criação de imagens para o ensino de Física.

3.2 A PERSPECTIVA DA GESTALT E O ENSINO DE FÍSICA

Uma imagem nunca representa somente o objeto ao qual ela se refere, essa representação nunca é perfeita, é sempre produto de uma construção humana (SILVA, 2005). De forma que a percepção de quem produz uma imagem está embutida em seu conteúdo. Toda imagem é um recorte da realidade que não pode ser separada da visão de seu criador. Cabe a nós, compreender da melhor maneira possível como nossa percepção atua nessa produção e como a percepção dos alunos atuará.

No desenvolvimento das teorias de aprendizagem, os pensadores que introduziram a importância da percepção do indivíduo sobre o ambiente foram os chamados Gestaltistas. Segundo Lefrançois (2008), o termo “Gestalt”, é uma palavra alemã que, embora não tenha tradução exata na língua portuguesa, pode ser compreendida como “Todo”. Na primeira metade do século XX, a psicologia estava fortemente dividida. A psicologia tradicional era baseada na introspecção, através da indagação e especulação de como a consciência deveria ser. Em contrapartida, novos pensadores, chamados de Behavioristas, defendiam que a essência da aprendizagem estava nos comportamentos e sua interação com o ambiente.

Em ambas as abordagens a percepção seguia uma análise atomista, na qual se acredita que podemos estudar as partes para a compreensão do todo. A psicologia da Gestalt surge como uma análise à parte, na qual acredita-se que a totalidade é diferente da soma das partes. Não pode-se pensar em uma soma de estímulos gerando uma resposta do indivíduo, e sim, analisar a totalidade do quadro, o conjunto inteiro, e ainda a forma com que esse se relaciona com as percepções do indivíduo, de maneira que a consciência está intimamente ligada ao ambiente pela percepção.

As teorias constituintes dessa linha de pensamento foram inicialmente formuladas e sistematicamente testadas pelos pesquisadores alemães Max Wertheimer (1880-1943), Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Koffka (1886- 1941). Os três pesquisadores e amigos se formaram na Universidade de Berlim e trabalharam juntos em suas pesquisas, complementando-se. Max Wertheimer, o mais velho, é tido como uma liderança intelectual da Gestalt, porém Koffka e Köhler realizaram diversos testes e colaboram fortemente na divulgação de suas novas ideias. Os três fugiram da Alemanha na época da perseguição nazista e se estabeleceram nos Estados Unidos, de forma que fizeram parte da academia

americana, confrontando ideias Behavioristas que estavam a pleno desenvolvimento na América.

Ao estudar a percepção do indivíduo sobre os estímulos visuais, foi inevitável que as ideias da Gestalt fossem relacionadas à compreensão da estética e da arte. O principal estudioso dessa relação foi Rudolf Arnheim (1904-2007). Nascido em Berlim, Arnheim conviveu com os primeiros Gestaltistas na Universidade de Berlim, na qual foi orientado em seu doutorado por Köhler e Wertheimer (GESTALT, 2019).

Lefrançois (2008) apresenta as bases desse pensamento. Podemos destacar dois pontos principais que fundamentam as ideias da Gestalt. Primeiramente, Köhler estudou o comportamento dos macacos, e pode perceber em suas observações que para resolver problemas, alguns animais paravam e refletiam, buscando a solução e posteriormente a colocava em ação. Esse comportamento é diferente do esperado por Behavioristas como Thorndike, que acreditavam que em situações novas, os animais encontrariam as soluções pelo padrão de tentativa e erro. Köhler chama essa elaboração da solução de *Insight*, e acredita que os animais aprendam através de *Insights*.

O segundo ponto a destacarmos é que os Gestaltistas valorizaram a percepção do indivíduo, formulando um conjunto de leis da percepção. É importante ressaltar que ao estudar a percepção, também estudamos o próprio pensamento já que pensamento e percepção são intrínsecos. A percepção é um processo ativo de interação entre o indivíduo e o seu ambiente, de forma que mesmo ao receber os estímulos, o estímulo já é processado, é mediado pela mente, não podendo ser diretamente associado a respostas. As respostas possíveis a estímulos estão condicionados a percepção de cada indivíduo que pode ser totalmente diferente mesmo para estímulos iguais.

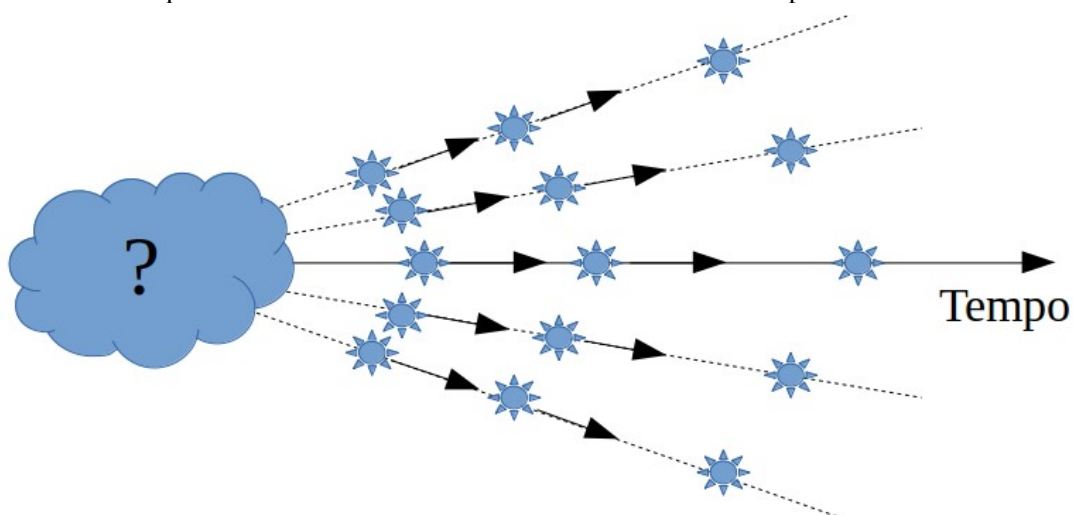
O princípio primário que governa a percepção e o pensamento é o princípio da boa forma, originalmente nomeado de *Prägnanz*. Esse princípio explica como os indivíduos produzem os insights para a resolução dos problemas. Os *insights* ocorrem na formação de um cenário mental do problema, quando o cérebro organiza os elementos na “melhor” forma possível. Para compreender o conceito do que seria essa melhor forma, introduzem princípios básicos de organização do cérebro, tendências que caracterizariam a chamada “boa forma”.

O primeiro princípio que citaremos é o princípio do fechamento. Esse princípio mostra que a mente tem uma tendência de completar figuras. Dessa forma, ao observar uma imagem incompleta, nosso cérebro tende a completá-la. O mesmo vale para palavras ou melodias incompletas e pode ser generalizado para completar até mesmo cenários complexos. Podemos utilizar a compreensão da lei de Hubble, de que o universo está se expandindo (ASSIS, 2008)

como um exemplo de aplicação do princípio de fechamento na Física.

Ao perceber que todos os corpos celestes estão se afastando, imagina-se que em um momento anterior, eles estariam mais próximos. No limite ao ir pensando em momentos anteriores, chegaríamos na ideia de que no instante inicial, todos os corpos celestes estariam no mesmo lugar, conforme mostra a figura 1. Um pensamento visual tão simples permite o entendimento de uma teoria complexa como o *Big Bang*.

Figura 3.4: Representação simplificada das estrelas se afastando. É evidente para nosso pensamento que em um instante anterior as estrelas estariam mais próximas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O segundo princípio é o princípio da continuidade, que também pode ser visto no exemplo citado anteriormente. Esse princípio nos afirma que fenômenos perceptivos tendem a ser vistos como contínuos. No exemplo anterior, observando as imagens no decorrer do tempo, esperamos que seu comportamento seja contínuo nos tempos anteriores.

Na sequência temos o princípio da similaridade, que mostra que nosso cérebro tende a categorizar imagens por sua semelhança, juntando partes de um quadro conforme a similaridade delas.

Por fim, temos o princípio da proximidade, que mostra que o cérebro tende a agrupar partes próximas de uma imagem maior. Assim, embora a similaridade seja importante para o agrupamento das partes de um todo, a proximidade das partes também influencia na forma de agrupamento.

Com esses quatro princípios, podemos reafirmar que a percepção de uma situação não é algo passivo, nosso pensamento atua na percepção, organiza partes de um todo, produz *insights*. Baseado nisso, podemos pensar que a percepção não deve ser deixada de lado. Ao

basear a aprendizagem em estímulos e respostas sem nos preocuparmos com a percepção estaríamos desprezando parte considerável do pensamento humano.

Para Arnheim (2004), a percepção vem sendo excluída do processo educacional. Arnheim inclui a percepção dentro dos processos chamados de intuição, e o pensamento analítico de forma geral é chamado de intelecto. Para ele a intuição é uma parte do intelecto e por vezes é desprezada por muitos educadores. O nosso sistema educacional considera que a única maneira de se conseguir um conhecimento é pelo intelecto e restringe as formas de exercitar o intelecto aos processos matemáticos e verbais.

As principais disciplinas escolares são vistas como disciplinas de pensamento lógico intelectual enquanto que a intuição fica a cargo das artes visuais, teatro, música e poesia. Nesse contexto a intuição é tida como um dom, uma característica hereditária difícil de ser ensinada ou exercitada. Por esse mesmo motivo, a intuição é desvalorizada já que exclui-se desse processo o esforço mental. Dixon (1976) ao tentar decifrar as habilidades por trás da atividade científica afirma que o trabalho do cientista migra entre a percepção e o discernimento. Para ele, tentar categorizar o pensamento científico como intuitivo ou indutivo é um uma tarefa insatisfatória e deveríamos aceitar que o pensamento científico mescla essas características.

Dixon se refere ao cientista como:

uma criatura que oscila, às vezes rapidamente, entre fases de pensamento imaginativo e crítico. Durante o período imaginativo, faz conjecturas sobre algum aspecto do mundo e elabora uma hipótese. Então, submete sua especulação imaginativa a crítica impiedosa. Por meio de deduções e experiências tenta desmentir sua própria hipótese. Somente quando a mesma sobrevive a severo escrutínio pode ser aceita, mesmo temporariamente (DIXON, 1976, p. 15).

O autor ainda destaca a necessidade de que haja controle entre as duas fases: dentro da fase imaginativa deve haver análise crítica para impedir que o pensador se perca em ideias com menor potencial, porém não pode ser uma intervenção intensa o suficiente para cortar o fluxo de ideias. Não são poucos os casos de cientistas criativos e menos ortodoxos que encontram soluções alternativas de maneira muito mais eficiente do que por um método tradicional, o processo criativo é semelhante, seja de um cientista ou de um artista.

Compiani (2012) mostra preocupação com o desprestígio das imagens no ensino de ciências e destaca alguns problemas na educação, Embora perceba-se que as imagens e sons estão cada vez mais presentes nas conceituações do mundo, antagonicamente, a escola distancia-se dessa realidade; as imagens trabalhadas no ensino de ciência são tipicamente assessoras do conhecimento verbal, ilustrativas; despreza-se o poder das imagens de conceituar tanto quanto as palavras; pouco se considera o conhecimento da *Gestalt* no ensino de ciências.

Os desenvolvimentos tecnológicos baseados na utilização de computadores cada vez mais necessitam de interações baseadas nas imagens. A digitalização do mundo explicita a necessidade da interação com imagens dinâmicas, daí nosso papel como educadores, de extrair o melhor dessa ferramenta. A conceituação a partir de imagens envolve a percepção espacial e temporal do indivíduo diretamente, mostrando-se poderosa na incorporação de conhecimentos. As imagens permitem a construção de conceitos de forma paralela e independente da verbalização, dos processos lógico indutivos.

Compiani reconhece que as generalizações propiciadas pelo raciocínio lógico verbalizado são poderosas, mas questiona se o processo verbal realmente é capacitadamente superior ao visual ou se essa crença é uma construção social e histórica. Pode-se atribuir os problemas de descontextualização do conhecimento justamente a essa primazia pela prática hipotético dedutiva que valoriza a modelagem abstrata do mundo ao invés de uma percepção intuitiva.

A maneira como ensinamos organiza-se das partes para a compreensão do todo. Estudamos cinemática e dinâmica para compreender a mecânica, estudamos mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo para compreender a física. Sempre partimos do local ao global. Pode-se questionar esse modelo, porque não partir do todo para compreender as partes? Nessa inversão, a imagem, a percepção espacial e temporal são a noção do todo. Por similaridade, podemos organizar as partes e estudá-las, a imagem é a ferramenta essencial para partirmos do todo e definirmos suas partes.

Arnheim (2004) complementa essa ideia comparando a ideia de análise e síntese. Para ele, a análise nos permite estudar um objeto, explicitando suas características classificatórias, compreendendo suas peculiaridades. Esse processo valoriza os processos de raciocínio lógico e descrição verbal. Por outro lado a síntese estabelece uma percepção global, a disposição e relação dos elementos que constituem o todo. Esse processo depende totalmente do exercício da intuição. Tomando-se como partes essenciais da aprendizagem a análise e a síntese, percebemos que concentramos demasiado esforço no ensino dos processos de análise,

enquanto deixamos de lado os processos de síntese. Evidencia-se uma clara falha da educação que nos leva a defender aqui o valor da imagem para o desenvolvimento da intuição, que nos permite realizar o processo de síntese.

Já pude ouvir de professores que trabalham comigo sobre a necessidade de “sentir” um problema para encontrar a solução. De fato, nas resoluções de problemas físicos e matemáticos, todo professor pode esbarrar no problema de saber resolver, mas não conseguir explicar detalhadamente aos alunos as escolhas de suas ferramentas. Observa-se que o professor conhece a síntese de sua disciplina, percebe o contexto global e suas relações, o que o permite escolher os caminhos adequados para a resolução. O mesmo processo torna-se difícil ao aluno que estuda as partes do conhecimento de maneira desconexa, não tem a intuição da totalidade.

A percepção e pensamento são procedimentos cognitivos inseparáveis. Habilidades de distinguir, estabelecer causalidades, são processos de pensamento que já ocorrem na fase da percepção. Os processos não podem ser separados, ocorrem continuamente. Os atos do pensamento utilizam noções sensoriais.

Podemos resgatar a ideia da *Prägnanz* nesse contexto, perceber e conceber é um processo que ocorre do geral para o específico. Assim, a mesma habilidade que permite a um indivíduo perceber as partes de uma simples figura, também o permitirá reconhecer as partes de um cenário complexo. A teoria da *Gestalt* nos induz a conhecer as partes a partir da totalidade. Dessa forma, cabe a nós educadores revertermos esse sistema falho que prioriza o conhecimento das partes visando a compreensão do todo.

3.3 CASOS CLÁSSICOS DE MOVIMENTO: MOVIMENTO UNIFORME E MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

Sabendo que Simplicio acreditava que corpos de maior massa teriam velocidades maiores em queda livre, Salviati o desafia: Ao amarrarmos um corpo mais massivo em um corpo mais leve e os soltarmos em queda livre, o corpo mais massivo será retardado pelo mais leve enquanto o mais leve terá sua velocidade aumentada pelo mais pesado. Como Simplicio concordara, Salviati lança uma segunda reflexão: Mas se amarrarmos a pedra mais pesada em uma pedra mais leve, o conjunto das duas pedras não equivaleria a uma única pedra de massa maior ainda? Logo o conjunto deveria cair com uma velocidade maior do que a velocidade da pedra mais massiva.

Os personagens citados figuram no livro *Diálogo Sobre Duas Novas Ciências* de 1638, o último livro de Galileu Galilei, no qual sintetiza muitas das suas publicações anteriores. Para evitar conflitos com a igreja católica, Galileu escreveu um longo diálogo, entre três personagens, sendo dois representantes do pensamento Aristotélico e Ptolomaico que são afrontados por Salviati, um conhecedor e defensor de propostas mais modernas, de Galileu e Copérnico. Este livro consolida a mecânica como ciência, sendo um marco para a ciência moderna. Sua ideia era atribuir as ideias polêmicas aos personagens, evitando assumir autoria, mas não foi o suficiente para livrar Galileu das acusações de heresia que o levariam a passar o resto de sua vida em privação de liberdade.

O livro é dividido em dias de diálogo e um desses dias é particularmente relevante para nosso trabalho, o terceiro dia. Nesse dia, antes de iniciar os diálogos, o autor introduz o estudo da mudança de posição (*De Motu Locali*) com algumas definições que de acordo com ele foram pouco exploradas anteriormente, como a razão entre distâncias percorridas no movimento acelerado, as formas parabólicas de objetos em lançamento oblíquo, entre outras.

Nesse texto aparece uma definição que viria a ser uma das mais populares no ensino de Física, o Movimento Uniforme. O autor visa unificar o conceito, para facilitar discussões futuras: “Entendo por Movimento constante ou uniforme, aquele no qual a distância percorrida por uma partícula em movimento, durante intervalos de tempo iguais entre si, são iguais entre si.” O autor ainda adverte que deve-se entender na definição que ela é válida para quaisquer intervalos de tempos iguais, para todos eles, pois seria possível que mesmas distâncias fossem percorridas em mesmos intervalos sem que isso acontecesse dentro de frações desses intervalos.

O autor define ainda quatro axiomas do movimento uniforme:

- Axioma 1: para um mesmo movimento uniforme, a distância percorrida em um intervalo de tempo maior, será maior do que a distância percorrida em um intervalo de tempo menor.

- Axioma 2: para um mesmo movimento uniforme, o tempo necessário para se percorrer uma distância maior será sempre maior que o tempo necessário para percorrer uma distância menor.

- Axioma 3: em um mesmo intervalo de tempo, quanto maior a velocidade, maior será o espaço percorrido.

- Axioma 4: a velocidade necessária para percorrer uma distância maior em um mesmo intervalo de tempo, será uma velocidade maior do que a necessária para percorrer uma distância menor.

O texto é apresentado para que os personagens possam discutir sobre ele na sequência, percebe-se a dificuldade em definir todos os casos possíveis sem que haja uma matemática forte ou uma unanimidade sobre os conceitos.

O autor também define o que ele chama de movimento “Movimento Naturalmente Acelerado”, ele destaca que qualquer um poderia criar descrições de movimentos artificiais com todo um conjunto de regras mas que não tenham equivalente na natureza. Sua ideia é o contrário, partir de algo que acontece na natureza, todo movimento que seja análogo ao movimento de corpos caindo será chamado de Movimento Naturalmente Acelerado. O autor parte do pressuposto que haja alguma simplicidade na natureza, e da mesma forma que um movimento uniforme tem incrementos de espaço iguais em intervalos de tempo iguais, deveria haver um movimento com incrementos de velocidade iguais em intervalos de tempo iguais.

Segundo a definição de Galileu: “Um movimento é classificado como uniformemente variado quando, partindo do repouso, ele adquire durante intervalos de tempo iguais, incrementos de velocidade iguais”. É curioso observar que nesse momento o autor ainda está trabalhando somente com um caso particular de velocidade inicial nula.

A análise de Galileu é puramente cinemática, ou seja, descreve os movimentos sem adentrar nas causas desses movimentos. Uma evolução natural dessa análise é proposta por Isaac Newton que visando compreender os motivos dos movimentos acaba por descrever as causas dos movimentos.

Para Pires (2011), um marco do maior trabalho de Newton, é uma reunião que aconteceu em Londres, entre Edmund Halley, Robert Hooke e Christopher Wren, famoso arquiteto e cientista da época. Na Reunião os três discutiam que tipo de força e trajetória os planetas deveriam estar submetidos. Halley e Hooke já acreditavam que a força deveria ser inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o Sol e os planetas e se questionavam que tipo de formato as órbitas deveriam possuir. Stephen Hawking (2005) descreve que nessa fatídica reunião, Hooke afirma já ter solucionado o problema, mas que não mostraria antes de publicar. Halley vai então até Newton e o questiona que formato teria a órbita de um planeta se a força de atração fosse inversamente proporcional ao quadrado da distância. Newton responde rapidamente que deveria ser elíptica, e que já havia realizado esse cálculo anteriormente embora não soubesse onde estavam suas anotações.

Halley sabia da importância por trás disso, comprovar a relação do inverso do quadrado da distância com o formato elíptico da órbita seria o mesmo que atribuir explicações matemáticas para as leis de Kepler. Halley então incentiva Newton chegando até mesmo a

financiar a publicação do que viria a ser o *Principia Mathematica*. Para justificar as suas contas, Newton teve que definir conceitos revolucionários como o conceito de força. Nos três volumes no qual o *Principia* se divide, Newton apresentou definições de forças e se propôs a simplificar o universo mostrando que a atração gravitacional de dois corpos quaisquer justificaria todo o movimento celeste, não havendo a necessidade de se ter uma Física para o mundo e outra para os corpos celestes. Newton traz em seu *Principia* diversos exemplos de aplicação de suas ideias que explicam a movimentação da Lua e o ciclo das marés (FRANCO, 2002).

O livro *Principia Mathematica*, publicado em 1687 revolucionou a compreensão do mundo por propor uma solução simples a partir da adoção de alguns conceitos que poderiam universalizar conteúdos diversos. Para encontrar as equações que regem o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado, podemos partir da uma das famosas leis apresentadas por Newton no *Principia*. A equação a seguir é a sua segunda lei, a qual relaciona a magnitude de uma força resultante F que atua sobre um corpo com a magnitude do momento linear p :

$$F = \frac{dp}{dt} \quad (1)$$

sendo o módulo do vetor momento linear dado pelo produto da massa m pelo módulo da velocidade do corpo, v . Utilizando a definição de momento linear e considerando a massa do corpo constante, temos que:

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right), \quad (2)$$

o que nos permite chegar em uma equação diferencial para a determinação da posição x da partícula:

$$\boxed{\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{F}{m}} \quad (3)$$

Podemos partir dessa equação diferencial para determinar a equação do movimento nos dois casos, M. U. e M. U. V.

O movimento uniforme ocorre quando a força resultante que atua sobre o corpo é nula, logo:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \quad , \quad (4)$$

o que implica em:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = 0 \quad , \quad (5)$$

ou ainda:

$$\frac{dx}{dt} = v = \text{constante} \quad . \quad (6)$$

Onde v é constante e representa a magnitude do vetor velocidade. Tomemos x_0 como a posição inicial e o tempo sendo contado a partir do instante $t_0 = 0$, assim:

$$dx' = v dt' \quad , \quad (7)$$

e integrando:

$$\Rightarrow \int_{x_0}^x dx' = v \int_0^t dt' \quad , \quad (8)$$

chegamos a:

$$\Rightarrow x - x_0 = vt \quad . \quad (9)$$

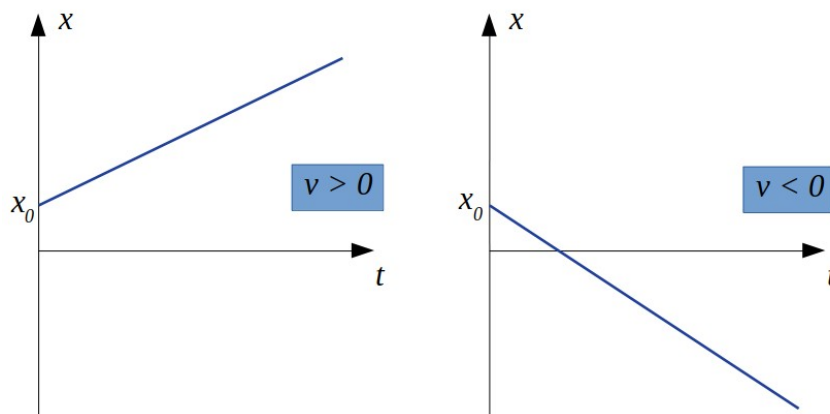
Logo, podemos definir o movimento uniforme como uma situação na qual a velocidade é constante e a posição é definida por:

$$\boxed{x = x_0 + vt} \quad . \quad (10)$$

É comum que seja definido um sistema de coordenadas sobre a trajetória do movimento de forma que tenhamos um sistema unidimensional no qual os valores crescem em um sentido e decrescem no oposto. Nessa situação, os valores de magnitude da velocidade e aceleração podem ter sinal positivo quando esses vetores estão a favor do sistema de coordenadas ou negativos quando forem no sentido oposto.

O gráfico dessa função é uma reta, por tratar-se de uma função de 1º grau que pode ser crescente ou decrescente dependendo do sinal do valor da velocidade, alguns exemplos podem ser vistos na figura 3.5.

Figura 3.5: Exemplos de gráficos do movimento uniforme. No lado esquerdo um exemplo de velocidade positiva e no lado direito um exemplo de velocidade negativa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora para estudarmos o caso do movimento uniformemente variado, podemos definir que a força é constante e diferente de zero. Na equação (3), temos:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{F}{m} \quad , \quad (3)$$

o que implica em:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{F}{m} \quad , \quad (11)$$

ou ainda:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} \quad . \quad (12)$$

Podemos reorganizar as variáveis:

$$dv = \frac{F}{m} dt \quad , \quad (13)$$

integrando:

$$\int_{v_0}^v dv' = \int_0^t \frac{F}{m} dt \quad , \quad (14)$$

chegamos a:

$$v - v_0 = \frac{F}{m} t \quad , \quad (15)$$

sendo v a velocidade do corpo, v_0 a velocidade inicial e a a magnitude da aceleração constante, podemos reorganizar para expressar a função horária da velocidade:

$$\boxed{v = v_0 + at} \quad . \quad (16)$$

Agora podemos continuar desenvolvendo a equação (15) para determinar a equação do espaço:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at \quad , \quad (17)$$

separando as variáveis:

$$dx = (v_0 + at) dt \quad , \quad (18)$$

integrando:

$$\int_{x_0}^x dx' = \int_0^t (v_0 + at) dt' \quad , \quad (19)$$

chegamos a:

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad , \quad (20)$$

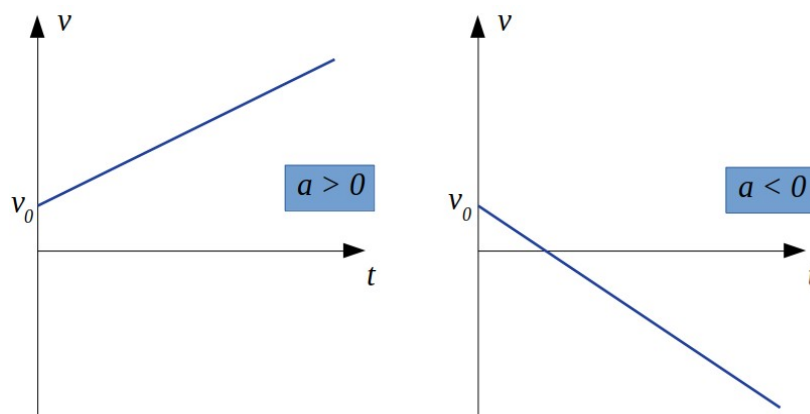
podemos isolar a posição de forma a obter a função horária do espaço:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad . \quad (21)$$

Com as conclusões das equações e considerando a aceleração constante, podemos definir a velocidade e a posição de um corpo no movimento uniformemente variado a partir das equações (16) e (21).

Quanto aos gráficos, teremos um conjunto de gráficos para a velocidade, definidos a partir de uma equação de 1º grau para a velocidade, que portanto são retas. As retas podem ser crescentes ou decrescentes, dependendo do sinal da aceleração conforme a Figura 3.6.

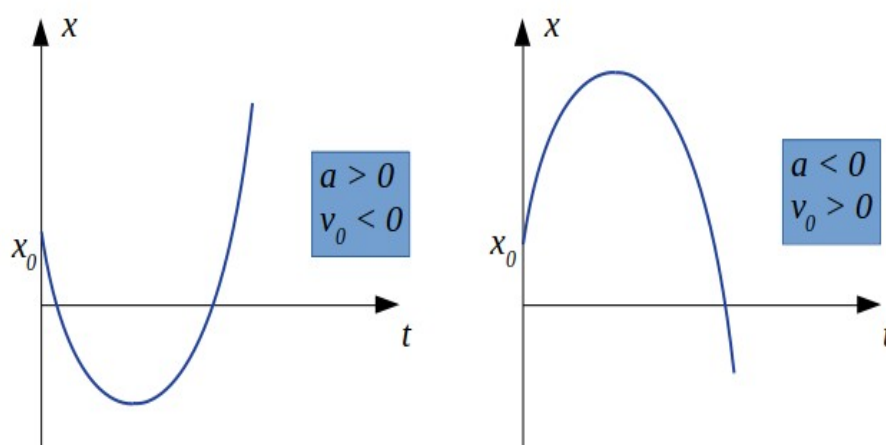
Figura 3.6: Exemplos de gráficos do movimento uniformemente variado. No lado esquerdo um exemplo de gráfico de velocidade por tempo com aceleração positiva e no lado direito um exemplo com aceleração negativa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No movimento uniformemente variado, os gráficos da posição são definidos por equações de 2º grau e, portanto, são parábolas cuja concavidade pode ser voltada para cima ou para baixo dependendo do sinal da aceleração. Se no início do movimento os sinais da velocidade e da aceleração forem diferentes, o movimento inicia retardado até a velocidade tornar-se nula e após esse instante o módulo da velocidade aumenta, entrando em movimento acelerado, conforme mostrado na Figura 3.7.

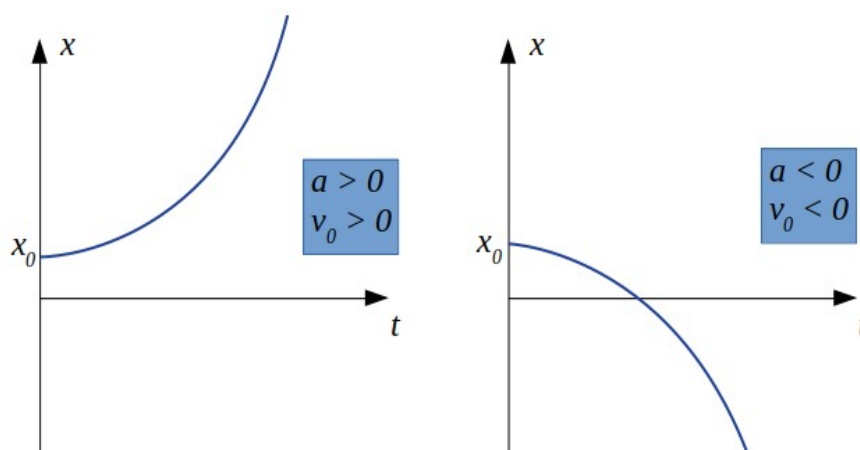
Figura 3.7: Exemplos de gráficos da posição pelo tempo no movimento uniformemente variado, quando a velocidade e aceleração iniciam em sentidos opostos. No lado esquerdo, a aceleração é positiva e no lado direito a aceleração é negativa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesses tipos de gráfico existe um vértice no qual o movimento troca de sentido, ou seja, há um máximo ou um mínimo da posição. Em contrapartida, se a velocidade e a aceleração tiverem mesmo sentido no instante inicial, não há um vértice da parábola, conforme exemplificado na Figura 3.8.

Figura 3.8: Exemplos de gráficos da posição pelo tempo no movimento uniformemente variado quando a velocidade e aceleração iniciam no mesmo sentido. No lado esquerdo aceleração é positiva e no lado direito a aceleração é negativa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É interessante notar que da equação (10), a função horária do espaço para o M.U., podemos interpretar que a posição final do corpo é dada pela posição inicial somada de acréscimos iguais em cada instante de movimento, o que condiz com os Axiomas propostos por Galileu para definir o movimento uniforme, e portanto, poderíamos chegar nesse resultado mesmo sem a aplicação de princípios de dinâmica newtoniana.

Algo semelhante ocorre na definição de “movimento naturalmente acelerado” de Galileu Galilei, é suposto que nesse tipo de movimento a velocidade teria acréscimos iguais em intervalos de tempo iguais, o que condiz totalmente com o resultado obtido na equação (16), a função horária da velocidade para o M.U.V.

Destacadas as diferenças desses dois movimentos clássicos no estudo da Física, é dentro deste conteúdo que foi aplicado nosso produto educacional, visando a compreensão desses conceitos em uma abordagem mais conceitual, conforme proposto por Galileu Galilei.

Capítulo 4

DESCRIBÇÃO DA METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Em um primeiro momento buscou-se escolher uma turma para a aplicação cujo conteúdo fosse primitivo, de forma que os alunos não tivessem muitos conceitos formados sobre o assunto. Além disso, era interessante que fosse uma matéria que privilegiasse a abordagem visual e estivesse inserida no currículo normal proposto pelo material, de forma que não atrasaria o planejamento pedagógico.

Visando satisfazer esses critérios, a atividade foi desenvolvida em uma turma de primeiro ano do ensino médio de uma escola da rede privada na cidade de Ibiúna. Ibiúna está localizada a cerca de 60km da cidade de São Paulo, na região metropolitana de Sorocaba, tem população aproximada de 100 mil habitantes e tem atividades econômicas predominantemente turísticas e agrícolas¹.

A turma é pequena, composta por 24 alunos, sendo 10 meninas e 14 meninos. Os alunos, majoritariamente, estudam no colégio desde os anos iniciais do ensino fundamental, e fazem parte da mesma turma há alguns anos. É o primeiro ano em que leciono para eles mas já trabalho nesse colégio há 6 anos, de forma que possuo bastante autonomia para a realização de projetos diferenciados à proposta tradicional do material.

A atividade foi desenvolvida visando relacionar a produção de animações ao estilo *stop motion* com os conteúdos de Física de Cinemática. A atividade completa envolve dois momentos distintos, um momento onde o professor produz os vídeos e posteriormente outro momento no qual os alunos desenvolvem seus próprios vídeos.

¹ Informações retiradas de <http://www.ibiuna.sp.gov.br/menu/a-cidade/dados>, acesso em 16/07/2020

O produto contido no apêndice da dissertação é um material instrucional às professoras e professores para que esses possam utilizar-se da técnica de produção de *stop motion* tanto para criar suas próprias animações quanto para ensinar a técnica aos seus alunos, de forma que os alunos possam produzir suas animações. Dessa forma, os dois momentos do trabalho servem para testar essas duas possibilidades distintas.

No primeiro momento, temos um exemplo de aplicação da produção de animações pelo professor como método de ilustrar conceitos cinemáticos de forma superior ao que poderia ser visualizado em uma imagem estática. Dessa forma, o professor pode utilizar-se da produção de vídeos como forma de criar ilustrações dinâmicas totalmente personalizadas à sua aula. O professor pode, através da animação, mostrar aos alunos situações complicadas de serem explicadas ou simplesmente comportamentos onde a percepção visual do problema é importante e as noções temporal e espacial não podem ser descritas totalmente de forma analítica.

No segundo momento, é proposta aos alunos uma atividade de pesquisa e produção de vídeos, onde o aluno aprenderá as noções básicas do *stop motion* o que proporciona uma noção aprofundada de como funcionam os vídeos, já que o aluno irá compor o vídeo quadro a quadro. E ao compor o vídeo relacionado aos movimentos, levando em conta os conceitos conhecidos, o aluno confrontará sua noção teórica com o desafio de explicar, prever, e ilustrar como ocorrem os movimentos. Para o movimento ser composto, quadro a quadro, a noção do aluno não pode ser estritamente analítica, tem-se um esforço de imaginação e criatividade por trás do pleno controle do tempo e do espaço para as fotografias.

Vale destacar que a primeira etapa pôde ser desenvolvida em sala de aula com os alunos, porém a segunda etapa foi realizada à distância já que a escola foi obrigada a suspender as aulas presenciais devido à pandemia de COVID 19 e à necessidade de promover-se o isolamento social como ferramenta de contenção do espalhamento do novo Corona vírus.

4.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE: DESCRIÇÃO DO PRIMEIRO MOMENTO

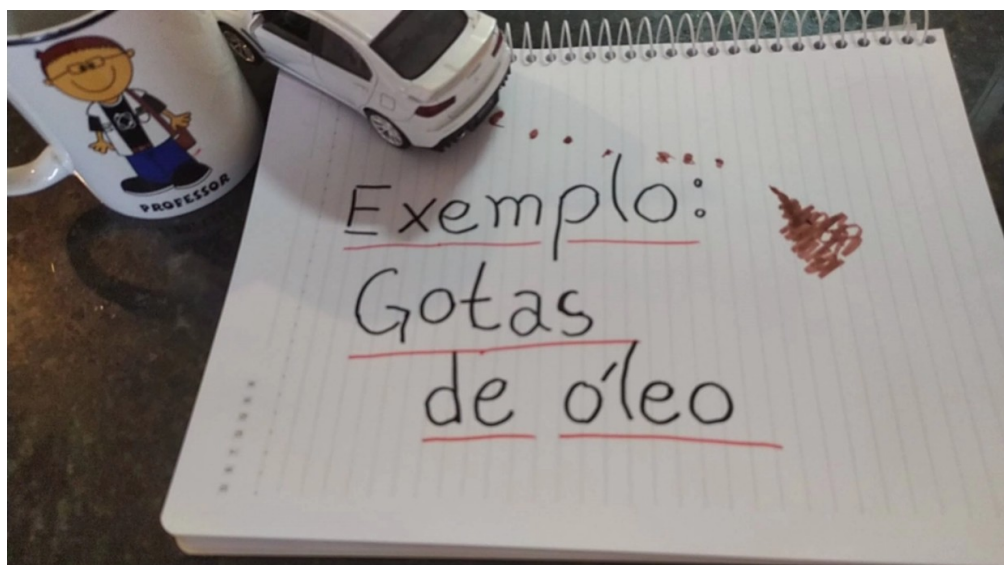
A aplicação da atividade consistiu da apresentação de dois vídeos de minha produção relacionados aos conteúdos de movimento uniforme e movimento uniformemente variado, seguidos de um questionário cujo objetivo era problematizar alguns aspectos dos conteúdos, colaborando, dessa forma, para a interpretação do material. Esse processo teve a duração de duas aulas de 50 minutos e ocorreu no primeiro mês de aula do ano 2020.

Embora a aplicação tenha sido breve, a produção dos vídeos pelo professor pode levar um tempo muito maior. Desde o início do ano foram testados aplicativos apropriados, os vídeos foram idealizados, produzidos e editados. As primeiras produções tendem a ser mais longas devido a falta de familiaridade com os métodos. Acredito que após se acostumar com o aplicativo e com as técnicas, o produtor possa produzir vídeos mais rapidamente.

Anteriormente à aplicação, trabalhamos os conceitos de movimento a partir do estudo de funções horárias do espaço. Dessa forma, estudamos a interpretação das funções de movimentos, tabelas e gráficos de uma maneira geral, sem especificar quais funções pertenceriam a cada tipo de movimento. A ideia da aplicação era introduzir as diferenças entre o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado, apresentando-os como casos particulares de movimento.

Os vídeos foram baseados em um clássico exemplo dos livros didáticos, nos quais um veículo teria um vazamento de gotas de óleo com frequência constante, que geraria marcas no chão características em cada movimento, conforme ilustra a Figura 4.1. Os vídeos mostram diversas cenas de carrinhos de brinquedo em movimento, deixando rastros que representam as gotas de óleo.

Figura 4.1: Apresentação dos vídeos, com o carrinho de brinquedo e as manchas representando as gotas de óleo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os vídeos foram projetados para evitar ao máximo a utilização da linguagem escrita, privilegiando a percepção visual dos movimentos. Com esse objetivo, os vídeos se utilizam de

marcos visuais que representam unidades de medida para o espaço, com os quais, o autor pode explicar visualmente os perfis das gotas.

Em ambos os vídeos foi utilizada uma apresentação dos movimentos ao mostrar os carrinhos se locomovendo sobre um teclado musical, nesse contexto, as próprias teclas constituem uma unidade de medida. Esse caso é visto na Figura 4.2 em um momento onde o carrinho se movimenta uniformemente e em outro no qual ele é intencionalmente freado uniformemente.

No caso do movimento uniforme, também utilizou-se cartas de baralho como unidade de medida para verificar que o distanciamento entre gotas era constante como ilustra a Figura 4.3. Já no vídeo de movimento uniformemente variado, a expectativa era de tentar não só mostrar que os deslocamentos não eram constantes nos intervalos de tempo, mas determinar visualmente uma espécie de lei, que permitisse prever o posicionamento das gotas futuras. Para tal, foram utilizados quadrados de papel para medir as distâncias entre gotas, destacamos de forma geométrica a relação quadrática entre o espaço percorrido e tempo. como ilustrado na Figura 4.4.

Figura 4.2: Recortes dos vídeos mostrando as gotas sobre o teclado. As teclas servem como uma unidade de medida visual.



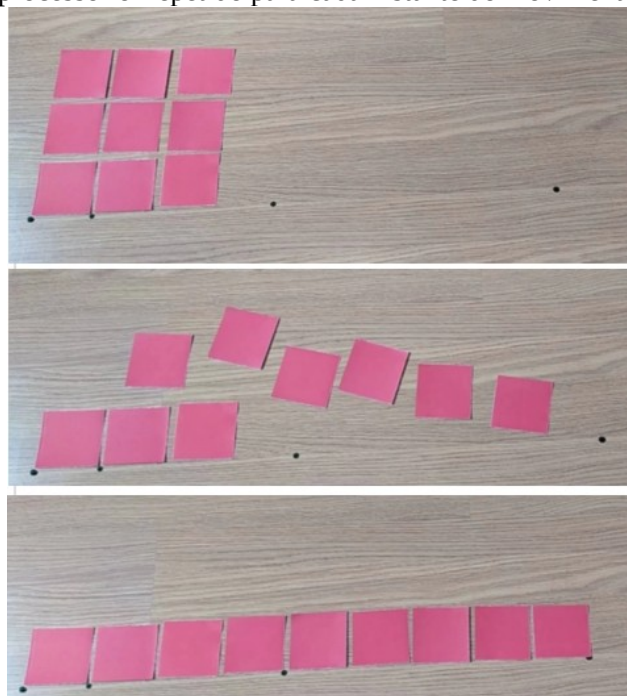
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.3: recorte de quadro do vídeo no qual as cartas de baralho são utilizadas para demonstrar os deslocamentos constantes no movimento uniforme.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.4: Nesse momento mostra-se a distância da gota no terceiro instante do movimento uniformemente variado. Nota-se a relação quadrática na distância percorrida nesse instante. O processo foi repetido para cada instante do movimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os vídeos podem ser assistidos nos links a seguir:

movimento uniforme: https://youtu.be/KJ40d3XD_MA ;

movimento uniformemente variado: <https://youtu.be/6IUd8Y9n5t0> .

Para a aplicação os alunos foram levados para a sala de vídeo do colégio. Expliquei para a turma a ideia das gotas de óleo e destaquei que os fenômenos dos vídeos consideravam as

gotas caindo com frequência constante. Os vídeos foram repetidos algumas vezes e orientei os alunos a prestarem uma atenção especial aos momentos em que apareciam as cartas ou quadrados de papéis, já que o questionário faria perguntas específicas sobre esses momentos.

Ao final das apresentações, antes mesmo que fosse distribuído o questionário, diversos alunos demonstraram satisfação em compreender a diferença entre os vídeos. Um aluno comentou ao final da exibição do segundo vídeo: “As distâncias são diferentes, porque ele vai andando mais rápido...” e outros alunos concordaram com ele.

Na sequência retornamos para a sala de aula onde os alunos responderam ao questionário composto pelas seguintes questões:

1. No vídeo do movimento uniforme, qual o significado das cartas de baralho, o que o autor quis mostrar?
2. No vídeo do movimento uniformemente variado, o que o autor quis mostrar com os quadrados vermelhos de papel?
3. Após observar os vídeos, qual a sua percepção sobre a diferença entre o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado? Explique com suas palavras o que você percebeu.
4. Lembrando das aulas sobre funções horárias do movimento, você conseguiria determinar que tipo de função descreve o movimento em cada um dos vídeos?

Resgatando algumas ideias do nosso referencial teórico, os vídeos foram elaborados de forma a privilegiarem o processo de percepção da Boa Forma da Gestalt. Os princípios de fechamento, similaridade, continuidade e proximidade já fazem parte dos processos mentais dos alunos, mas até que ponto estes princípios podem substituir uma elaboração verbal e matemática na aprendizagem?

O questionário foi elaborado com a intenção de compreender a percepção dos alunos sobre os vídeos. Ao lecionar esse conteúdo em anos anteriores, segui a proposta feita pelo material que consiste na interpretação de funções, interpretação e montagem de gráficos e utilização de fórmulas em situações problema. Nesse ano, logo após apresentação das ideias gerais de função de movimento e gráficos entramos com a apresentação desses vídeos, de forma que a primeira noção que eles teriam do M. U. e M. U. V. seria uma demonstração visual ao invés da apresentação das fórmulas. As perguntas do questionário visavam estudar a influência da inserção dessa apresentação visual como introdução do conteúdo:

seriam as animações capazes de trazer elaborações mais complexas? Que tipo de apropriação do conteúdo os alunos apresentam?

Confirmando as críticas de Arnheim apresentadas anteriormente, a apostila do colégio segue a tendência dos sistemas de ensino tradicionais de apresentar os conteúdos privilegiando uma apresentação intelectual em detrimento de uma apresentação intuitiva. Em uma tentativa de reverter essa situação, fizemos uma atividade pontual enquanto que na formação dos alunos essas condições de detrimento da percepção foram constantes, de forma que os resultados dos questionários podem nos dar um panorama de uma abordagem alternativa mas a nossa proposta não deveria ser resumida a um momento didático, e sim deveria ser uma reestruturação de todas as aulas de forma a inserir a ideia de intuição na sala de aula.

Ao responderem o questionário, os alunos foram orientados a discutirem as percepções com seus colegas, porém cada aluno respondeu individualmente ao seu próprio questionário. Para desestimular que os alunos copiassem respostas, foi explicado que a participação na atividade não seria avaliada pela acurácia das respostas e que, portanto não deveriam se preocupar em acertar as questões, mas sim em demonstrar sua visão sobre as animações.

4.2 PRODUÇÃO DOS VÍDEOS: DESCRIÇÃO DO SEGUNDO MOMENTO

Após a apresentação dos vídeos e o trabalho com o questionário, nas aulas seguintes foi retomado o conteúdo teórico da apostila relacionado com as áreas de movimento uniforme e uniformemente variado.

Pouco após essas aulas a escola suspendeu suas atividades presenciais devido à pandemia de COVID 19, dessa forma o restante do trabalho foi adaptado para ser realizado à distância.

Nessa etapa, foi proposta aos alunos uma atividade de produção de vídeos na qual eles puderam produzir suas próprias animações a partir da utilização do aplicativo descrito anteriormente. Para a confecção dos vídeos foram programadas cinco etapas, realizadas semanalmente e representadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Cronograma de orientações e propostas de trabalhos.

	Orientação do professor	Proposta de trabalho
1ª semana	Tutorial de utilização do aplicativo	Criação de uma animação teste.
2ª semana	Orientação sobre os roteiros e testes de filmagens	Pesquisa teórica sobre os movimentos
3ª semana	Coleta dos roteiros e pesquisas, orientação sobre o início dos vídeos	Criação de um roteiro para os vídeos
4ª semana	Orientação sobre as produções	Produção das animações
5ª semana	Compartilhamento dos vídeos	Entrega das animações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira semana pretendia-se realizar uma oficina baseada no manual de confecção de *stop motion* proposto no nosso produto. Devido à suspensão das aulas presenciais, essa etapa foi adaptada para uma proposta em texto em conjunto com um vídeo tutorial de utilização do aplicativo, com exemplos de aplicação das ferramentas presentes na interface do aplicativo. Os alunos foram convidados a testarem em seus próprios celulares. Foram mostrados exemplos de vídeos que utilizam modelos tridimensionais e outros baseados em colagens bidimensionais. Nesse primeiro momento esperava-se que os alunos testassem o aplicativo, conseguissem entender como a substituição rápida de imagens cria o efeito do vídeo e pensar em possibilidades de gravação. Ainda não havia preocupações com os conceitos físicos. Foi pedido que submetessem suas produções para que pudessem ser avaliadas.

Na sequência, na segunda semana, foi sugerido que os alunos pesquisassem o conteúdo de movimento uniforme e uniformemente variado. Foi sugerido que definissem os movimentos, explicassem detalhadamente as diferenças nas visualizações desses movimentos e focassem nos detalhes que seriam indispensáveis para a produção do vídeo.

Foi explicitado que ao final da pesquisa eles deveriam saber explicar detalhadamente como o espaço e a velocidade se comportam nos dois tipos de movimento e até mesmo desenhar e representar gráficos. Essa etapa seria essencial para a montagem dos vídeos. No *stop motion*, o tempo estará no intervalo constante entre os quadros e o espaço estará na fotografia, de forma que devem ser bem conhecidos.

Dando continuidade, na terceira semana, a proposta era que os alunos realizassem roteiros com ideias de possíveis vídeos e que formalizassem por escrito de forma a poderem entregar um material a ser avaliado. Os roteiros deveriam estar relacionados com a

representação de movimentos uniformes e uniformemente variados. A expectativa era de que detalhes que tivessem escapado quando os alunos foram expectadores dos vídeos, fossem percebidos agora quando eles tomassem a posição de produtores. Esses roteiros deveriam estar preocupados com a representação e não com o conceito físico. Foi sugerido que desenhassem e escrevessem o roteiro de forma a conseguirem responder algumas perguntas sobre a futura produção: “Como você vai produzir? Vai usar modelos tridimensionais? Vai usar colagens bidimensionais sobre uma folha? Vai desenhar os traços em uma folha? Como você vai mostrar as diferenças nos movimentos? Como deve ficar o seu vídeo no final da produção?”.

Ainda na terceira semana foi sugerido que poderiam iniciar a produção dos vídeos assim que fossem terminando os roteiros, sendo reservadas mais duas semanas, após o prazo máximo de entrega dos roteiros, para que os alunos pudessem entregar suas produções de vídeo finais. Nessas semanas o professor esteve à disposição para eventuais orientações.

A orientação aos alunos ocorreu via plataforma digital, Google Classroom e também por grupos no aplicativo Whatsapp. Os alunos enviaram dúvidas que apareceram no percurso, desde as possibilidades de temas do roteiro até problemas com o manuseio do aplicativo de gravação.

Ao fim da quinta semana, os grupos compartilharam os vídeos entre si. Originalmente haveria mais uma etapa de discussão com os alunos de forma conjunta, porém devido à suspensão das aulas presenciais essa etapa não pode ser completada.

Na conclusão do primeiro momento, foram recolhidas as respostas dos alunos ao questionário e ao fim do segundo momento os alunos entregaram animações de teste do aplicativo, pesquisas sobre os movimentos, roteiros de produção de vídeo e animações relacionadas aos movimentos.

Capítulo 5

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Podemos finalmente fazer uma análise das produções dos alunos coletadas no primeiro e no segundo momento. Discutiremos nas seções seguintes as respostas dos alunos ao questionário realizado no primeiro momento de aplicação e também analisaremos a coletânea de produções dos alunos realizadas no segundo momento de aplicação.

5.1 OS ALUNOS COMO EXPECTADORES: EXIBIÇÃO DE VÍDEOS

Após os alunos assistirem os vídeos propostos pelo professor para comparar visualmente o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado foram coletados os questionários com suas respostas. A seguir analisaremos cada uma das questões, destacando algumas categorias de respostas que puderam ser observadas. É importante destacar que não cabia nesse momento tentar categorizar de forma rígida o que poderia ser considerado correto, ou incorreto, por isso as respostas foram consideradas satisfatórias ou insatisfatórias somente para nossa análise. Não houve o objetivo de atribuir uma nota às respostas já que estávamos analisando a percepção dos alunos sobre nossa produção de vídeo e suas noções de movimento.

5.1.1 Análise da questão 1

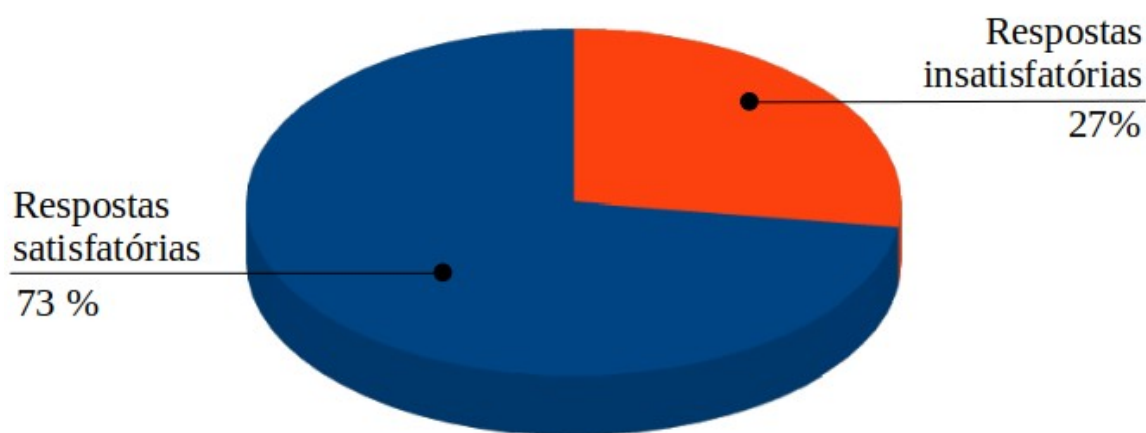
“No vídeo do movimento uniforme, qual o significado das cartas de baralho, o que o autor quis mostrar?”

As respostas dessa pergunta puderam ser classificadas em três categorias, mostradas na tabela 5.1, sendo que as categorias A e B configuram respostas satisfatórias à resposta, enquanto que a categoria C é uma resposta insatisfatória, conforme representação na figura 5.1.

Tabela 5.1: Descrição das categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 1.

Categorias	Descrição	Quantidade de alunos
A	Percebeu que as cartas servem para destacar espaços iguais.	14
B	Compreendeu que as cartas são uma unidade de medida para a distância mas não destacou a questão da distância ser constante.	2
C	Não definiu claramente se o tempo ou o espaço eram constantes	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.1: Gráfico referente à questão 1.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A expectativa das respostas dessa pergunta era de que os alunos percebessem que as cartas estão no vídeo para servir de unidade de medida e para mostrar que o espaço medido em intervalos de tempos iguais seria também igual.

Antes da apresentação do vídeo houve uma explicação do exemplo, principalmente destacando que o problema representado no vídeo era o de um carro que ao descrever movimentos estaria gotejando óleo no chão com frequência constante. A maioria das respostas enquadraram-se na categoria A, na qual apareceu a resposta satisfatória que as cartas estavam lá para representar os espaços iguais entre as gotas, porém, nenhum aluno relacionou que se o veículo percorria espaços iguais em tempos iguais, sua velocidade seria constante.

Para ilustrar, uma aluna respondeu que as cartas do baralho estavam no vídeo para mostrar “Que o movimento não varia, segue sempre uma ‘mesma ordem’ em relação ao espaço de uma carta para outra”, outro aluno afirma que “já que as cartas tem o mesmo tamanho, quis mostrar que a distância era a mesma”.

O conceito de velocidade média já havia sido estudado, mas nenhum aluno se arriscou a falar nada sobre a velocidade. Mais preocupante ainda foram os alunos na categoria C, que representam cerca de 27% da sala e não diferenciaram de maneira satisfatória as grandezas de tempo e espaço. Alguns desses alunos sugeriram que as cartas mostravam o tempo constante entre as gotas. Uma aluna, por exemplo, diz que “As cartas no vídeo significaram os espaços de tempo que o óleo foi pingando”, outro aluno afirmou que as cartas representariam “a frequência que as gotas de óleo caem do carro”.

Por fim duas respostas na categoria B apresentaram respostas incompletas, os alunos compreenderam que as cartas estavam lá para medir o espaço, mas não destacaram o importante fato das distâncias serem iguais entre as gotas. Para exemplificar, uma aluna respondeu que as cartas estavam no vídeo para mostrar “a diferença entre o espaço e o tempo que foi usado na animação”, outro aluno responde “A intensidade do movimento e a distância do pingo do óleo sobre as cartas”.

5.1.2 Análise da questão 2

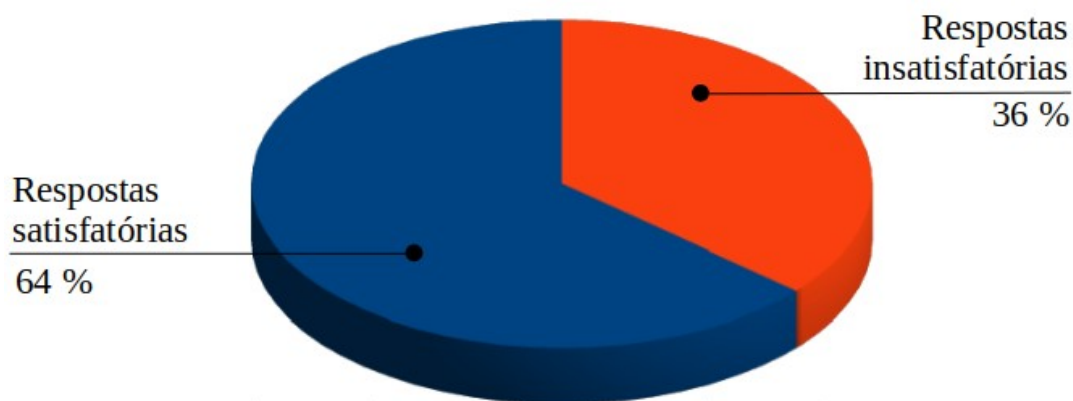
“No vídeo do movimento uniformemente variado, o que o autor quis mostrar com os quadrados vermelhos de papel?”

Sobre essa questão puderam ser feitas quatro categorias representadas na tabela 5.2, sendo que as categoria A e B tiveram respostas aceitáveis enquanto que C e D foram consideradas insatisfatórias, conforme mostra a figura 5.2.

Tabela 5.2: Categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 2.

Categorias	Descrição	Quantidade de alunos
A	Percebeu que as distâncias são diferentes entre as gotas mas não citou nada sobre a velocidade.	10
B	Identificou que as distâncias que eram variáveis e que os quadrados servem para mostrar uma proporção, embora não consiga expressar qual proporção. Também não citou nada sobre a velocidade.	4
C	Pensou que o tempo entre as gotas variou	5
D	Falta de clareza.	3

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 5.2: Gráfico referente à questão 2.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quase metade da sala se enquadrou na categoria A, essa categoria é parcialmente correta, as respostas afirmavam haver uma diferença nos espaços percorridos em cada tempo. Uma aluna dessa categoria respondeu que “Os quadrados vermelhos de papel tem a função de mostrar que alguns pingos não apresentam a mesma distância”.

A categoria B com suas quatro respostas complementa um total de 14 respostas satisfatórias, embora houvesse algumas suposições erradas nessa categoria, os quatro alunos na categoria B perceberam que a intenção dos quadrados era mostrar um padrão e eles tentaram elaborar uma lei para esse movimento. Nas duas categorias ainda não apareceram referências à questão da velocidade. Os alunos concluíram que o espaço era diferente em mesmos intervalos de tempo, porém não indicaram a velocidade como um fator influenciador. Como exemplo, um aluno responde “com os quadrados quis mostrar que do primeiro para o segundo era 1 quadrado, do segundo para o terceiro era 4 quadrados, do terceiro para o quarto era 9 quadrados e assim vai...”.

A categoria C é composta em parte pelos mesmos alunos que confundiram na questão 1 as grandezas de tempo e distância. Aqui esse erro se repete e é feita a suposição que no movimento uniformemente variado a distância entre as gotas é diferente pois varia o tempo entre as gotas. Como exemplo, uma aluna responde “Ele quis mostrar basicamente o mesmo significado das cartas de baralho, porém em tempos variados”.

A categoria D por fim teve respostas curtas e confusas, algumas tem interseções com a categoria C, porém não foram bem elaboradas o suficiente para se ter certeza. Para ilustrar, um aluno afirmou “O espaço de tempo que as gotas caem”, outro respondeu “Quis mostrar a proporção”.

5.1.3 Análise da questão 3

“Após observar os vídeos, qual a sua percepção sobre a diferença entre o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado? Explique com suas palavras o que você percebeu.”

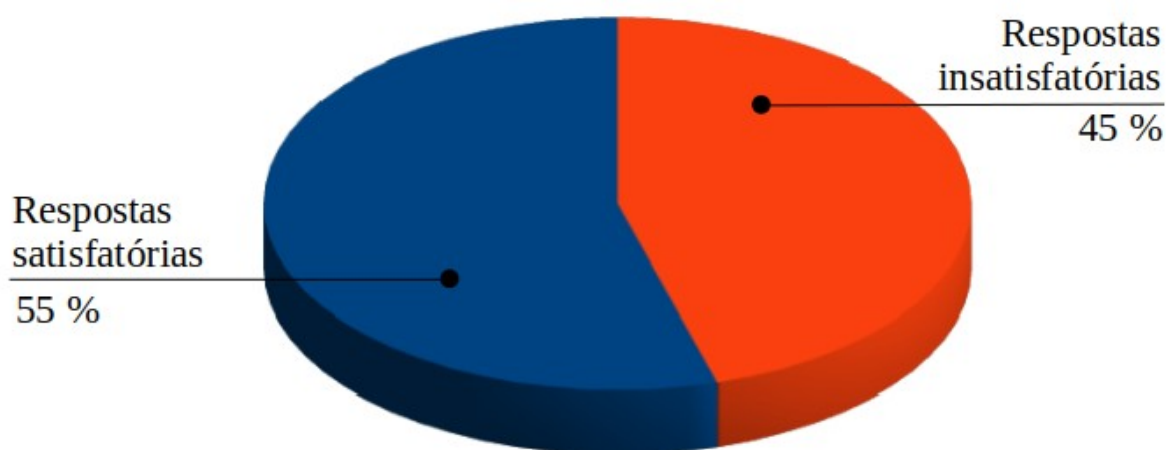
Sobre essa questão puderam ser feitas quatro categorias representadas na tabela 5.3, sendo que as categoria A e B tiveram respostas aceitáveis enquanto que C e D foram consideradas insatisfatórias, conforme representado na figura 5.3.

Tabela 5.3: Categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 3.

Categorias	Descrição	Quantidade de alunos
A	Percebeu que a diferença está no padrão de quantidade de espaço percorrida a cada instante e descreveu corretamente o comportamento da velocidade.	3
B	Percebeu que a diferença está no padrão de espaços percorridos, porém não usou o conceito de velocidade em sua explicação.	9
C	Pensou incorretamente que a diferença entre os movimentos estava na variação de tempo entre as gotas.	8
D	Falta de clareza.	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.3: Histograma referente à questão 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira categoria contém respostas bem completas, aqui finalmente aparecem descrições da velocidade. Como exemplo, um aluno respondeu “ A maior diferença é que o movimento uniforme, como o próprio nome já diz, a velocidade e o intervalo de tempo são contínuos. Já o movimento Uniformemente Variado tem suas dimensões de espaço de uma gota a outra serão sempre diferentes”. Outro aluno respondeu “No movimento uniforme, a

velocidade do corpo se mantém constante. Já no movimento uniformemente variado a velocidade varia durante o movimento”.

Os alunos da categoria A afirmaram corretamente que a velocidade se manteria constante no M. U. enquanto seria crescente ou decrescente no M. U. V., a categoria A foi composta somente por três alunos. A categoria B está razoavelmente correta também, o que faz com que 12 alunos tenham respondido satisfatoriamente, dentre os 22 participantes. As respostas na categoria B descrevem corretamente algumas diferenças entre os movimentos, porém baseiam-se somente na questão do espaço. Um exemplo de resposta da categoria B foi “No movimento uniforme a distância permanece sempre igual, já no variado a distância varia”.

A categoria C na questão 3, reflete erros das questões anteriores, novamente os alunos confundiram-se com as grandezas de espaço e tempo e afirmam que o que muda entre os movimentos é a frequência de gotejamento. Por fim, na categoria D as respostas foram curtas e inconclusivas.

5.1.4 Análise da questão 4

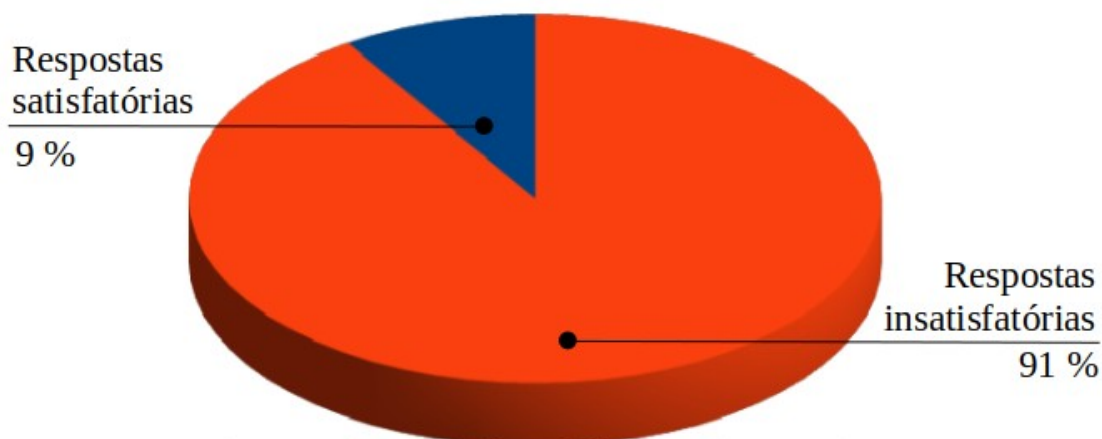
“Lembrando das aulas sobre funções horárias do movimento, você conseguiria determinar que tipo de função descreve o movimento em cada um dos vídeos?”

Nessa questão as categorias A e B podem ser consideradas parcialmente corretas enquanto que a categoria C é insatisfatória. A tabela 5.4 e a Figura 5.4 mostram os resultados.

Tabela 5.4: Descrição das categorias de resposta e quantidade de alunos em cada categoria para a questão 4.

Categorias	Descrição	Quantidade de alunos
A	Identificou corretamente que o movimento uniforme deveria ser dado por uma função de 1º grau	1
B	Compreende o conceito de função e tentou escolher valores e criar coordenadas de espaço e tempo	1
C	Não compreende ao certo o significado de função, a resposta foi incoerente com a pergunta.	20

Fonte: Pesquisador

Figura 5.4: Gráfico referente à questão 4.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa questão mostrou-se mais complicada e a maioria das respostas dos alunos, 20 dos 22, ficaram na categoria C. As respostas dessa categoria mostraram-se incoerentes aparentemente pela não compreensão do significado da palavra função. No início do ano, conforme proposto pelo material, foi trabalhado o conceito de funções do movimento de forma genérica. Nesse momento estudou-se as funções de espaço em relação ao tempo, $S = S(t)$, e as propriedades gráficas de funções. Aparentemente no 1º ano os alunos ainda não conseguem relacionar muito bem os conceitos de Física e Matemática, pois eles já estudaram funções em matemática, mas parecem ter dificuldades para responder até mesmo o significado do conceito função. Como exemplo, um aluno respondeu “Movimento uniforme e variado”, houve várias respostas semelhantes.

Os dois alunos que não erraram essa questão constituem as categorias A e B. A resposta da categoria A identificou que a função do M. U. deveria ser de 1º grau, porém não conseguiu elaborar uma resposta para o movimento variado.

A resposta da categoria B mostra o conhecimento do significado de função. O aluno tentou desenhar as questões e colocar um referencial de medida, de forma que chegou até a montar tabelas com os valores de espaço em função do tempo para valores que ele supôs. Faltou nesse aluno o raciocínio para transformar as tabelas em funções matemáticas.

As animações foram construídas de forma que o cérebro tenda a compreender os padrões e queira se antecipar. Ao estimular a percepção dos alunos com vídeos baseados em princípios Gestaltistas como o da continuidade e de fechamento, eles desenvolvem uma boa noção visual do fenômeno. As respostas das duas primeiras perguntas mostram que essa atividade permitiu que os alunos tivessem uma compreensão visual do fenômeno a partir de duas curvas

animações que não totalizaram dois minutos de duração. Em um curto intervalo de tempo no qual as animações poderiam ser vistas e revistas, seria muito difícil conseguir sintetizar os conteúdos de alguma outra forma.

As dificuldades dos alunos nas duas perguntas finais destacam a separação da intuição e intelecto de forma mais clara. É possível haver desenvolvimento da percepção temporal e espacial dos alunos sem que haja um desenvolvimento notável na utilização de mecanismos formais da matemática e vice-versa. A atividade garantiu uma compreensão adicional que normalmente seria desprezada pelo material didático mas não pode substituir o treino de habilidades que, normalmente, são exercitadas no ensino de física, tais como resolução de problemas, deduções, etc. Fica evidente também que os alunos não conseguiram aplicar o conhecimento de funções para descrever a situação. Embora eles conheçam a ferramenta matemática formal das funções, a aplicação em uma situação visual não se deu de forma automática.

Isso reforça nossa ideia de que há uma desconexão entre a intuição e o intelecto construída através dos anos. Os alunos estão continuamente em contato com induções matemáticas e explicações verbais mas não conseguem estabelecer uma conexão com a intuição. As potencialidades de atividades que exercitem a intuição são enormes mas não poderão se manifestar em uma aplicação isolada, e sim em uma utilização contínua no cotidiano da sala de aula.

5.2 PRODUÇÃO DE VÍDEOS: OS ALUNOS COMO PRODUTORES

Na primeira etapa da produção, a partir do vídeo tutorial do aplicativo, os alunos foram desafiados a testar o aplicativo e deveriam entregar uma pequena demonstração de produção de vídeo. Como o trabalho foi realizado a partir de abril, logo no início das aulas remotas, os alunos ainda estavam com dificuldades de se organizar quanto à entrega de trabalhos. Somente dez alunos entregaram os vídeos de teste, praticamente a metade da sala.

Em um momento relativamente incomum na aula de Física, os alunos puderam manifestar sua criatividade artística e os resultados foram diversos. A maioria das animações envolviam brinquedos, alguns alunos compreenderam e se utilizaram da técnica de desenhos sobre o papel, técnica particularmente interessante pela facilidade de se desenhar os seus objetos e também pelo apelo visual gerado pelo movimento dos, tipicamente estáticos, desenhos feitos a mão.

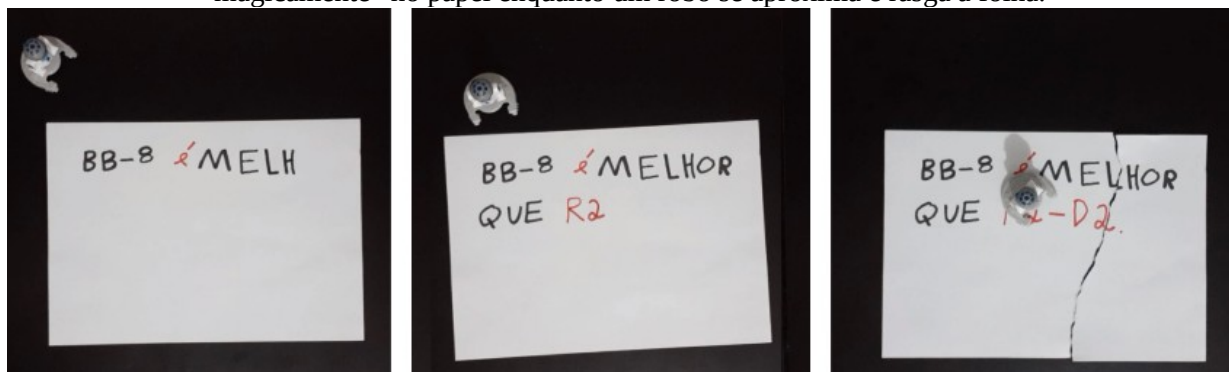
Nas figuras seguintes, 5.6, 5.7 e 5.8, podemos ver alguns quadros exemplificando as produções dos alunos.

Figura 5.5: Animação de um Jogo de Xadrez. O vídeo mostra um jogo onde as peças se movem sozinhas.



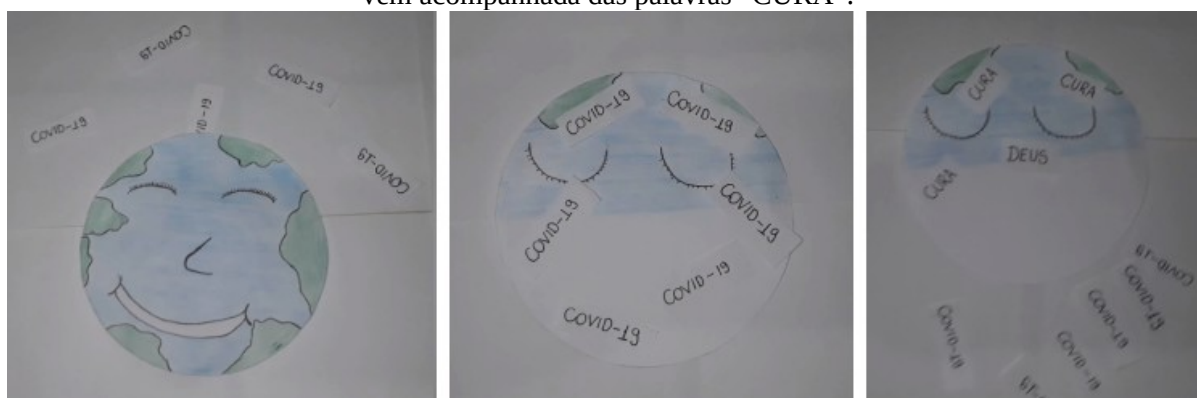
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.6: Animação de um robô rasgando uma folha. Nesse vídeo as palavras vão sendo escritas “magicamente” no papel enquanto um robô se aproxima e rasga a folha.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5.7: Animação da COVID-19 sendo derrotada por figura mitológica. Nesse vídeo o aluno ilustra o planeta Terra sendo acometido pelas palavras “COVID-19”, enquanto que a palavra “DEUS” vem acompanhada das palavras “CURA”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No geral, percebe-se que os alunos compreenderam a potencialidade do *stop motion* para criar vídeos com movimentos impossíveis de serem filmados. Palavras se escrevendo sozinhas, brinquedos se movendo autonomamente, ou ainda as peças de xadrez são situações fascinantes que não poderiam ser filmadas continuamente. Em outro exemplo um aluno interpretou um ato de “magia” no qual ele foi modelo e mostrou trocas instantâneas de roupa. Essa utilização do *stop motion* para criar efeitos especiais remete à própria origem da técnica.

Dentro dessa liberdade que os alunos tiveram para criar suas temáticas podemos identificar também alguns problemas que transcendem a esfera escolar, como o caso de um aluno que escolheu fazer uma breve animação envolvendo movimentos de um isqueiro e um cigarro.

Na segunda parte do trabalho foi pedido aos alunos que realizassem uma pesquisa sobre o M. U. e M. U. V. que deveria servir de base teórica para as produções finais. Treze alunos entregaram esse trabalho, uma quantidade um pouco maior que da primeira atividade, porém os resultados não foram muito satisfatórios. Muitos dos trabalhos foram extremamente curtos com definições copiadas dos movimentos. Talvez em uma situação presencial com uma orientação mais constante os resultados pudessem ser melhores, mas à distância a comunicação fica prejudicada, o que atrapalhou muito essa etapa.

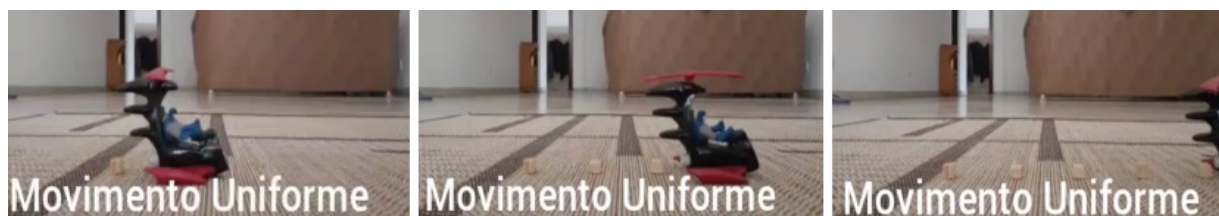
A utilização de vídeos pelo professor como realizamos no primeiro momento tem um potencial de ilustração na situação remota, complementando explicações compensando a nossa relação com a lousa, tão prejudicada nas condições emergenciais. Por outro lado, em uma atividade como a do nosso segundo momento, as condições de aulas remotas dificultam a comunicação, comprometendo a orientação dos alunos, o que torna essa aplicação mais complicada.

Apesar de nenhum trabalho ter sido plenamente satisfatório, cinco dos treze trabalhos entregues foram um pouco mais elaborados. Mesmo nesses casos, os alunos acabaram realizando explicações muito típicas dos livros didáticos, tradicionais, fugindo da proposta de imaginar e tentar explicar os movimentos a partir de uma análise mais visual, é provável que essas pesquisas não tenham sido relevantes para a produção dos vídeos posteriores.

Os roteiros desenvolvidos também foram demasiadamente simples. Muitos limitaram-se apenas à uma frase ou duas. Na realidade, os roteiros se pareceram mais com curtos informes do que o aluno planejava fazer, sem muitos detalhes, focando mais no material que usaria. Somente nove dos vinte e dois alunos entregaram.

Na última etapa somente seis alunos entregaram os vídeos produzidos por eles ilustrando os movimentos estudados. Nas figuras 5.9, 5.10 e 5.11, são realizados alguns destaques em um dos vídeos produzido por um aluno.

Figura 5.8: Quadro de uma das animações realizada por um aluno. No quadro o veículo de “Batman” derruba caixas, marcando posições no chão.



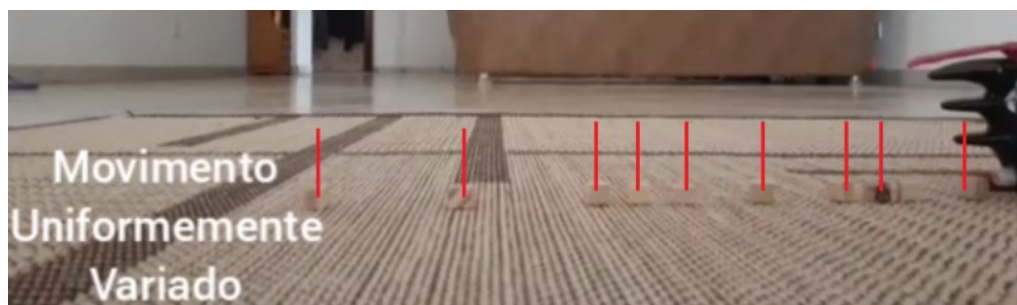
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.9: Destaque dos quadros anteriores no M. U. Podemos verificar que o aluno preocupou-se em colocar as caixas em distâncias aproximadas para o caso do M. U.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.10: Destaque dos quadros no M. U. V.. O destaque permite verificar que o aluno acabou colocando distâncias aparentemente aleatórias no caso do M. U. V.



Fonte: Elaborado pelo autor

As três imagens anteriores mostram alguns quadros de um dos vídeos no qual podemos destacar algumas características. Primeiramente, chama a atenção o fato dessa animação ser uma versão da animação desenvolvida pelo professor. No exemplo do professor, um carro goteja óleo pela pista, já no do aluno, um veículo derruba caixas.

Um segundo ponto a se destacar é que, embora o aluno não fale nada sobre os intervalos de tempo, no movimento uniforme parece haver algum sentido nas distâncias serem aproximadamente iguais. Já no caso do M. U. V., o aluno parece colocar uma certa aleatoriedade nas distâncias entre caixas, não correspondendo à realidade. Assistindo a cena também não se consegue observar variações de velocidade.

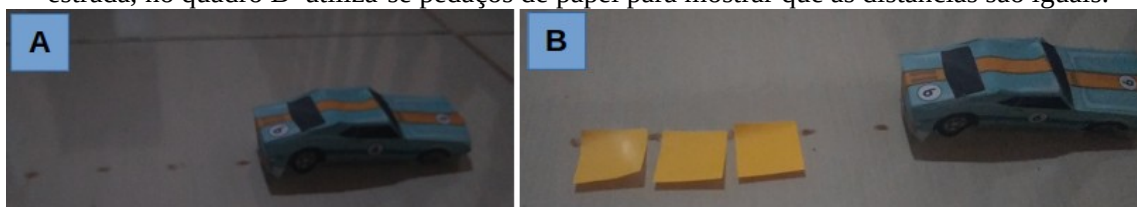
Essas características destacadas se repetiram em mais cinco dos vídeos apresentados, formando um conjunto de vídeos que imitam o exemplo do professor, ilustram o movimento uniforme mas não conseguem mostrar o movimento uniformemente variado. As figuras 5.12 e 5.13, mostram quadros de outros vídeos nessa mesma categoria.

Figura 5.11: Lata de refrigerante deixa amendoins no caminho. No quadro A as distâncias são iguais caracterizando M. U. No quadro B o aluno usa distâncias aleatórias para ilustrar um M. U. V.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.12: Reprodução completa do exemplo do professor. No quadro A o veículo goteja na estrada, no quadro B utiliza-se pedaços de papel para mostrar que as distâncias são iguais.



Fonte: Elaborado pelo autor

Somente um dos alunos teve uma ideia simples e original para a representação dos movimentos. Esse aluno utilizou-se de veículos passando em estradas com placas que ilustravam marcos quilométricos. O caso do M. U. ficou bem representado e o caso do M. U. V. mostrou uma redução nos espaços percorridos em cada intervalo de tempo embora a relação dos valores não tenha ficado clara. Nas figuras 5.14 e 5.15 podemos ver alguns quadros desse vídeo. Na situação do movimento uniformemente variado o aluno utiliza um

avião passando por marcos quilométricos, enquanto que no movimento uniforme utiliza uma pequena van.

Pode-se destacar um erro na representação do M. U. V.: em um primeiro momento o avião se desloca do marco de 8km até o de 18km e em um segundo intervalo de tempo do marco de 18km até o de 23km, ou seja, o espaço percorrido na segunda parte foi metade do percorrido na primeira, o que por si só não é um problema. O problema é que embora isso esteja claro nos números não se percebe na imagem que o segundo trecho tenha metade do tamanho do primeiro, pelo contrário, parecem ter tamanhos semelhantes.

Figura 5.13: Placas quilométricas indicam que o veículo percorre distâncias iguais no M. U.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.14: Placas quilométricas indicam que o veículo percorre distâncias no M. U. V.



Fonte: Elaborado pelo autor

É importante notar que o aluno que conseguiu fazer um trabalho original e a melhor representação, não se incomodou em escrever os valores com metade do tamanho e representar os tamanhos iguais na mesma situação. Nesse exemplo, fica explícita a dissociação da compreensão lógica da percepção espacial.

Apesar das dificuldades conceituais dos alunos, principalmente na elaboração dos roteiros, a atividade de produção de animações acaba sendo um teste do funcionamento do manual proposto no produto do mestrado. O vídeo tutorial produzido explica praticamente todas as etapas descritas no manual e o *link* para esse tutorial está disponível no texto do produto educacional. A aplicação remota dessa atividade fez com que o tutorial fosse mais importante do que em uma situação presencial, pois a grande maioria dos alunos não teve orientação direta do professor. Dessa forma, se o tutorial pode servir de orientação para que os alunos aprendessem a utilizar o aplicativo *Stop Motion Studio* é de se esperar que o manual proposto como produto educacional seja mais do que o suficiente para que os professores possam iniciar as suas produções de animações.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de produções de vídeo em sala de aula pelo professor gera exemplos visuais totalmente dinâmicos e personalizados. Tem potencial para representação de experimentos que seriam difíceis de serem reproduzidos em sala de aula.

Com a situação excepcional das aulas não presenciais o professor foi obrigado a aderir às novas tecnologias e adaptar suas aulas para um cenário totalmente diferente. Algumas situações e experimentos que já eram difíceis de explicar presencialmente tornaram-se grandes empecilhos quando tentamos adaptá-los a plataformas de vídeos. A utilização de *stop motion* como instrumento de criação de vídeos para o professor, tem seu potencial amplificado para professores em situação de aulas à distância.

Posso citar como exemplo uma ocasião pessoal na qual lecionava sobre forças magnéticas atuando em cargas que atravessam um campo magnético. A noção de tridimensionalidade nessas aulas é um obstáculo mesmo em aulas presenciais. Pude utilizar o *stop motion* para ilustrar uma partícula carregada atravessando um campo magnético, inclusive representando a “regra da mão esquerda” e “regra do tapa”, tipicamente difundidas em materiais para relacionar as direções do força magnética, campo magnético e velocidade da carga.

Diversas situações, como a exemplificada, exigem um nível de abstração enorme e representação dinâmica tridimensional. Para muitos alunos a criação de símbolos e analogias não é o suficiente para a compreensão do fenômeno. Com a utilização de vídeos produzidos pelo próprio professor podemos transformar alguns exercícios de imaginação em interpretação visual, que posteriormente ajudará o aluno a abstrair essas situações.

Mesmo exemplos clássicos dos livros didáticos não são fáceis de se encontrar em forma de vídeo. É muito comum que plataformas como o *youtube* possuam enorme quantidade de

vídeos produzidos por professores com aulas direcionadas aos alunos, porém o modelo utilizado na grande maioria dessas aulas é um modelo clássico de utilização de lousa e exercícios de forma muito semelhante ao realizado na sala de aula tradicional, ou seja, mesmo quando os professores produzem e disponibilizam vídeos, evitam utilizar recursos próprios de vídeos, preferindo uma abordagem estática. É estranho que haja poucas produções visuais que ilustrem situações-problema, experimentos, movimentos que possam ser utilizados por um professor em sala de aula.

Pensemos na situação da busca de listas de exercícios na internet: diversos sites feitos por professores e instituições de ensino disponibilizam listas de exercícios sobre qualquer assunto que se procure. Isso ocorre porque as listas de exercícios estão consolidadas como método no ensino tradicional de Física. Agora, se a produção de exemplos em forma de vídeos feitos pelo professor está se mostrando uma ferramenta barata e de fácil utilização, nada impediria que os professores compartilhassem suas produções na internet, de forma que nem seria necessário que os professores precisassem fabricar todos os seus exemplos, já haveria exemplos clássicos disponíveis.

Quanto à produção pelos alunos, a aplicação teve resultados demasiadamente simples, já que as pesquisas dos alunos foram superficiais e a produção dos vídeos não passou de imitação dos exemplos do professor. No entanto os resultados da aplicação da atividade foram inconclusivas devido à substituição das aulas presenciais por aulas à distância. Esse momento de adaptação foi complicado para os alunos e professores. Uma atividade alternativa como essa, algo que os alunos nunca haviam feito antes, necessitaria de uma orientação mais constante. O distanciamento exige uma maturidade maior dos alunos em relação à organização de seus trabalhos escolares. Acredito que esses problemas reflitam na baixa quantidade de alunos que entregaram as tarefas, mesmo sendo obrigatórias.

A aplicação da atividade de produção de vídeos pelos alunos ainda poderá se mostrar interessante em situações presenciais e fica o questionamento de quanto progresso os alunos poderiam apresentar em uma situação em que produções de vídeo são utilizadas constantemente durante todo o período do ensino médio.

Por outro lado, o fato dos alunos conseguirem produzir as animações somente com a orientação do tutorial em vídeo serve como bom indicador de que o manual que constitui o produto educacional poderá ser utilizado sem muitas dificuldades pelos professores, tornando o processo de criação de animações acessível e prático, de forma que possa ser introduzido no

cotidiano escolar, potencializando um ensino mais visual a longo prazo e não somente em atividades pontuais.

Finalmente, precisamos destacar que a elaboração de atividades que exercitem a intuição dos alunos deveria ser uma prática recorrente no decorrer de seus anos escolares e não somente uma prática pontual. Por isso não seria justo avaliar, de forma descontextualizada, a percepção dos alunos na atividade, a principal avaliação é sobre a própria prática do professor. Esse trabalho consiste em um exemplo de uma abordagem que deveria ser aplicada continuamente, e não somente em um momento de atividade diferenciada, esperamos que fique a reflexão sobre nossa negligência do desenvolvimento da intuição e criatividade. Seja para o trabalho de um cientista ou para a formação de cidadãos críticos, sabemos o quanto diversificadas são as habilidades necessárias no cotidiano, nos resta promover um ensino de ciências que reflita essa diversidade em suas abordagens.

Referências

- AMARAL, A. Maria. Teatro de formas animadas. 3. Ed. São Paulo: EDUSP, 1996.
- Aristóteles. Os Cinco Sentidos. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.
- ARNHEIM, R. Intuição e intelecto na arte. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D.; SOARES, D. S. L. A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo. In: NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P. (Ed.). Evoluções e revoluções: o mundo em transição. Maringá: Editora Massoni: LCV Edições, 2008. p. 199-221.
- BARBOSA, C. D., GOMES, L. M., CHAGAS, M. L., FERREIRA, F. C. L. O uso de simuladores via smartphone no ensino de Física: o experimento de Oersted. Scientia Plena, v.13, n.1, jan. 2017.
- BORGES, L. História da Animação, Técnica e Estética, 2018.
- COMPIANI, M. O Desprestígio das Imagens no Ensino de Ciências, Até Quando? Uma contribuição das Geociências com a Gestalt. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.5, n.1, 2012, p.127-154.
- DIXON, Bernard. Para que serve a ciência? São Paulo: Cia Editora Nacional/EDUSP, 1976.
- GESTALT . In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural, 2019. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo9443/gestalt>. Acesso em: 03 de Ago. 2020.
- FERREIRA, I. P. R., MANEO, P. B. M., VIEIRA, W., IMAFUKU, R. S. Uso do Celular inteligente (Smartphone) no ensino de trigonometria: avaliando potencialidades. In: Workshop de Inovação, Pesquisa, Ensino e Extensão, 4º, 2019, São Carlos: IFSP, mai. 2019.
- FRANCO, H. Apostila de Evolução dos Conceitos da Física. 2ª Edição. São Paulo: IFUSP, 2002.
- GALILEI, G. Diálogo sobre duas novas ciências. In: HAWKING, S. Os Gênios da Ciência: Sobre os Ombros de Gigantes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GONÇALVES, L. J; VEIT, E. A; Textos, animações e vídeos para o ensino aprendizagem de física térmica no ensino médio. Experiências em Ensino de Ciências, v.1 p 33-42, 2006.

GOUVÊA, G.; OLIVEIRA, C. I. C. Memória e representação: imagens nos livros didáticos de física. Ciências e Cognição, v.15 n.3, p.69-83, 2010.

HALAS, John & MANVELL, Roger. A técnica de animação cinematográfica. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira (Embrafilme), 1979.

HAWKING, S. Os Gênios da Ciência: Sobre os Ombros de Gigantes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HECKLER, V., SARAIVA, M. F. O, FILHO, K. S. O. e Kepler de Souza Oliveira Filho. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

KEPLER, J. O humor Cristalino como uma lente e a inversão da imagem retiniana. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.

LEFRANÇOIS, G. R.; Teoria da aprendizagem. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

LUCENA JÚNIOR, A. Arte da Animação: Técnica e estética através da história. São Paulo: Editora SENAC, 2002.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. . Possibilidades e Limitações das simulações computacionais no ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, jun. 2002.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências, 16(1), 1-15, 2016.

NEUMANN, R. BARROSO. M. F. Simulações Computacionais e animações no ensino de oscilações. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.

NEWTON, I. As sete cores do espectro. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.

PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.32, n.4, 2010.

PEREIRA, M. V.; REZENDE FILHO, L. A.; BEZERRA, T. A. M. Investigando a produção de vídeos por estudantes de ensino médio no contexto do laboratório de Física. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, [en línea], 2013, n.º Extra, p. 2731-6

- PIRES, A. S. T. Evolução das Ideias da Física. 2ª Edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- PURVES, B. Stop-motion. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- ROHLING, J. H.; NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A., SAKAI, F. S.; RANIERO, L. J.; BERNABE, H. S. Produção de filmes didáticos de curta metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 168-175, 2002.
- ROSA, P. R. S. O Uso dos Recursos Audiovisuais no Ensino de Ciências. Caderno Catarinense de ensino de Física. Florianópolis, v.17, n.1, p. 33-49, mai. 2000.
- ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. Revista Ibero-americana de Educação, v. 2, n. 58, 2012.
- SARAIVA, F.R dos Santos. - Novíssimo Dicionário latino-português - 10. ed., Rio de Janeiro, Livraria Garnier, 2006.
- SARTORI, A. F.; RAMOS, E. M. F. Ferramentas audiovisuais como instrumento no ensino de Física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007. São Luis. Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Luis, MA. 2007. p. 102.
- SILVA, H. C. da. Lendo imagens no ensino de física: construção e realidade. Enseñanza de las Ciencias, extra, 2005.
- TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.
- WERTHEIMER, M. O fenômeno Phi como um exemplo de nativismo na percepção. In: HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.

Apêndice A

PRODUTO EDUCACIONAL

Nas páginas seguintes encontra-se o produto educacional na íntegra:



Universidade Federal de São Carlos - UFScar
Campus Sorocaba

Material de orientação para a produção de animações em Stop Motion no Ensino de Física

Danilo de Moraes

Material de orientação para a produção de animações em Stop Motion no Ensino de Física

Autor: Danilo de Moraes

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Sorocaba, 2021

Apresentação

Minhas primeiras experiências como professor de Física ocorreram em 2010 quando iniciei o curso de bacharelado em Física na Unicamp. Sempre tive interesse pela sala de aula, me encantei com diversos professores que tive e me pareceu um caminho natural aprender a ciência e transmitir meus conhecimentos na sala de aula. Nesse momento minha concentração foi em aprender Física e ambicionava imitar os professores que me inspiraram a seguir essa carreira.

Aos poucos minha noção foi se tornando mais profunda e pude perceber que ser um especialista em Física era útil mas insuficiente para ser um bom professor de Física. Conheci na universidade a Educação como área de conhecimento e quis me enveredar nessa área, o que me levou a me transferir para a licenciatura em Física na UFSCar, campus Sorocaba em 2012.

Por todo o período da minha licenciatura atuei paralelamente como professor. O vínculo professor-estudante me levava a refletir e aprimorar minha prática sob os prismas das disciplinas e assim me coloquei em contato com a pesquisa docente, mesmo que em um primeiro momento não tivesse consciência dos conceitos por trás dessa prática. Me vi como professor construindo conhecimentos a partir da reflexão de minhas próprias práticas amparadas nos conhecimentos acadêmicos que me eram apresentados. A pesquisa de professor, tornou-se algo muito interessante para mim, tendo em vista que a prática docente estará sempre presente em minha vida e, conseqüentemente, a pesquisa, que vejo como uma ferramenta fundamental dessa prática.

Escrevi em minha monografia uma pesquisa docente e minha forma de ver meu cotidiano de trabalho nunca mais foi a mesma. Distante da visão clássica que a sala de aula é meramente um local onde o professor “dá aulas”, percebo a sala de aula como um local de construção coletiva de conhecimento, onde o professor é um mediador entre o aluno e a cultura científica, e sendo assim um exemplo de aprendizagem. O professor é um pesquisador, que em meio a sua própria prática planeja, executa e avalia o seu ambiente escolar. O mestrado profissional foi um caminho natural para a prática de pesquisa docente, possibilitando levar às minhas aulas cada vez mais um material autônomo, planejado e executado de forma crítica.

No Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, MNPEF, tive a oportunidade de buscar através da pesquisa o aprimoramento da minha prática docente. O produto aqui apresentado foi desenvolvido nesse programa de mestrado e discussões mais aprofundadas sobre o produto e sua aplicação em sala de aula, encontram-se na dissertação apresentada.

Apresentação

Temos consciência que a prática do professor não pode ser descrita como imutável. A prática docente e sua pesquisa se retroalimentam e se adaptam às circunstâncias, de forma que os desafios já são esperados e com eles trabalhamos em nosso cotidiano. Apesar disso, o ano de 2020 trouxe desafios inesperados aos professores devido à pandemia de COVID-19, o desenvolvimento desse produto, assim como a aplicação do produto e a escrita da minha dissertação de mestrado ocorreram em meio a esse contexto. Apesar das dificuldades em adaptar as atividades de sala de aula para essa nova situação não presencial, nosso produto pôde ser adaptado e enquadrou-se bem nesse cenário já que utiliza-se de Novas Tecnologias de Informação e Comunicação, as quais constituíram uma das principais ferramentas nesse momento.

É bem conhecido por nós professores que, mesmo em situações normais, a Física é uma disciplina com conceitos que exigem um alto nível de abstração e que por muitas vezes estuda estruturas que estão além dos sentidos humanos. Esses fatores podem gerar dificuldades que afastam os alunos dessa área de conhecimento.

Buscando uma solução, professores e livros didáticos tem-se utilizados cada vez mais de imagens. Porém, a dificuldade de representar movimentos e processos em uma figura estática não pode ser subestimada. Por muitas vezes os esquemas construídos pelo professor não poderão ser compreendidos por todos os alunos e o tempo e trabalho demandado para que o professor crie figuras em uma lousa pode não valer a pena. Em meio a essas dificuldades, as animações mostram seu potencial por não se limitarem à imagens estáticas e a partir dessa ideia iniciamos o desenvolvimento desse produto.

Em uma breve procura nas principais plataformas de vídeo na internet, ao pesquisarmos temas relacionados à Física, podemos encontrar uma grande variedade de vídeo aulas criadas por outros professores. Essas vídeo aulas tem os alunos como público-alvo e visam satisfazer as necessidades mais presentes na sociedade: estudar para uma prova, vestibular, concurso público, etc. Dessa forma, essas aulas costumam ser conteudistas e tradicionais, com lousa e resolução de problemas, são poucos os vídeos que mostram experimentos ou representam situações que nos desdobramos para explicar em sala de aula.

Em plataformas de ensino privado, onde o acesso é restrito aos funcionários, pude encontrar diversas animações, simuladores bem produzidos e adequados às próprias aulas do material, mas falta esse tipo de conteúdo com acesso livre na internet. Em relação aos simuladores, os vídeos mostram-se instrumentos mais fáceis de disponibilizar, distribuir e exibir, sendo uma ferramenta fácil em tempos de *smartphones* que substituem filmadoras e reprodutores de vídeo.

Apresentação

Nesse contexto, comecei a sentir a necessidade de criar vídeos em sala de aula para substituir algumas imagens, gestos e analogias que tentava, com dificuldade, executar na sala de aula. A situação de aulas não presenciais durante a pandemia de COVID-19 mostrou-se um obstáculo extra nessas explanações. Com a dificuldade de encontrar bons vídeos que ilustrem as situações, é fortalecida a necessidade de que o professor possa criar seus próprios vídeos para complementar suas explicações.

Existem plataforma computacionais que permitem a programação de animações elaboradas, mas tomam muito tempo e trabalho e considero que muitos professores, assim como eu, não estão plenamente habituados com essas interfaces e linguagens de programação. A possibilidade de filmar pode ser um recurso interessante, porém, para filmar um experimento necessita-se de uma montagem real, e muitos exemplos clássicos da Física são complicados, senão impossíveis, de serem realizados em casa ou em pequenos laboratórios didáticos. Como alternativa surge a ideia de utilizar animação em *stop motion* para recriar fenômenos físicos.

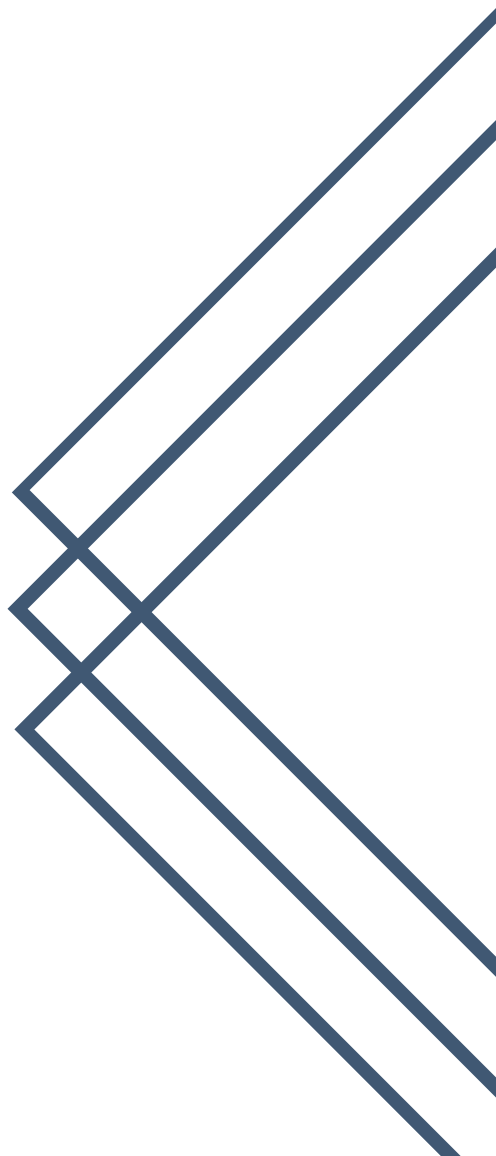
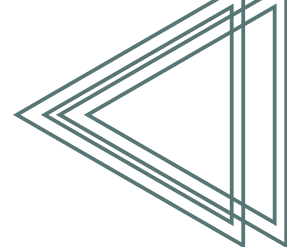
A animação em *stop motion* é criada a partir de uma sequência de fotografias, o produtor sempre trabalha com situações estáticas: tira-se uma fotografia do modelo, altera-se levemente a situação e repete-se esse processo. A situação é alterada pela própria mão do produtor, pode-se criar velocidades, acelerações, forças, de acordo com a vontade e a necessidade de quem fotografa.

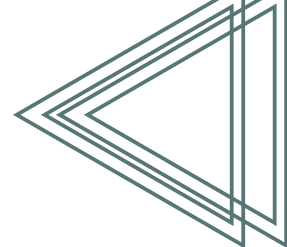
Ao exibirmos o conjunto de fotografias sequencialmente e de forma rápida, cria-se a sensação de movimento, transformando-se o conjunto de fotografias em um filme. Nas seções seguintes faremos reflexões sobre como a percepção dos alunos deve ser considerada no ensino de ciências e também sobre a constituição do *stop motion* como gênero de animação. Por fim, apresentaremos um manual de utilização de um aplicativo para a produção de *stop motion* e algumas considerações finais.

Atenciosamente,
Danilo de Moraes
O autor

Sumário

1. A intuição e o ensino de ciências.....	7
2. O <i>Stop Motion</i>	13
3. Produção de <i>Stop Motion</i> : A busca de Ferramentas.....	15
4. Manual para a utilização do aplicativo <i>Stop Motion Studio</i> ..	18
5. Links de Apoio.....	27
6. Considerações Finais.....	28
7. Referências.....	30





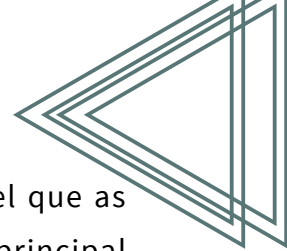
1. A Intuição e o Ensino de Ciências

Uma imagem nunca representa somente o objeto ao qual ela se refere, essa representação nunca é perfeita, é sempre produto de uma construção humana (SILVA, 2005). De forma que a percepção de quem produz uma imagem está embutida em seu conteúdo. Toda imagem é um recorte da realidade que não pode ser separada da visão de seu criador. Cabe a nós, compreender da melhor maneira possível como nossa percepção atua nessa produção e como a percepção dos alunos atuará.

No desenvolvimento das teorias de aprendizagem, os pensadores que introduziram a importância da percepção do indivíduo sobre o ambiente foram os chamados Gestaltistas. Segundo Lefrançois (2008), o termo “*Gestalt*”, é uma palavra alemã que, embora não tenha tradução exata na língua portuguesa, pode ser compreendida como “*Todo*”. Na primeira metade do século XX, a psicologia estava fortemente dividida. A psicologia tradicional era baseada na introspecção, através da indagação e especulação de como a consciência deveria ser. Em contrapartida, novos pensadores, chamados de Behavioristas, defendiam que a essência da aprendizagem estava nos comportamentos e sua interação com o ambiente.

Em ambas as abordagens a percepção seguia uma análise atomista, na qual se acredita que podemos estudar as partes para a compreensão do todo. A psicologia da *Gestalt* surge como uma análise à parte, na qual acredita-se que a totalidade é diferente da soma das partes. Não pode-se pensar em uma soma de estímulos gerando uma resposta do indivíduo, e sim, analisar a totalidade do quadro, o conjunto inteiro, e ainda a forma com que esse se relaciona com as percepções do indivíduo, de maneira que a consciência está intimamente ligada ao ambiente pela percepção.

As teorias constituintes dessa linha de pensamento foram inicialmente formuladas e sistematicamente testadas pelos pesquisadores alemães Max Wertheimer (1880-1943), Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Koffka (1886- 1941). Os três pesquisadores e amigos se formaram na Universidade de Berlim e trabalharam juntos em suas pesquisas, complementando-se. Max Wertheimer, o mais velho, é tido como uma liderança intelectual da Gestalt, porém Koffka e Köhler realizaram diversos testes e colaboram fortemente na divulgação de suas novas ideias. Os três fugiram da Alemanha na época da perseguição nazista e se estabeleceram nos Estados Unidos, de forma que fizeram parte da academia americana, confrontando ideias Behavioristas que estavam a pleno desenvolvimento na América.



Ao estudar a percepção do indivíduo sobre os estímulos visuais, foi inevitável que as ideias da *Gestalt* fossem relacionadas à compreensão da estética e da arte. O principal estudioso dessa relação foi Rudolf Arnheim (1904-2007). Nascido em Berlim, Arnheim conviveu com os primeiros Gestaltistas na Universidade de Berlim, na qual foi orientado em seu doutorado por Köhler e Wertheimer (GESTALT, 2019).

Lefrançois (2008) apresenta as bases desse pensamento. Podemos destacar dois pontos principais que fundamentam as ideias da Gestalt. Primeiramente, Köhler estudou o comportamento dos macacos, e pode perceber em suas observações que para resolver problemas, alguns animais paravam e refletiam, buscando a solução e posteriormente a colocava em ação. Esse comportamento é diferente do esperado por Behavioristas como Thorndike, que acreditavam que em situações novas, os animais encontrariam as soluções pelo padrão de tentativa e erro. Köhler chama essa elaboração da solução de *Insight*, e acredita que os animais aprendam através de *Insights*.

O segundo ponto a destacarmos é que os Gestaltistas valorizaram a percepção do indivíduo, formulando um conjunto de leis da percepção. É importante ressaltar que ao estudar a percepção, também estudamos o próprio pensamento já que pensamento e percepção são intrínsecos. A percepção é um processo ativo de interação entre o indivíduo e o seu ambiente, de forma que mesmo ao receber os estímulos, o estímulo já é processado, é mediado pela mente, não podendo ser diretamente associado a respostas. As respostas possíveis a estímulos estão condicionados a percepção de cada indivíduo que pode ser totalmente diferente mesmo para estímulos iguais.

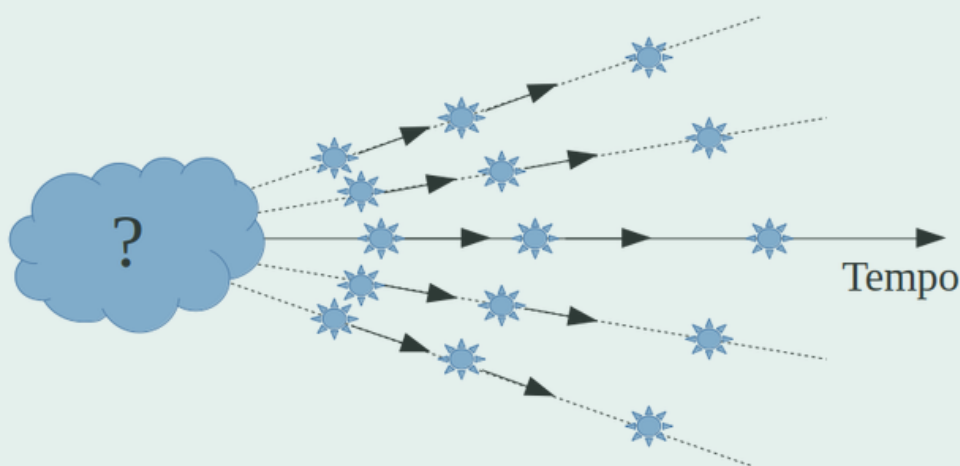
O princípio primário que governa a percepção e o pensamento é o princípio da boa forma, originalmente nomeado de *Prägnanz*. Esse princípio explica como os indivíduos produzem os *insights* para a resolução dos problemas. Os *insights* ocorrem na formação de um cenário mental do problema, quando o cérebro organiza os elementos na “melhor” forma possível. Para compreender o conceito do que seria essa melhor forma, introduzem princípios básicos de organização do cérebro, tendências que caracterizariam a chamada “boa forma”.

O primeiro princípio que citaremos é o princípio do fechamento. Esse princípio mostra que a mente tem uma tendência de completar figuras. Dessa forma, ao observar uma imagem incompleta, nosso cérebro tende a completá-la. O mesmo vale para palavras ou melodias incompletas e pode ser generalizado para completar até mesmo cenários complexos. Podemos utilizar a compreensão da lei de Hubble, de que o universo está se expandindo (ASSIS, 2008) como um exemplo de aplicação do princípio de fechamento na Física.



Ao perceber que todos os corpos celestes estão se afastando, imagina-se que em um momento anterior, eles estariam mais próximos. No limite ao ir pensando em momentos anteriores, chegaríamos na ideia de que no instante inicial, todos os corpos celestes estariam no mesmo lugar, conforme mostra a figura 1. Um pensamento visual tão simples permite o entendimento de uma teoria complexa como o Big Bang.

Figura 1: Ao observar que todas as estrelas estão se afastando, é evidente para nosso pensamento que em um instante anterior as estrelas estariam mais próximas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O segundo princípio é o princípio da continuidade, que também pode ser visto no exemplo citado anteriormente. Esse princípio nos afirma que fenômenos perceptivos tendem a ser vistos como contínuos. No exemplo anterior, observando as imagens no decorrer do tempo, esperamos que seu comportamento seja contínuo nos tempos anteriores.

Na sequência temos o princípio da similaridade, que mostra que nosso cérebro tende a categorizar imagens por sua semelhança, juntando partes de um quadro conforme a similaridade delas.

Por fim, temos o princípio da proximidade, que mostra que o cérebro tende a agrupar partes próximas de uma imagem maior. Assim, embora a similaridade seja importante para o agrupamento das partes de um todo, a proximidade das partes também influencia na forma de agrupamento.



Com esses quatro princípios, podemos reafirmar que a percepção de uma situação não é algo passivo, nosso pensamento atua na percepção, organiza partes de um todo, produz *insights*. Baseado nisso, podemos pensar que a percepção não deve ser deixada de lado. Ao basear a aprendizagem em estímulos e respostas sem nos preocuparmos com a percepção estaríamos desprezando parte considerável do pensamento humano.

Para Arnheim (2004), a percepção vem sendo excluída do processo educacional. Arnheim inclui a percepção dentro dos processos chamados de intuição, e o pensamento analítico de forma geral é chamado de intelecto. Para ele a intuição é uma parte do intelecto e por vezes é desprezada por muitos educadores. O nosso sistema educacional considera que a única maneira de se conseguir um conhecimento é pelo intelecto e restringe as formas de exercitar o intelecto aos processos matemáticos e verbais.

As principais disciplinas escolares são vistas como disciplinas de pensamento lógico intelectual enquanto que a intuição fica a cargo das artes visuais, teatro, música e poesia. Nesse contexto a intuição é tida como um dom, uma característica hereditária difícil de ser ensinada ou exercitada. Por esse mesmo motivo, a intuição é desvalorizada já que exclui-se desse processo o esforço mental. Dixon (1976) ao tentar decifrar as habilidades por trás da atividade científica afirma que o trabalho do cientista migra entre a percepção e o discernimento. Para ele, tentar categorizar o pensamento científico como intuitivo ou indutivo é uma tarefa insatisfatória e deveríamos aceitar que o pensamento científico mescla essas características.

Dixon se refere ao cientista como:

uma criatura que oscila, às vezes rapidamente, entre fases de pensamento imaginativo e crítico. Durante o período imaginativo, faz conjecturas sobre algum aspecto do mundo e elabora uma hipótese. Então, submete sua especulação imaginativa a crítica impiedosa. Por meio de deduções e experiências tenta desmentir sua própria hipótese. Somente quando a mesma sobrevive a severo escrutínio pode ser aceita, mesmo temporariamente (DIXON, 1976, p. 15).

O autor ainda destaca a necessidade de que haja controle entre as duas fases: dentro da fase imaginativa deve haver análise crítica para impedir que o pensador se perca em ideias com menor potencial, porém não pode ser uma intervenção intensa o suficiente para cortar o fluxo de ideias. Não são poucos os casos de cientistas criativos e menos ortodoxos que encontram soluções alternativas de maneira muito mais eficiente do que por um método tradicional, o processo criativo é semelhante, seja de um cientista ou de um artista.



Compiani (2012) mostra preocupação com o desprestígio das imagens no ensino de ciências e destaca alguns problemas na educação, Embora perceba-se que as imagens e sons estão cada vez mais presentes nas conceituações do mundo, antagonicamente, a escola distancia-se dessa realidade; as imagens trabalhadas no ensino de ciência são tipicamente assessoras do conhecimento verbal, ilustrativas; despreza-se o poder das imagens de conceituar tanto quanto as palavras; pouco se considera o conhecimento da *Gestalt* no ensino de ciências.

Os desenvolvimentos tecnológicos baseados na utilização de computadores cada vez mais necessitam de interações baseadas nas imagens. A digitalização do mundo explicita a necessidade da interação com imagens dinâmicas, daí nosso papel como educadores, de extrair o melhor dessa ferramenta. A conceituação a partir de imagens envolve a percepção espacial e temporal do indivíduo diretamente, mostrando-se poderosa na incorporação de conhecimentos. As imagens permitem a construção de conceitos de forma paralela e independente da verbalização, dos processos lógico indutivos.

Compiani reconhece que as generalizações propiciadas pelo raciocínio lógico verbalizado são poderosas, mas questiona se o processo verbal realmente é capacitadamente superior ao visual ou se essa crença é uma construção social e histórica. Pode-se atribuir os problemas de descontextualização do conhecimento justamente a essa primazia pela prática hipotético dedutiva que valoriza a modelagem abstrata do mundo ao invés de uma percepção intuitiva.

A maneira como ensinamos organiza-se das partes para a compreensão do todo. Estudamos cinemática e dinâmica para compreender a mecânica, estudamos mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo para compreender a física. Sempre partimos do local ao global. Pode-se questionar esse modelo, porque não partir do todo para compreender as partes? Nessa inversão, a imagem, a percepção espacial e temporal são a noção do todo. Por similaridade, podemos organizar as partes e estudá-las, a imagem é a ferramenta essencial para partirmos do todo e definirmos suas partes.

Arnheim (2004) complementa essa ideia comparando a ideia de análise e síntese. Para ele, a análise nos permite estudar um objeto, explicitando suas características classificatórias, compreendendo suas peculiaridades. Esse processo valoriza os processos de raciocínio lógico e descrição verbal. Por outro lado a síntese estabelece uma percepção global, a disposição e relação dos elementos que constituem o todo.



Esse processo depende totalmente do exercício da intuição. Tomando-se como partes essenciais da aprendizagem a análise e a síntese, percebemos que concentramos demasiado esforço no ensino dos processos de análise, enquanto deixamos de lado os processos de síntese. Evidencia-se uma clara falha da educação que nos leva a defender aqui o valor da imagem para o desenvolvimento da intuição, que nos permite realizar o processo de síntese.

Já pude ouvir de professores que trabalham comigo sobre a necessidade de “sentir” um problema para encontrar a solução. De fato, nas resoluções de problemas físicos e matemáticos, todo professor pode esbarrar no problema de saber resolver, mas não conseguir explicar detalhadamente aos alunos as escolhas de suas ferramentas. Observa-se que o professor conhece a síntese de sua disciplina, percebe o contexto global e suas relações, o que o permite escolher os caminhos adequados para a resolução. O mesmo processo torna-se difícil ao aluno que estuda as partes do conhecimento de maneira desconexa, não tem a intuição da totalidade.

A percepção e pensamento são procedimentos cognitivos inseparáveis. Habilidades de distinguir, estabelecer causalidades, são processos de pensamento que já ocorrem na fase da percepção. Os processos não podem ser separados, ocorrem continuamente. Os atos do pensamento utilizam noções sensoriais.

Podemos resgatar a ideia da *Prägnanz* nesse contexto, perceber e conceber é um processo que ocorre do geral para o específico. Assim, a mesma habilidade que permite a um indivíduo perceber as partes de uma simples figura, também permitirá reconhecer as partes de um cenário complexo. A teoria da *Gestalt* nos induz a conhecer as partes a partir da totalidade. Dessa forma, cabe a nós educadores revertermos esse sistema falho que prioriza o conhecimento das partes visando a compreensão do todo.

2. O Stop Motion

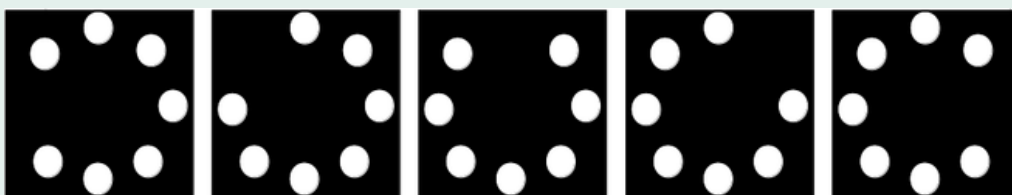
A animação como conhecemos aparece no início do século XX. Barbosa (2009) resgata a partir dos textos de Halas e Manvell (1977) o surgimento do cinema de animação, assim como do cinema de ação ao vivo, baseado em um espetáculo “circense”. Em seu surgimento, a ideia de ver objetos ou desenhos “ganharem alma” já era suficientemente encantador para a plateia, espetáculos de magia utilizavam-se de efeitos visuais criados a partir de animações quadro a quadro. O próprio animador fazia parte do palco como mágico, detentor dos poderes da animação.

Paris George Méliès foi um exemplo de performista que em suas apresentações teatrais utilizava fios, portas falsas, fumaça, para criar mecanismos complexos de ilusionismo, aos quais aos poucos foram sendo adicionados trechos de filmes. Em uma produção própria de vídeo na qual Méliès filmava na rua, um corte acidental na filmagem fez com que um ônibus fosse substituído por um carro funerário de maneira muito semelhante aos truques de substituição que ele realizava no palco

utilizando portas ocultas. O acidente criado por uma pausa no vídeo, um corte de movimento, o fascinou e influenciou suas produções e se constituiu como sendo o estopim para a criação do gênero *stop motion*, pelo menos como técnica (Purves, 2011).

O famoso psicólogo da *Gestalt*, Wertheimer, chama de fenômeno *Phi* o movimento percebido pelos indivíduos quando na verdade estão observando figuras estáticas. Foram realizados diversos experimentos, com movimentos retilíneos ou circulares, onde uma sequência de imagens estáticas gerava a impressão de movimento contínuo para os observadores. É interessante que quando um objeto parte de um ponto A para um ponto B, não passa pelos pontos intermediários, mas mesmo assim a sensação do indivíduo é de um movimento completo. Na figura 2 temos um exemplo de figuras utilizadas nos experimentos de Wertheimer.

Figura 2: Exemplo de sequência de quadros que demonstra o fenômeno Phi. Quando mostradas de forma sequencial tem-se a impressão de um movimento circular, embora sejam meras imagens estáticas.

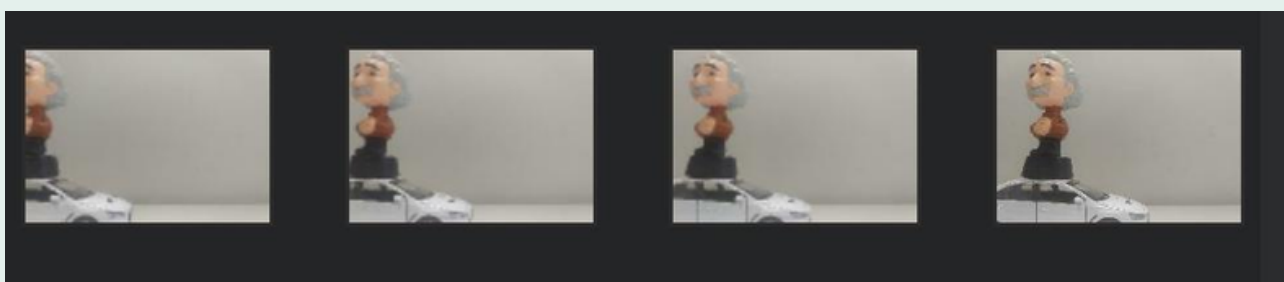


Fonte: Adaptado pelo autor, a partir da animação em https://en.wikipedia.org/wiki/Phi_phenomenon.



O próprio cinema e paralelamente as animações tem funcionamento muito semelhante ao fenômeno Phi citado e identificado por Wertheimer. Os *stop motion* desenvolvidos nesse trabalho, ou seja, o sequenciamento rápido de imagens estáticas, geram um movimento por fenômeno Phi, conforme mostrado na figura 3.

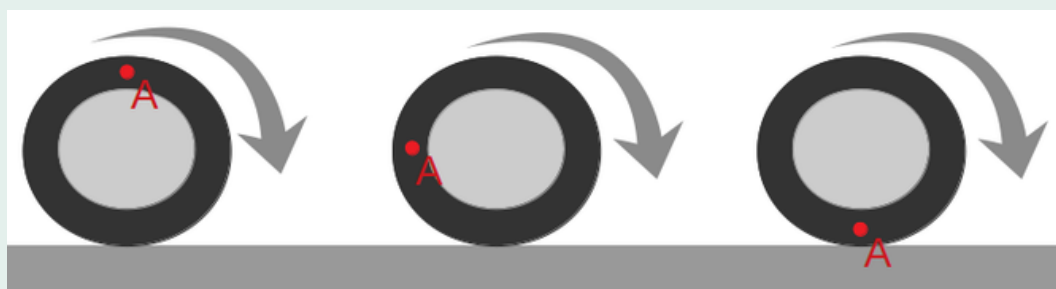
Figura 3: Exemplo de imagens utilizadas na confecções de animações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa compreensão sugere que a própria visão processada pelo cérebro poderia ser capturada e interpretada em quadros, de forma que pode-se gerar uma ilusão de movimento verossimilhante. Podemos imaginar, por exemplo, a observação de uma roda de automóvel em movimento, que para velocidades específicas gera uma sensação de rotação no sentido contrário. Esse fenômeno seria explicado se a captura das imagens dos olhos estiverem ocorrendo para ângulos de rotação maiores de 180° . Ao capturar as imagens a mente as conectaria pelo caminho mais curto, de forma que a impressão que se teria seria de um movimento invertido, conforme exemplificado na figura 4.

Figura 4: Embora a roda esteja girando em sentido horário, tem-se a impressão de um movimento anti-horário já que o a mente tende a interpretar o movimento pelo caminho mais curto. O ponto A completa $\frac{3}{4}$ de volta no sentido horário, mas para uma velocidade exata, o observador perceberá o ponto A rotacionando $\frac{1}{4}$ de volta no sentido anti-horário.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Podemos de maneira conclusiva acreditar que é possível produzir vídeos a partir do sequenciamento rápido de imagens, e isso se torna uma ferramenta poderosa quando consideramos a facilidade de tirar fotos em situações estáticas precisamente moldadas pelo produtor.

3. Produção de *Stop Motion*: A busca de Ferramentas

O primeiro passo ao definir que se trabalhará com *stop motion* é a procura por programas ou aplicativos. Duas etapas fundamentais devem ser cumpridas: captura das fotos e junção das fotos para compor os quadros de um vídeo.

Em um primeiro momento de testes, fixei meu celular em um tripé e comecei a fotografar desenhos que havia feito representando um movimento de queda livre e lançamento horizontal. Para tal havia desenhado em papel os vetores e estava tentando fotografar os quadros do que viria a ser uma animação bidimensional de uma bolinha se movendo sobre uma folha. Após cada fotografia fazia as medidas dos vetores e determinava o próximo deslocamento, tendo a noção de que o intervalo de tempo entre quadros é constante e torna-se nossa unidade de tempo para os movimentos. Após muito trabalho coletei todas as fotos e as salvei em uma pasta no computador.

Na sequência iniciei uma busca por programas de computador que pudessem juntar todas as imagens e formar um vídeo. Após algumas tentativas encontrei um programa gratuito com algumas limitações. O programa não permitia que se variasse a quantidade de quadros por segundo de forma que fui obrigado a multiplicar a quantidade de quadros na tentativa de tornar o movimento mais lento.

Após essas adaptações consegui um vídeo com qualidade baixa e estive próximo de desistir da confecção desse tipo de vídeos. Decidi fazer mais um teste, sugerido por uma aluna, utilizando um aplicativo para *smartphone* disponível para *Android* e *iOS*. O aplicativo se chama *Stop Motion Studio* e tem diversas funções gratuitas e um pacote de ferramentas pagas. Usando somente as ferramentas gratuitas realizei alguns testes e fui surpreendido positivamente. O programa oferece ferramentas para a captura das fotografias, armazenamento (separado das fotografias do celular), edição das fotografias, confecção da animação e exportação do vídeo. Dessa forma ele pode ser usado em todas as etapas, não havendo necessidade nem de tirar as fotos previamente. Utilizei o programa para montar cenas de um vídeo maior, de forma que só necessitei do computador para unificar os vídeos e colocar a trilha sonora, embora haja aplicativos de celular destinados a essa função.



Para quem viveu a ascensão dos computadores pessoais desde o início prevalece uma noção de que algumas atividades podem ser realizadas somente no computador enquanto o celular destina-se a tarefas secundárias. Surpreendeu-me que o caminho tradicional de capturar as imagens e editá-las no computador possa ter sido inteiramente compactado em um aplicativo muito mais intuitivo e prático. Após uma pesquisa mais elaborada pude perceber que parece uma tendência que existam aplicativos para *smartphones* sem equivalentes em computador. Encontrei mapeadores de campo magnético, calculadoras gráficas, calculadoras que resolviam problemas detectados pela câmera do celular, entre outras ferramentas que na melhor das hipóteses seriam mais trabalhosas de se obter e utilizar no computador.

Não podemos desprezar que existem ferramentas completas nos computadores sem equivalentes no mundo das tecnologias móveis, porém é muito promissora a praticidade na obtenção e utilização dos aplicativos de celular que ainda podem ser integrados com uma enorme diversidade de sensores dos *smartphones*. Observando os hábitos dos “nativos” da era dos *smartphones*, pode-se perceber que estes jovens parecem lidar muito bem com os aplicativos de celular, substituindo diversas atividades que eram tipicamente dos computadores maiores.

Podemos observar também que embora esse manual seja focado em um aplicativo de *smartphone*, existem diversos concorrentes nas lojas de aplicativos online. Embora outros aplicativos possam ter menos recursos gratuitos, os recursos são muito semelhantes entre os aplicativos, de forma que esse manual utiliza o *Stop Motion Studio* como exemplo, mas o domínio de sua utilização possibilitaria que o usuário conseguisse produzir vídeos através de outros aplicativos também.

Após encontrar a ferramenta, o professor produtor encontra outro desafio: qual experimento montar? Qual situação representar? Parece complicado pensar nos seus primeiros roteiros, mas após uma análise detalhada pode-se perceber que os próprios livros didáticos tem narrações de experimentos, imagens estroboscópicas, sequências de imagens e outras ferramentas para tentar contornar a sua limitação de expor imagens estáticas, ao perceber isso, cada exemplo, cada situação problema de um exercício será um convite para a confecção de um novo vídeo.

Por último, após dominar a ferramenta de produção e enxergar as possibilidades de roteiros, surge uma nova possibilidade: Difundir a produção de vídeos quadro a quadro o torna o controlador do tempo. Ter noção de como os quadros devem mudar a cada transição é uma capacidade que exige o pleno conhecimento da situação representada. O professor produtor deve perceber o espaço e o tempo, conhecer o fenômeno perfeitamente para poder prever o próximo quadro a ser produzido.



Quando a proposta de produzir *stop motion* é passada aos alunos, esse processo pode ser usado como justificativa para o aluno aprofundar-se, perceber o fenômeno de forma espacial e temporal e, ao mesmo tempo, pode servir de ferramenta para compreender a visão de mundo do próximo. Podemos perceber o quanto a percepção fenomenológica dos alunos é negligenciada durante os processos clássicos de ensino. Nesse caso, o aluno pode ter um raciocínio pleno de análise de equações e gráficos e não conseguir imaginar e descrever como determinado fenômeno aconteceria na realidade. Para exemplificar essa situação, realizei uma sequência didática na qual os alunos puderam produzir as suas próprias animações e os registros completos da aplicação estão contidos em minha dissertação de mestrado: "Produção de Animações em *Stop Motion* na aula de Física: Possibilidades de Novas Percepções".

Por fim, surgem alguns questionamentos: A percepção sensorial não analítica deve ser apresentada/exercitada na escola? E nas aulas de ciências? Essa percepção faria falta ao estudante?

Eu acredito que essa percepção seja um fator determinante na formação de um adulto criativo e talvez uma das peças que buscamos para tornar a Física uma disciplina mais interessante aos alunos.

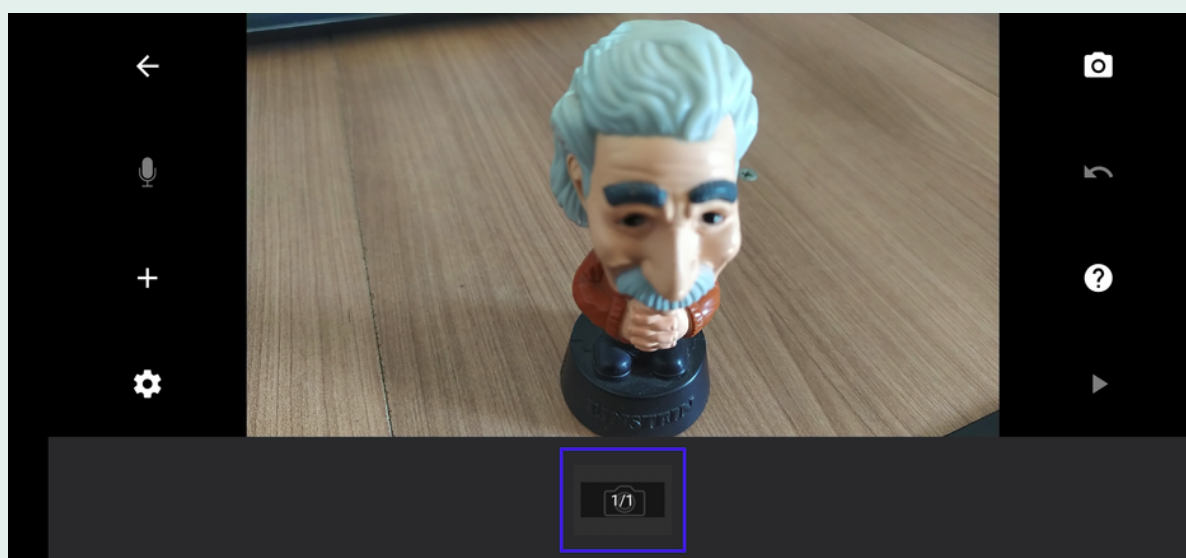
Considerando esses esclarecimentos, o presente material objetiva fornecer aos professores um manual para que possam aprender a produzir as suas próprias animações, bem como justificar a importância da produção e utilização de animações no ensino de ciências. Na dissertação desenvolvida no mestrado, relacionada à esse produto, há um relato mais detalhado de aplicações em sala de aula, nas quais o professor pode desenvolver animações para suas aulas e também ensinar o método de produção aos alunos de forma que eles pudessem participar de atividades de produção de vídeo.



4. Manual para a utilização do Aplicativo *Stop Motion Studio*

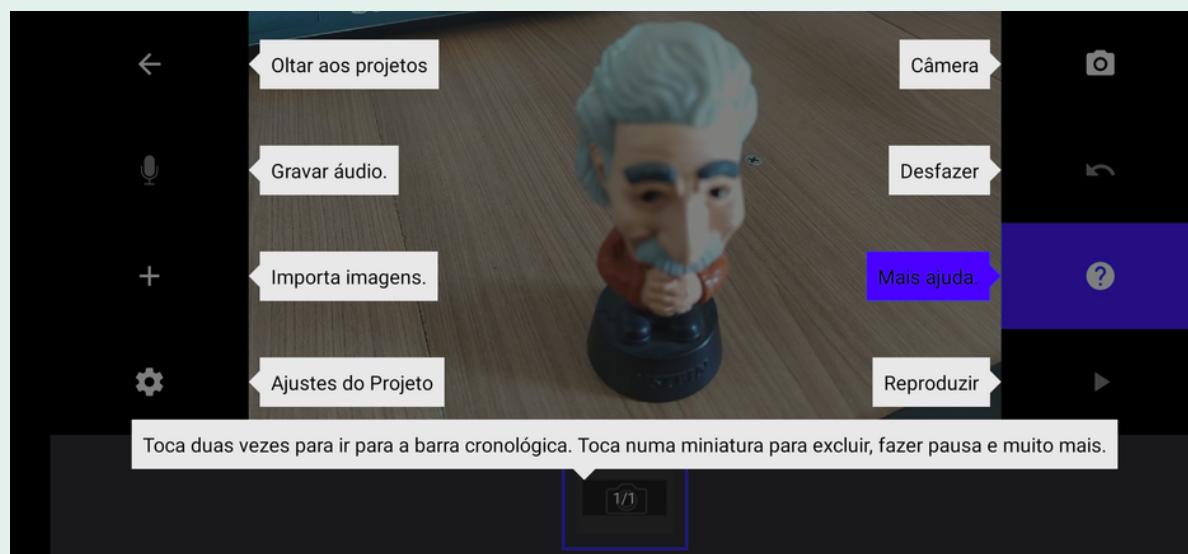
Logo que abrimos o aplicativo aparece um grande botão com a opção de criar um novo filme. Ao selecionar essa opção o programa abre uma janela para a edição do projeto, conforme mostrado na figura 5. Como ainda não há fotos para se trabalhar no projeto, deve-se selecionar o ícone que mostra uma câmera fotográfica, a partir do qual capturaremos as imagens.

Figura 5: Interface mostrada quando iniciamos a gravação de um novo filme

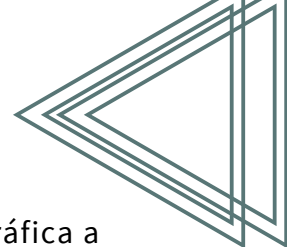


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6: Ajuda fornecida pelo aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor.



Ao selecionar o ícone da câmera, o aplicativo abre uma versão da câmera fotográfica a partir das lentes do celular porém com algumas funcionalidades específicas para a gravação dos *stop motion*. A interface é limpa e apresenta algumas linhas horizontais e verticais para facilitar a centralização das fotografias. No canto há uma contagem que indica em qual fotografia da sequência você está, conforme mostrado da figura 7.

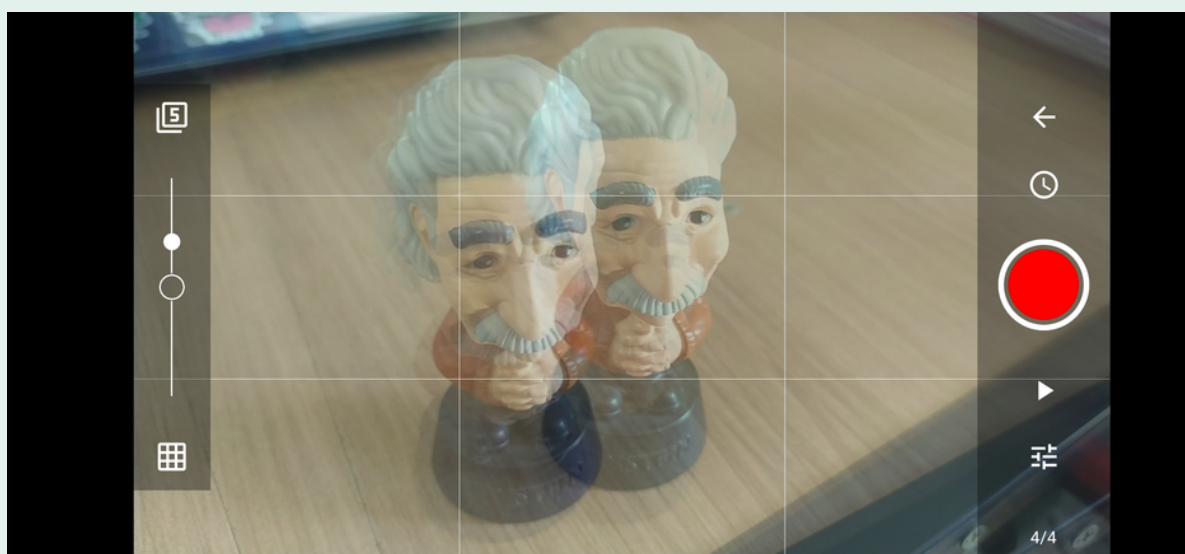
Figura 7: Interface de captura, lembra uma câmera normal.



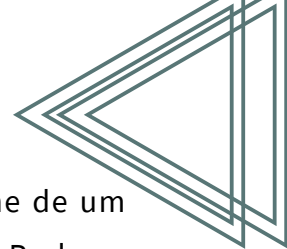
Fonte: Elaborado pelo autor.

O aplicativo sobrepõem a foto tirada anteriormente com a imagem que está sendo capturada pela câmera. No lado esquerdo há uma barra com a qual pode-se controlar a transparência dessa sobreposição, conforme mostrado na figura 8. Essa ferramenta é indispensável e permite que se faça mudanças pontuais precisas em um quadro em relação ao anterior.

Figura 8: Sobreposição da imagem anterior e da fotografia que está sendo realizada.



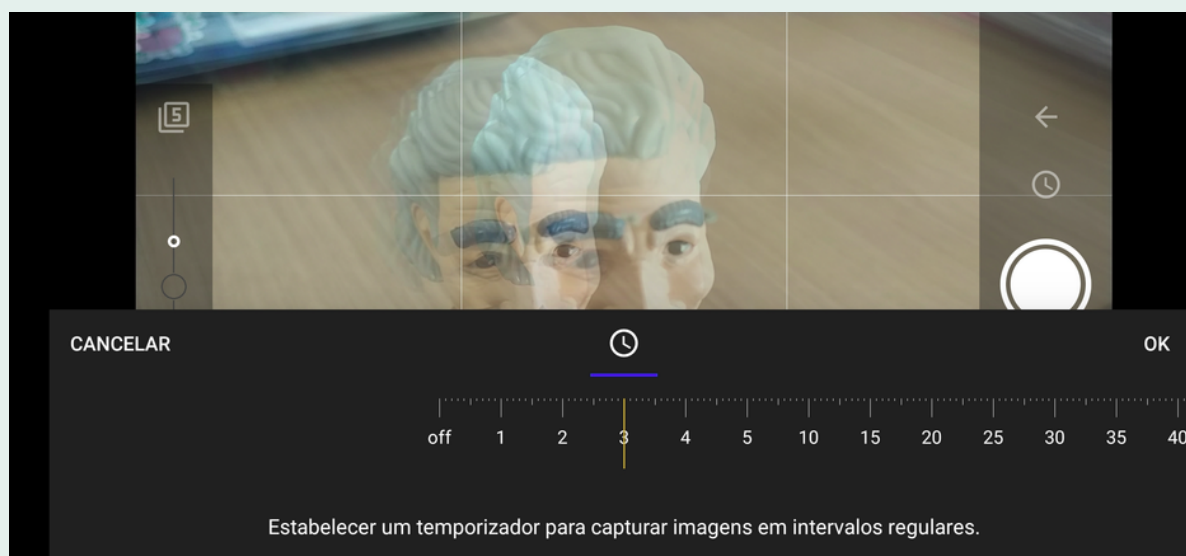
Fonte: Elaborado pelo autor.



Próximo ao botão principal que captura as fotos, podemos encontrar um ícone de um relógio, esse ícone aciona o temporizador, como podemos ver na figura 8. Pode-se programar a câmera de forma a tirar fotos repetidamente em intervalos de tempo pré definido. Ao selecionar um intervalo de tempo no temporizador está se definindo o período de tempo entre as fotos que serão tiradas automaticamente e ininterruptamente após apertar-se o botão de captura de fotos. Há sinais auditivos que permitem saber quando será tirada a próxima foto.

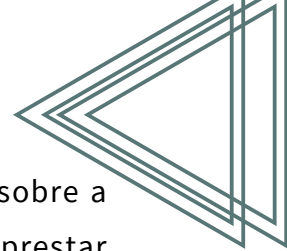
Uma maneira muito eficiente de se trabalhar é fixar o celular com a ajuda de algum tipo de suporte e selecionar um período entre fotos que seja suficiente para poder se manipular a cena. Dessa forma, o celular fotografa automaticamente, o autor move o seu modelo e sai de cena para o celular fotografar novamente. Se o autor fosse fotografar manualmente, as movimentações do celular prejudicam a qualidade das fotos, o simples fato de clicar no botão pode mover ligeiramente a câmera.

Figura 9: Interface do temporizador.



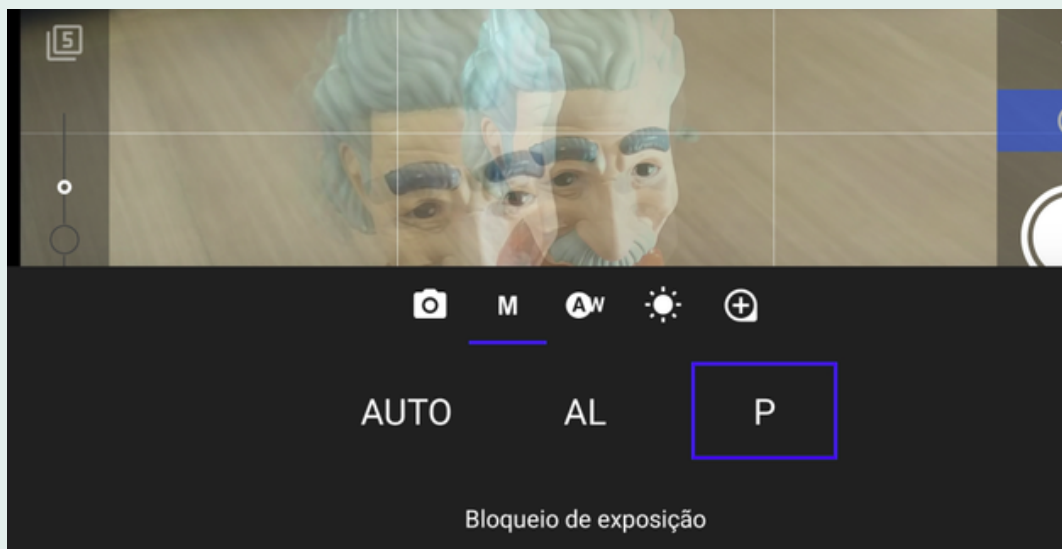
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda na câmera existem alguns ajustes que podem ser controlados. O aplicativo permite que se controle configurações de luminosidade na câmera. Em um ambiente sem luminosidade controlada, a câmera do celular normalmente realiza regulagens automáticas de luminosidade, o que pode ser um empecilho em algumas situações. Se a luminosidade variar muito, pode haver uma diferença significativa entre um quadro e outro, alterando as colorações. Esse fator atrapalha na hora de visualizar o vídeo, explicitando as fotografias de uma forma descontínua. O aplicativo permite que se bloqueie a exposição, tornando a luminosidade de todas as fotos semelhantes, como mostrado na figura 10.



Outra ferramenta interessante é o foco manual, ao clicar no visor da câmera sobre a imagem que se deseja focar, a câmera ajusta o foco ao objeto desejado, deve-se prestar atenção para a câmera não manter o foco ao fundo, deixando o modelo desfocado.

Figura 10: Ferramentas de controle da câmera



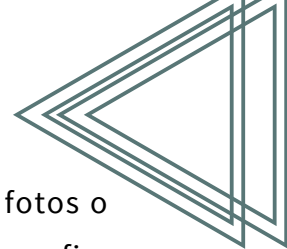
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após capturar as fotos para a confecção de seu vídeo, basta voltar à tela inicial e haverá uma nova interface, mostrada na figura 10. Nessa começa-se a montar efetivamente o vídeo. Ao clicar no botão de reprodução, o aplicativo reproduz em modo de repetição o vídeo criado. Pode-se observar nessa etapa fotografias que deram errado e é possível realizar algumas correções.

Figura 11: Interface de edição do vídeo, após tirar as fotos, pode visualizar todos os frames de maneira contínua.



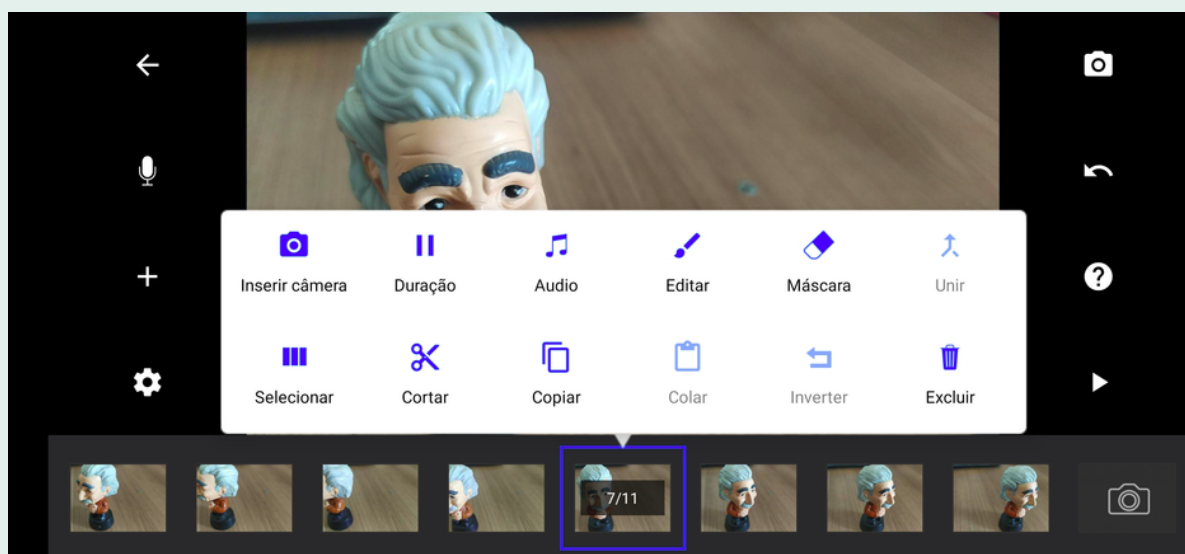
Fonte: Elaborado pelo autor.



Uma dica importante: na hora da captura das fotos é comum que em algumas fotos o autor não consiga manipular a cena a tempo e suas mãos possam aparecer na fotografia, nesse caso, tire outra foto. Não há necessidade de interromper as fotografias automáticas por causa de um erro, simplesmente ignore o erro e tire uma fotografia extra. Esse processo agiliza e impede que precise se manipular a câmera durante as fotografias, o que pode gerar problemas no novo enquadramento.

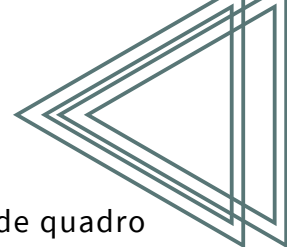
Nessa interface, o aplicativo permite que se manipule quadro a quadro, e pode-se apagar os quadros defeituosos. Assim, é melhor ter fotografias em excesso para apagá-las, copiá-las, mover ou editar. Uma possibilidade interessante é que pode aumentar-se o tempo de duração de uma determinado quadro em relação aos outros.

Figura 12: Ferramentas de edição individual de cada quadro



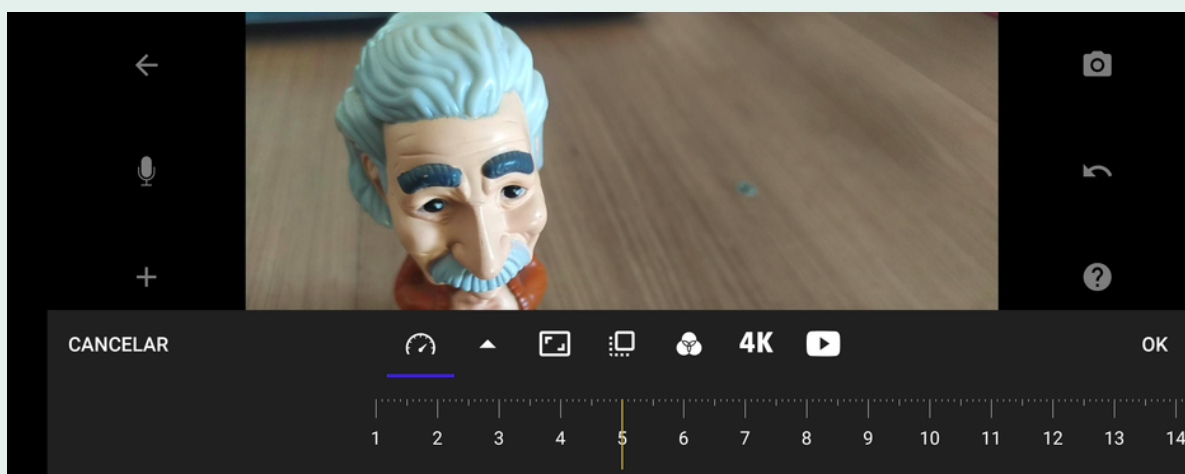
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na hora de capturar as fotografias, o autor deve ter consciência de duas ações que podem melhorar a fluidez do vídeo: realizar pequenas alterações entre uma foto e outra e tirar o maior número possível de fotos. A ação do vídeo deve ser dividida na maior quantidade de fotos. Lógico que isso é um obstáculo prático, não seria fácil tirar milhares de fotos de um processo simples, mas sem dúvidas isso melhoraria muito a qualidade do vídeo. Cabe ao autor buscar esse equilíbrio.



Um fator muito importante para a compreensão desse processo é quantidade de quadro por segundo (QPS). Ao selecionar os ajustes do projeto é a primeira opção fornecida, conforme pode ser visto na figura 13. Alterando a quantidade de quadros por segundo o autor estará controlando duas variáveis dependentes, a fluidez e duração do vídeo. Quanto maior a quantidade de quadros por segundo selecionada, maior a fluidez do vídeo porém o tempo de reprodução diminui. Dessa forma, dependendo de quantas fotografias o autor fez fica mais difícil selecionar uma quantidade de quadros por segundo que seja suficiente para o vídeo ter uma boa fluidez e manter uma duração razoável.

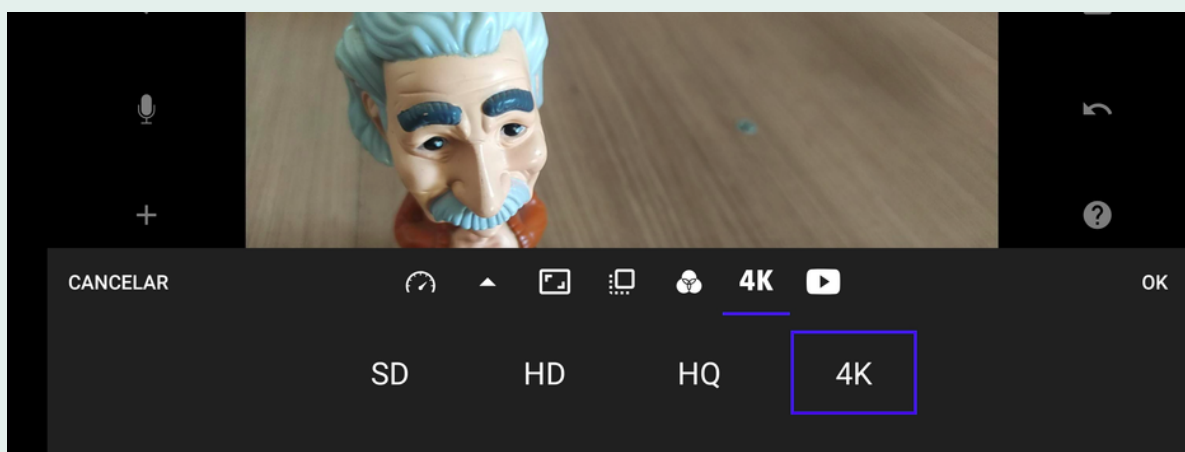
Figura 13: Escolha da quantidade de quadros por segundo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda nos ajustes do projeto, o autor pode escolher a definição que o vídeo terá quando exportado, tendo opções desde baixa qualidade até a definição em 4K, como visto na figura 14. Deve-se selecionar a definição nessa etapa, lembrando que vídeos de melhor qualidade também ocuparão maior memória computacional.

Figura 14: Opções de Importação.

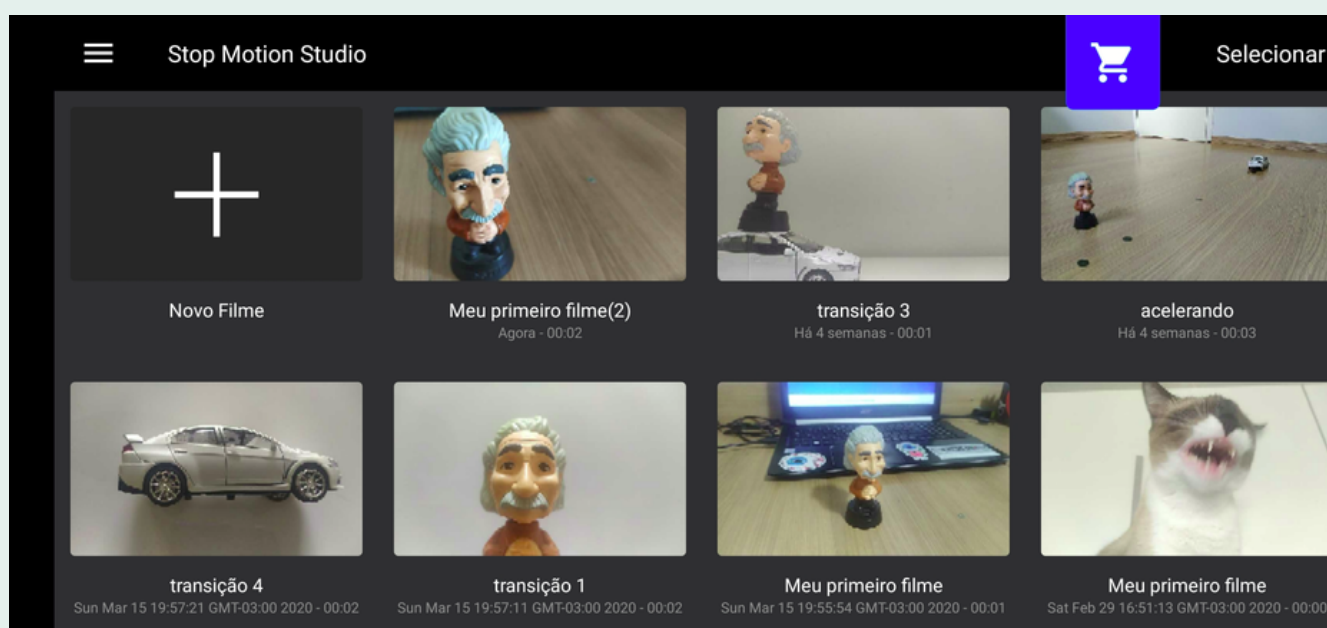


Fonte: Elaborado pelo autor.



Ao terminar suas edições o autor pode simplesmente retornar à tela inicial do aplicativo e seus projetos estarão salvos, como na imagem 15. Pode-se selecionar um projeto, clicando e segurando para mostrar mais opções, dentre elas a mais importante seria a de exportar o material. Pode-se encontrar um ícone de compartilhamento, que ao ser selecionado trará opções de exportação do projeto. O projeto pode ser exportado como *GIF*, imagens ou vídeo. Ao selecionar seu método de exportação, o aplicativo mostrará diversas configurações de compartilhamento presentes em seu *smartphone*, desde salvar no próprio celular até submeter por e-mail, armazenamento em nuvem ou outros aplicativos de comunicação.

Figura 15: Interface para visualização dos projetos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para vídeos maiores, torna-se interessante gravar uma cena por vez. É possível salvar cada cena em um projeto, exportá-las e juntá-las em um aplicativo de edição de vídeo. Em aplicativos de edição de vídeo há opções como inserir trilhas sonoras e transições entre cenas, o que pode tornar o trabalho final mais interessante.

Nas figuras a seguir pode-se ver trechos que algumas cenas de dois vídeos que produzi, cujos links estarão ao final do trabalho. Os vídeos foram feitos com o objetivo de mostrar à alunos do primeiro ano de ensino médio, a diferença entre os movimentos uniforme e uniformemente variado. Nos exemplos utilizei o clássico problema de um veículo que se move enquanto goteja, deixando marcas no chão com frequência constante.

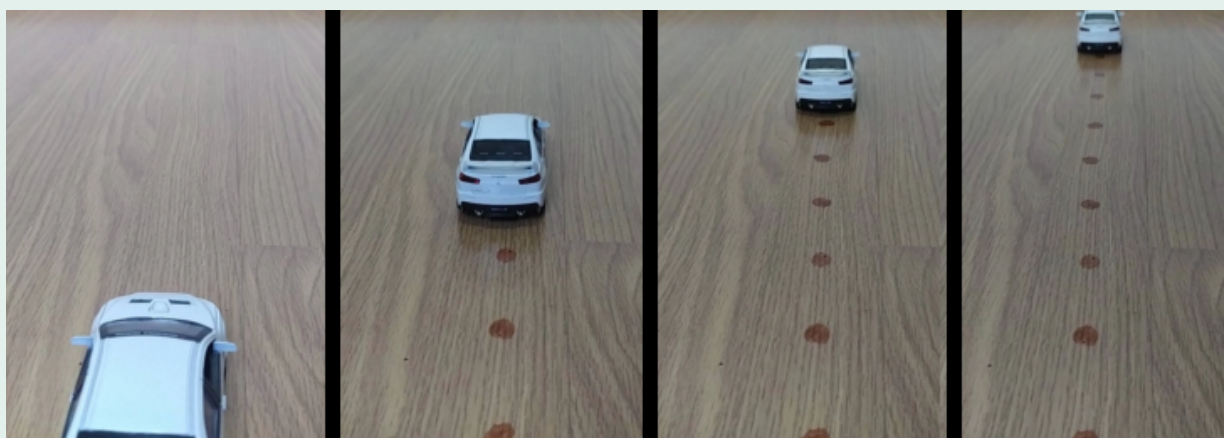


Figura 16: Carrinho em movimento uniforme deixando gotas de óleo em um teclado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17: Carrinho em movimento uniforme deixando gotas de óleo no chão..



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18: Carrinho em movimento uniformemente variado deixando gotas de óleo em um teclado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

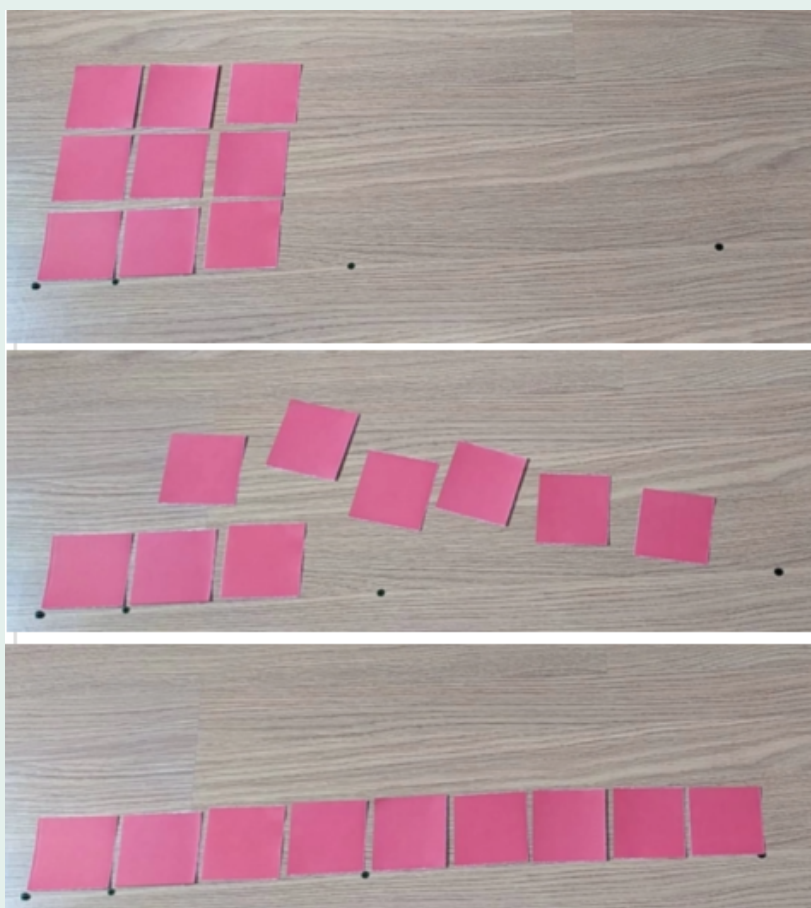


Figura 19: Carrinho em movimento uniformemente variado deixando gotas de óleo no chão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20: Quadrados que se movem "magicamente" para ilustrar a relação entre as distâncias percorridas no movimento uniformemente variado. No exemplo mostra-se que no terceiro instante do movimento a distância percorrida é proporcional ao quadrado de três. Essa relação foi mostrada para cada um dos instantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

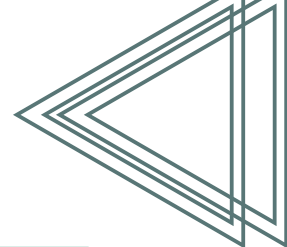
Na seção de *links*, também estará disponível um vídeo tutorial de utilização do aplicativo *Stop Motion Studio*.



5. Links de Apoio

Exemplos de animação:

- Tutorial em vídeo: <https://youtu.be/dL9oR8Nu0kM>
- Movimento Uniformemente Variado: <https://youtu.be/6lUd8Y9n5t0>
- Movimento Uniforme: https://youtu.be/KJ40d3XD_MA



6. Considerações Finais

A aplicação de produções de vídeo em sala de aula pelo professor gera exemplos visuais totalmente dinâmicos e personalizados. Tem potencial para representação de experimentos que seriam difíceis de serem reproduzidos em sala de aula.

Com a situação excepcional das aulas não presenciais o professor foi obrigado a aderir às novas tecnologias e adaptar suas aulas para um cenário totalmente diferente. Algumas situações e experimentos que já eram difíceis de explicar presencialmente tornaram-se grandes empecilhos quando tentamos adaptá-los a plataformas de vídeos. A utilização de *stop motion* como instrumento de criação de vídeos para o professor, tem seu potencial amplificado para professores em situação de aulas à distância.

Posso citar como exemplo uma ocasião pessoal na qual lecionava sobre forças magnéticas atuando em cargas que atravessam um campo magnético. A noção de tridimensionalidade nessas aulas é um obstáculo mesmo em aulas presenciais. Pude utilizar o *stop motion* para ilustrar uma partícula carregada atravessando um campo magnético, inclusive representando a “regra da mão esquerda” e “regra do tapa”, tipicamente difundidas em materiais para relacionar as direções do força magnética, campo magnético e velocidade da carga.

Diversas situações, como a exemplificada, exigem um nível de abstração enorme e representação dinâmica tridimensional. Para muitos alunos a criação de símbolos e analogias não é o suficiente para a compreensão do fenômeno. Com a utilização de vídeos produzidos pelo próprio professor podemos transformar alguns exercícios de imaginação em interpretação visual, que posteriormente ajudará o aluno a abstrair essas situações.

Mesmo exemplos clássicos dos livros didáticos não são fáceis de se encontrar em forma de vídeo. É muito comum que plataformas como o *youtube* possuam enorme quantidade de vídeos produzidos por professores com aulas direcionadas aos alunos, porém o modelo utilizado na grande maioria dessas aulas é um modelo clássico de utilização de lousa e exercícios de forma muito semelhante ao realizado na sala de aula tradicional, ou seja, mesmo quando os professores produzem e disponibilizam vídeos, evitam utilizar recursos próprios de vídeos, preferindo uma abordagem estática. É estranho que haja poucas produções visuais que ilustrem situações-problema, experimentos, movimentos que possam ser utilizados por um professor em sala de aula.



Pensemos na situação da busca de listas de exercícios na internet: diversos sites feitos por professores e instituições de ensino disponibilizam listas de exercícios sobre qualquer assunto que se procure. Isso ocorre porque as listas de exercícios estão consolidadas como método no ensino tradicional de Física. Agora, se a produção de exemplos em forma de vídeos feitos pelo professor está se mostrando uma ferramenta barata e de fácil utilização, nada impediria que os professores compartilhassem suas produções na internet, de forma que nem seria necessário que os professores precisassem fabricar todos os seus exemplos, já haveria exemplos clássicos disponíveis.

Um outro ponto interessante é que a técnica é simples e interessante. Acredito que após o professor dominar a produção pode ensiná-la aos seus alunos, ampliando as possibilidades de utilização em sala de aula. Pode-se propor atividades aos alunos que envolvam a produção de animações, permitindo ao professor que possa avaliar a noção de tempo e espaço de seus alunos, enquanto os alunos podem praticar essas noções de forma criativa.

Finalmente, precisamos destacar que a elaboração de atividades que exercitem a intuição dos alunos deveria ser uma prática recorrente no decorrer de seus anos escolares e não somente uma prática pontual. Esse trabalho consiste em um exemplo de uma abordagem que deveria ser aplicada continuamente, e não somente em um momento de atividade diferenciada, esperamos que fique a reflexão sobre nossa negligência do desenvolvimento da intuição e criatividade. Seja para o trabalho de um cientista ou para a formação de cidadãos críticos, sabemos o quão diversificadas são as habilidades necessárias no cotidiano, nos resta promover um ensino de ciências que reflita essa diversidade em suas abordagens.



7. Referências

AMARAL, A. Maria. Teatro de formas animadas. 3. Ed. São Paulo: EDUSP, 1996.

Aristóteles. Os Cinco Sentidos. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.

ARNHEIM, R. Intuição e intelecto na arte. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D.; SOARES, D. S. L. A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo. In: NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P. (Ed.). Evoluções e revoluções: o mundo em transição. Maringá: Editora Massoni: LCV Edições, 2008. p. 199-221.

BARBOSA, C. D., GOMES, L. M., CHAGAS, M. L., FERREIRA, F. C. L. O uso de simuladores via smartphone no ensino de Física: o experimento de Oersted. Scientia Plena, v.13, n.1, jan. 2017.

BORGES, L. História da Animação, Técnica e Estética, 2018.

COMPIANI, M. O Desprestígio das Imagens no Ensino de Ciências, Até Quando? Uma contribuição das Geociências com a Gestalt. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.5, n.1, 2012, p.127-154.

DIXON, Bernard. Para que serve a ciência? São Paulo: Cia Editora Nacional/EDUSP, 1976.

GESTALT . In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural, 2019. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo9443/gestalt>. Acesso em: 03 de Ago. 2020.

FERREIRA, I. P. R., MANEO, P. B. M., VIEIRA, W., IMAFUKU, R. S. Uso do Celular inteligente (Smartphone) no ensino de trigonometria: avaliando potencialidades. In: Workshop de Inovação, Pesquisa, Ensino e Extensão, 4º, 2019, São Carlos: IFSP, mai. 2019.

FRANCO, H. Apostila de Evolução dos Conceitos da Física. 2ª Edição. São Paulo: IFUSP, 2002.

GALILEI, G. Diálogo sobre duas novas ciências. In: HAWKING, S. Os Gênios da Ciência: Sobre os Ombros de Gigantes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.



GONÇALVES, L. J; VEIT, E. A; Textos, animações e vídeos para o ensino aprendizagem de física térmica no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.1 p 33-42, 2006.

GOUVÊA, G.; OLIVEIRA, C. I. C. Memória e representação: imagens nos livros didáticos de física. *Ciências e Cognição*, v.15 n.3, p.69-83, 2010.

HALAS, John & MANVELL, Roger. *A técnica de animação cinematográfica*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira (Embrafilme), 1979.

HAWKING, S. *Os Gênios da Ciência: Sobre os Ombros de Gigantes*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HECKLER, V., SARAIVA, M. F. O, FILHO, K. S. O. e Kepler de Souza Oliveira Filho. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

KEPLER, J. O humor Cristalino como uma lente e a inversão da imagem retiniana. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) *Textos básicos de História da Psicologia*. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.

LEFRANÇOIS, G. R.; *Teoria da aprendizagem*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

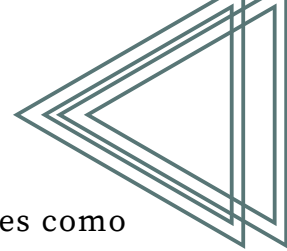
LUCENA JÚNIOR, A. *Arte da Animação: Técnica e estética através da história*. São Paulo: Editora SENAC, 2002.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. . Possibilidades e Limitações das simulações computacionais no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.2, jun. 2002.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 16(1), 1-15, 2016.

NEUMANN, R. BARROSO. M. F. Simulações Computacionais e animações no ensino de oscilações. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.

NEWTON, I. As sete cores do espectro. In HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) *Textos básicos de História da Psicologia*. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.



PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.32, n.4, 2010.

PEREIRA, M. V.; REZENDE FILHO, L. A.; BEZERRA, T. A. M. Investigando a produção de vídeos por estudantes de ensino médio no contexto do laboratório de Física. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, [en línea], 2013, n.º Extra, p. 2731-6

PIRES, A. S. T. Evolução das Ideias da Física. 2ª Edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PURVES, B. Stop-motion. Porto Alegre: Bookman, 2011.

ROHLING, J. H.; NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A., SAKAI, F. S.; RANIERO, L. J.; BERNABE, H. S. Produção de filmes didáticos de curta metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 168-175, 2002.

ROSA, P. R. S. O Uso dos Recursos Audiovisuais no Ensino de Ciências. Caderno Catarinense de ensino de Física. Florianópolis, v.17, n.1, p. 33-49, mai. 2000.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. Revista Ibero-americana de Educação, v. 2, n. 58, 2012.

SARAIVA, F.R dos Santos. - Novíssimo Dicionário latino-português - 10. ed., Rio de Janeiro, Livraria Garnier, 2006.

SARTORI, A. F.; RAMOS, E. M. F. Ferramentas audiovisuais como instrumento no ensino de Física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007. São Luis. Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Luis, MA. 2007. p. 102.

SILVA, H. C. da. Lendo imagens no ensino de física: construção e realidade. Enseñanza de las Ciencias, extra, 2005.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.

WERTHEIMER, M. O fenômeno Phi como um exemplo de nativismo na percepção. In: HERRNSTEIN, R. J. e BORING, E. G. (Org.) Textos básicos de História da Psicologia. São Paulo: Herder e EDUSP, 1971.